

Proyecto Final Integrador

Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de San Martín

“Diseño de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, con Relleno Sanitario, Planta de Separación y Estación de Transferencia para las localidades de Ceres, Ambrosetti, Hersilia, Arrufó y La Rubia - Provincia de Santa Fe.”

Alumna:

Macarena Oksengendler

Legajo: CYT-8746

Tutora:

Ing. Vera Mignaqui

Agosto 2023

Resumen Ejecutivo

El proyecto **“Diseño de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, con Relleno Sanitario, Planta de Separación y Estación de Transferencia para las localidades de Ceres, Ambrosetti, Hersilia, Arrufó y La Rubia - Provincia de Santa Fe”** apunta en grandes rasgos al diseño de una GIRSU regional para las localidades mencionadas. La generación de residuos es un hecho inevitable en cualquier sociedad y, a medida que las poblaciones crecen y se desarrollan, éstos pueden convertirse en un problema significativo. El propósito principal de la gestión adecuada de residuos sólidos urbanos en estas localidades es que sea compatible con el cuidado del medio ambiente y la salud pública, y acompañando los deseos de la población respecto al aprovechamiento y tratamiento de los mismos.

El objetivo del proyecto es diseñar para las localidades de Ceres, Ambrosetti, Hersilia, La Rubia y Arrufó un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos que tenga como eje la construcción y ejecución de un Centro Ambiental y una Estación de Transferencia que puedan brindar a estas localidades un sitio de disposición final y sitios de tratamiento y valorización de las diferentes corrientes de residuos sólidos. En este marco se propone:

- El cierre técnico y reconversión del actual BCA Municipal de Ceres.
- La construcción de un Centro Ambiental en Ceres, para la disposición final controlada de RSU. El mismo contará con:
 - Planta de separación y clasificación de residuos reciclables con depósito de almacenamiento para estos materiales.
 - Báscula y taller de mantenimiento.
 - Área administrativa con baños, vestuarios y comedor.
 - Centro de Interpretación.
 - Área de recuperación de NFU.
 - Área de recuperación de áridos y residuos de construcción.
 - Área de compostaje de residuos de poda.
 - Relleno sanitario con vida útil para 20 años.
- Construcción de una Estación de Transferencia en Hersilia, que almacene provisoriamente los RSU generados en Hersilia, Arrufó, La Rubia y Ambrosetti, para ser luego trasladados al Centro Ambiental de Ceres.

- El fortalecimiento de los sistemas de recolección actuales.
- La difusión de campañas de concientización, educación y promoción ambiental para la separación en origen.
- La implementación de un Plan de Inclusión Social para los recuperadores urbanos de las localidades involucradas.

En primer lugar, se realizará un análisis del contexto actual de las localidades, teniendo en cuenta datos de población presente y proyectada, características socioeconómicas, dinámica poblacional, etc. Por otro lado, en un segundo paso, se describirá la gestión actual de los residuos en cada localidad, utilizando fuentes de información brindadas por los propios dirigentes de las ciudades, como también información sacada de medios de comunicación y entrevistas con vecinos. En esta etapa se hará énfasis en los puntos más débiles y los más fuertes de la gestión, para poder diseñar, como objetivo del proyecto, un Plan GIRSU completo que fortalezca estos sistemas actuales.

En tercer lugar se procederá a la etapa de diseño del proyecto, que tendrá cuatro puntos clave: 1) Diseño de rutas de recolección; 2) Diseño de un relleno sanitario controlado para la correcta disposición de RSU, junto con una Estación de Transferencia como punto intermedio de acopio para las localidades más alejadas del relleno; 3) Propuesta de diversos sectores de tratamiento de RSU que se puedan evitar llevar a disposición final (organizados dentro de un Centro Ambiental), tales como poda, áridos y restos de construcción, vidrios y neumáticos fuera de uso; y 4) Técnicas para el cierre técnico y reconversión del actual BCA municipal en la ciudad de Ceres.

Se planteará un análisis de alternativas en donde se compararán las diferentes ventajas y desventajas de construir o no una estación de transferencia (en términos de distancia recorrida por camiones, frecuencia de recolección, consumo de combustible, practicidad y descomposición de los residuos orgánicos), como así también un análisis de tecnologías a utilizar en el relleno sanitario (relleno tradicional/convencional o relleno de alta densidad por balas). Se presentarán además los planos de obra, el cómputo y presupuesto integral, y un Estudio de Impacto Ambiental con su Plan de Gestión Ambiental y Social proyecto.

Índice

1. Introducción	10
1.1. Justificación del proyecto	10
1.2. Consecuencias ambientales de una mala gestión de RSU	11
1.3. Gestión de Residuos y Cambio Climático	15
1.4. Problemática en Argentina y en la Provincia de Santa Fe	17
2. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos	21
2.1. ¿Qué son los RSU?	21
2.2. ¿Qué es la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos?	22
2.3. Etapas GIRSU	26
2.3.1. Generación	26
2.3.2. Disposición inicial / almacenamiento	27
2.3.3. Recolección y Transporte	28
2.3.4. Transferencia	29
2.3.5. Tratamiento/procesamiento	29
2.3.6. Disposición final	30
2.3.6.1. Definición y Funcionamiento de un Relleno Sanitario	31
2.3.6.2. Reacciones que ocurren en un Relleno Sanitario	34
2.3.6.3. Ventajas y Desventajas de un Relleno Sanitario	36
3. Caracterización de las localidades del proyecto	37
3.1. Ceres	38
3.2. Hersilia	41
3.3. Ambrosetti	42
3.4. Arrufó	43
3.5. La Rubia	44
4. Diagnóstico Actual de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos	46
4.1. Ceres	46
4.1.1. Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Ceres	46
4.1.2. Generación de residuos	52
4.1.3. Recolección	53
4.1.4. Barrido y Limpieza	55
4.1.5. Planta de separación existente:	55
4.1.6. Cooperativa de Reciclaje	57
4.1.7. Disposición final	58
4.1.8. Jornadas de promoción y educación ambiental	64
4.1.9. Incorporación de Ordenanzas	66
4.1.10. Consorcio Departamental GIRSU	66

4.2. Hersilia	66
4.2.1. Cronología del proceso de transición GIRSU	67
4.2.2. Recolección	71
4.2.3. Planta de separación	72
4.2.4. Disposición final	74
4.2.5. Estudio de caracterización	76
4.2.6. Jornadas de Promoción Ambiental	78
4.3. Ambrosetti	80
4.4. Arrufó	81
4.5. La Rubia	84
4.6. Resumen diagnóstico GIRSU	84
5. Marco legal de Gestión de RSU	87
6. Descripción general del proyecto	92
6.1. Objetivos y Alcances del proyecto	92
6.2. Localización y alcance de las obras	93
6.2.1. Centro Ambiental en Ceres	93
6.2.2. Cierre Técnico y Reconversión del Basural a Cielo Abierto en Ceres	95
6.2.3. Estación de Transferencia en Hersilia	96
6.3. Diagrama Final de la Organización de la GIRSU regional	96
7. Estudio de la demanda y proyección de la población	98
7.1. Estudio de proyección de población	100
7.2. Estudio de la generación	106
7.2.1. Generación de RSU (húmedos + secos)	106
7.2.2. Generación de residuos secos (reciclables)	109
7.2.3. Generación Residuos de Poda	114
7.2.4. Generación NFU	115
7.2.5. Generación Residuos Áridos	117
8. Centro Ambiental en Ceres	119
8.1 Edificación Sector 1: Tratamiento de la Corriente Seca de Residuos e Instalaciones Auxiliares	120
8.1.1. Planta de Separación y Clasificación de los Residuos Secos	120
8.1.2. Planta de Tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso	128
8.1.3. Sector de Tratamiento de Restos de Poda y Nave de Compostaje	130
8.1.3.1. Proceso de Compostaje con Residuos de Poda	130
8.1.3.2. Diseño y Memoria de Cálculo del Sector de Compostaje	133
8.1.4. Sector de Tratamiento de Áridos y Restos de Construcción y Demolición	140
8.1.5. Área administrativa	143
8.1.6. Baños, vestuarios y comedor.	143
8.1.7. Centro de Interpretación.	143

8.1.8. Garita de Control de Ingreso	144
8.1.9. Báscula y taller de mantenimiento.	144
8.1.10. Obras Complementarias	146
8.1.10.1. Alambrado Perimetral	146
8.1.10.2. Cortina Forestal	147
8.1.10.3. Caminos de Acceso y Viabilidad Interna	148
8.2. Relleno Sanitario	149
8.2.1. Criterios de Localización	149
8.2.2. Análisis de alternativas de disposición final en relleno sanitario	156
8.2.2.1. Alternativa 1: Relleno Sanitario Convencional	156
8.2.2.2. Alternativa 2: Relleno Sanitario de Alta Densidad por Balas	159
8.2.2.3. Selección de la alternativa más conveniente	161
8.2.3. Memoria de Cálculo del Relleno Sanitario	165
8.2.4. Consideraciones Constructivas del Relleno Sanitario	171
8.2.4.1. Construcción de las Celdas	171
8.2.4.2. Operación en el frente de trabajo	172
8.2.4.3. Cobertura diaria y final	173
8.2.4.4. Impermeabilización de fondo	174
8.2.4.5. Red de Drenaje interno para Líquidos Lixiviados	174
8.2.4.6. Red de Drenaje Externo	175
8.2.4.7. Equipamiento	179
8.2.5. Memoria de Cálculo Generación y Colección de Lixiviados	180
8.2.6. Memoria de Cálculo Generación de Biogás	186
8.2.6.1. Venteo Pasivo de Biogás	188
9. Cierre Técnico del Basural de Ceres	191
9.1. Objetivos del Cierre Técnico del Basural de Ceres	191
9.2. Metodología Técnica del Cierre Técnico del Basural	191
9.3. Memoria de Cálculo de Cierre Técnico	195
9.3.1. Dimensionamiento de módulos	195
9.3.2. Volumen de cobertura	199
9.3.3. Sistema de venteo pasivo	201
9.3.4. Red de Drenaje Pluvial	204
9.4. Actividades Previas al Cierre	205
9.5. Gestión ambiental post-cierre	207
9.6. Uso final del sitio	211
10. Estación de Transferencia en Hersilia	212
10.1. Justificación Económica de la Estación de Transferencia	212
10.2. Diseño de la Estación de Transferencia	215
11. Recolección	218

11.1. Equipos de Recolección	219
11.2. Frecuencia de Recolección	221
11.3. Rutas de recolección	222
11.3.1. Sectorización	223
11.3.2. Tiempo y ruta de recolección	235
11.3.2.1. Ambrosetti y La Rubia	237
11.3.2.2. Arrufó	240
11.3.2.3. Hersilia	242
11.3.2.4. Ceres	244
11.4. Vehículos de Transferencia	255
11.5. Recolección de Secos	257
11.6. Recolección de Poda	257
11.7. Recolección de Áridos	259
11.8. Recolección de Neumáticos Fuera de Uso	260
11.9. Ruta de los Camiones en el predio del CA	260
12. Plan de Comunicación Ambiental y Social	261
12.1. Instrumentación del PCAS	261
12.2. Seguimiento y Monitoreo	263
13. Plan de Inclusión Social	264
13.1. Diagnóstico	264
13.2. Objetivos Específicos	265
13.3. Plan De Acción	265
14. Análisis de alternativas con y sin proyecto	268
15. Evaluación Costo/Beneficio	270
15.1. Introducción	270
15.2. Identificación de Beneficios	270
15.3. Identificación de Costos	276
15.3.1. Costos de Inversión	276
15.3.2. Costos de operación	280
15.4. Viabilidad económica del proyecto	283
16. Estudio de Impacto Ambiental	285
16.1. Resumen Ejecutivo	285
16.2. Introducción	288
16.2.1. Objetivos del Estudio de Impacto Ambiental	288
16.2.2. Metodología	288
16.3. Características del Proyecto	290
16.4. Caracterización Ambiental del Proyecto	290
16.4.1. Área de Influencia	291
16.4.1.1. Área de Influencia Directa	291

16.4.1.2. Área de Influencia Indirecta	293
16.4.2. Medio Físico	294
16.4.2.1. Clima	294
16.4.2.2. Calidad de Aire	296
16.4.2.3. Geomorfología	296
16.4.2.4. Geología y Suelos	297
16.4.2.5. Hidrología Superficial:	298
16.4.2.6. Hidrología Subterránea	300
16.4.3. Medio Biológico	300
16.4.3.1. Ecorregión	300
16.4.3.2. Flora	301
16.4.3.3. Bosques Nativos	303
16.4.3.4. Área Protegidas	304
16.4.3.5. Fauna	305
16.4.4. Medio Socioeconómico	306
16.4.4.1. Pueblos originarios	306
16.5. Identificación y valoración de impactos ambientales	307
16.5.1. Acciones del proyecto potencialmente generadoras de impacto	307
16.5.1.1. Etapa de Construcción	307
16.5.1.2. Etapa de Operación y Mantenimiento	308
16.5.2. Listado de factores ambientales posiblemente afectados por el proyecto.	309
16.5.3. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales	310
16.5.4. Matriz de Impactos Ambientales	314
16.6. Descripción de Impactos Ambientales	315
16.6.1. Medio Físico	315
16.6.1.1. Calidad del Aire	315
16.6.1.2. Ruidos y vibraciones	316
16.6.1.3. Calidad de Agua Superficial y Esguerrimientos.	317
16.6.1.4. Calidad de Agua Subterránea	317
16.6.1.5. Calidad, Estructura y Composición del Suelo	318
16.6.2. Medio Biológico	318
16.6.2.1. Vegetación	318
16.6.2.2. Fauna	319
16.6.2.3. Paisaje	320
16.6.3. Medio Socioeconómico	320
16.6.3.1. Calidad de vida	320
16.6.3.2. Infraestructura de Servicios	321
16.6.3.3. Salud	321
16.6.3.4. Generación de empleo	321

16.6.3.5. Condiciones de trabajo	321
16.6.3.6. Crecimiento económico	322
16.6. Análisis de Riesgos	322
16.7. Plan de Mitigación	324
16.8. Plan de Gestión Ambiental y Social	333
16.8.1 Programa de Seguimiento, Monitoreo y Vigilancia Ambiental	334
16.8.2. Programa de Mantenimiento	336
16.8.3. Programa de Seguridad e Higiene Laboral	337
16.8.4. Programa de Participación Técnico-Ambiental	338
16.8.5. Programa de Contingencias	338
16.8.6. Programa de Gestión de Quejas y Reclamos	339
16.9. Conclusiones del Estudio de Impacto Ambiental	339
17. Conclusiones	342
17.1. Conclusiones Técnicas Finales	342
17.2. Conclusión personal del proyecto final y la carrera Ingeniería Ambiental	343
18. Bibliografía	345
Anexo I	350
Anexo II	354
Anexo III	360
Anexo IV a	361
Anexo IV b	363
Anexo IV c	366
PLANOS	367
1- Plano de Ubicación	368
2- Dimensiones del Predio	369
3- Layout Centro Ambiental General	370
4- Planta Sector 1	371
5- Planta Sector 2 (Relleno Sanitario)	372
6- Planta Sector de Separación	373
7- Planta Sector Compost y Áridos	374
8- Planta Sector de Oficinas, NFU y Garita	375
9- Layout Estación de Transferencia	376

1. Introducción

1.1. Justificación del proyecto

La problemática de los residuos y su eliminación se ha convertido en un tema crucial a nivel global, ya que los residuos que generamos, además de ocasionar un gasto social y económico importante para los gobiernos, tienen un alto costo ambiental para toda la población y el planeta. Los residuos sólidos urbanos (RSU), comúnmente conocidos como “basura” son solamente una pieza del enorme rompecabezas que conforma la contaminación ambiental y son el resultado directo de los sistemas de producción y patrones de consumo que tenemos en la actualidad.

Uno de los aspectos más palpables y nocivos de la persistencia del modelo económico lineal que está presente en nuestra sociedad es la generación de grandes volúmenes de residuos sólidos urbanos. La existencia de basurales a cielo abierto y la deficiencia en los sistemas de gestión de residuos está definida como uno de los aspectos ambientales prioritarios y urgentes que debe ser atendido en nuestro país. Además, son las personas con menores ingresos las que suelen vivir cerca de basurales y sufren sus consecuencias, y que además, muchas veces alimentan el sistema de reciclado de su ciudad a través de la recolección de desechos, lo que los hace susceptibles de sufrir consecuencias graves para la salud.

Adicionalmente, aún persiste un modelo económico lineal de generación de grandes volúmenes de RSU con muy bajos índices de valorización. Esto provoca que muchos de los materiales que podrían ser reutilizados o reciclados, como papel, cartón y plástico, sean dispuestos en basurales o en el mejor de los casos, en rellenos sanitarios. De esta manera, la vida útil de los rellenos disminuye en gran proporción y se desperdician materiales a los que se les podría dar un uso alternativo.

La responsabilidad por la gestión de los RSU recae en los municipios, los cuales presentan problemas de falta de recursos técnicos y financieros. La recolección, tratamiento y disposición final, implican grandes recursos presupuestarios, humanos, logísticos y de gestión que, muchas veces, se desarrollan en un marco de desarticulación normativa, interjurisdiccional, y de falta de conocimientos y personal capacitado. Los municipios, en

promedio, gastan el 13% de su presupuesto en servicios de residuos sólidos y limpieza urbana. El servicio es a menudo el menos modernizado de servicios municipales y el más costoso (BID-AIDIS-OPS, 2010).

Es por estos motivos, que en un contexto de alto crecimiento poblacional, combinado con una elevada generación de residuos per cápita, resultado de los hábitos y consumos de la sociedad, surge la necesidad de la implementación de Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) a lo largo de todo el país. Además, tal como establece la Constitución Nacional en su Artículo N° 41: “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo”. El término “integral” no solo incluye la correcta disposición de los residuos, sino entender que es indispensable reducir su generación, evitar la disposición de los residuos valorizables mediante la separación en origen y la promoción y educación ambiental; como también mejorar las condiciones de trabajo de los recuperadores informales que trabajan incansablemente en los basurales a cielo abierto. A su vez, desde una perspectiva ambiental, una correcta gestión de residuos es fundamental para mejorar sustancialmente las condiciones ambientales presentes en la actualidad, que son consecuencia de los actuales sistemas de gestión deficientes, tanto en lo que hace a la contaminación, como en la economía, emisiones de gases invernadero, salud, y mejoras en general para la población.

La generación de residuos es un hecho inevitable en cualquier sociedad y, a medida que las poblaciones crecen y se desarrollan, éstos pueden convertirse en un problema significativo. El propósito principal de la gestión adecuada de residuos sólidos urbanos es que sea compatible con el cuidado del medio ambiente y la salud pública, y acompañando los deseos de la población respecto al aprovechamiento y tratamiento de los mismos.

1.2. Consecuencias ambientales de una mala gestión de RSU

La gestión inadecuada de los residuos generados se ha convertido en un problema universal que involucra a todos los habitantes del planeta. La generación de residuos está aumentando a un ritmo alarmante, y los países están desarrollándose rápidamente sin haber establecido sistemas adecuados para gestionarlos correctamente. Esto se debe principalmente,

a que el establecimiento de políticas y acciones para gestionar los residuos resultan ser muy caras, y compiten con otras prioridades de las ciudades como la provisión de agua potable, educación y servicios de salud.

A grandes rasgos, la gestión inadecuada de los desechos está produciendo la contaminación de los océanos y cuerpos de agua del mundo, obstruyendo los drenajes y causando inundaciones, transmitiendo enfermedades, aumentando las afecciones respiratorias por causa de la quema, perjudicando a los animales que consumen desperdicios, y afectando el desarrollo económico, por ejemplo, al perjudicar el turismo. A su vez, los gases de efecto invernadero provenientes de los desechos son un factor fundamental que contribuye al cambio climático.

Según el informe del Banco Mundial titulado “What a Waste 2.0” (Los desechos 2.0, 2018), en el mundo se generan anualmente 2.01 billones de toneladas de residuos sólidos urbanos (estimación para el año 2016), y al menos el 33 % de ellos no se gestionan sin riesgo para el medio ambiente. Las proyecciones apuntan a una generación de 3.40 billones de toneladas de residuos anuales en el mundo para el año 2050. Además, basándose en el volumen de residuos generados, su composición y cómo estos se manejan, se estima que se generaron en 2016, 1.6 billones de toneladas de CO₂ equivalente, principalmente emitidos desde los basurales a cielo abierto o rellenos sanitarios sin control ni captura de gases.

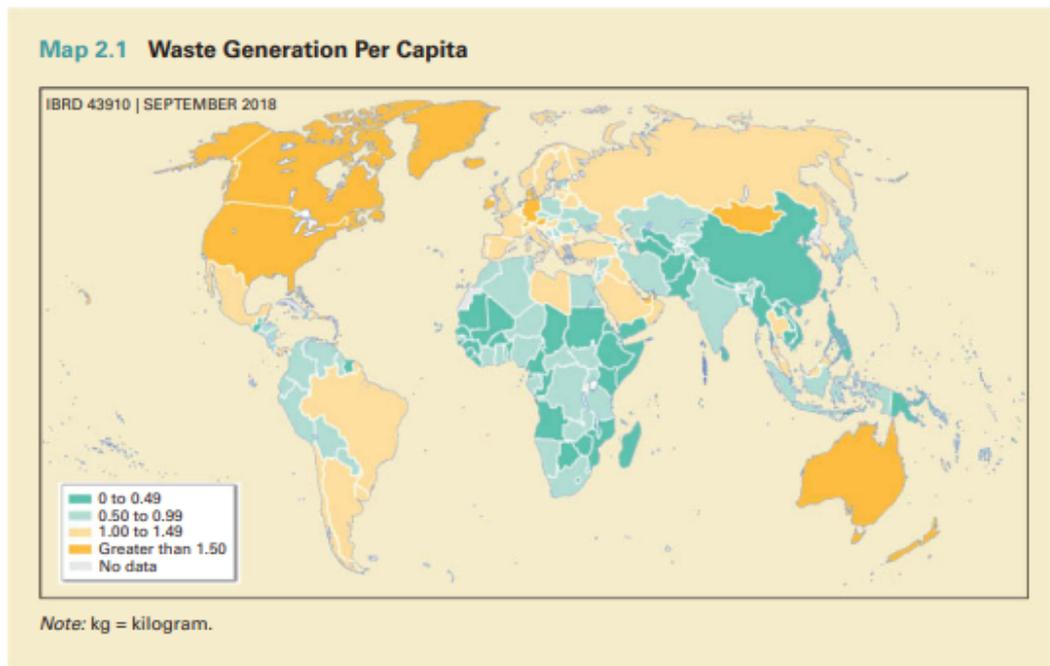


Figura 1: Generación per cápita de RSU en el mundo.

Fuente: Informe "What a Waste" - Banco Mundial (2018)

El problema principal, es que en muchos lugares del mundo se tratan los residuos mediante un sistema lineal, bajo el esquema de "recolección y disposición final" dejando rezagados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada. En muchas ciudades, y en particular de nuestro país, se utilizan los vertederos y/o basurales a cielo abierto sin las debidas especificaciones técnicas; se continúa con la práctica de recolección sin clasificación y/o separación desde el origen; existe un enorme número de recuperadores trabajando en las calles y en los basurales, buscando sobrevivir del aprovechamiento de materiales reciclables a pesar del riesgo al que exponen su salud e integridad física. Todo esto unido a la deficiencia en la administración tanto pública como privada del sector son aspectos que revelan la crisis que presenta en la región el manejo de residuos sólidos (Tchobanoglous, 1982).

La mala gestión de los residuos trae consecuencias negativas y críticas sobre el ambiente, sobre todo cuando los residuos son dispuestos sin control en basurales a cielo abierto. En primer lugar, la colocación y acumulación de residuos inutiliza las tierras para otros usos, ya que se perjudica la calidad del suelo, el agua y el aire de la zona, y muchas veces esto representa un riesgo para las personas y seres vivos que habitan cerca. Durante el proceso de

descomposición de los residuos, se generan gases como el metano que es un gas de efecto invernadero que perjudica a la atmósfera, sumado a los gases de combustión generados a partir de las quemas (intencionales o accidentales) que se producen en los BCA. A su vez, la descomposición y acumulación de los residuos generan malos olores, la creación de focos infecciosos, la proliferación de plagas y vectores de enfermedades, como roedores e insectos, y una afectación del paisaje resultando en una contaminación visual.

Además, la masa de residuos genera lixiviados que, si no son gestionados y tratados correctamente, traen consecuencias ambientales muy graves. Los lixiviados son sustancias líquidas que entraron en contacto o se generaron a raíz de una mezcla de diferentes tipos de residuos, como los residuos orgánicos en descomposición, metales oxidados, restos de líquidos o detergentes, etc. A su vez, el percolado del agua de lluvia a través de la masa de residuos, arrastra compuestos químicos y materiales biológicos que también generan procesos de fermentación y descomposición, sobre todo de la materia orgánica. Estos lixiviados provocan graves consecuencias para el ambiente y representan un peligro para la salud de los seres vivos, sobre todo porque causan la contaminación de cauces por escorrentía, de suelo y de las napas subterráneas, de donde muchas veces se obtiene el agua para uso y consumo humano. Las consecuencias ambientales aumentan si, además de disponer los RSU en los basurales, también se mezclan con residuos especiales, peligrosos o patogénicos,

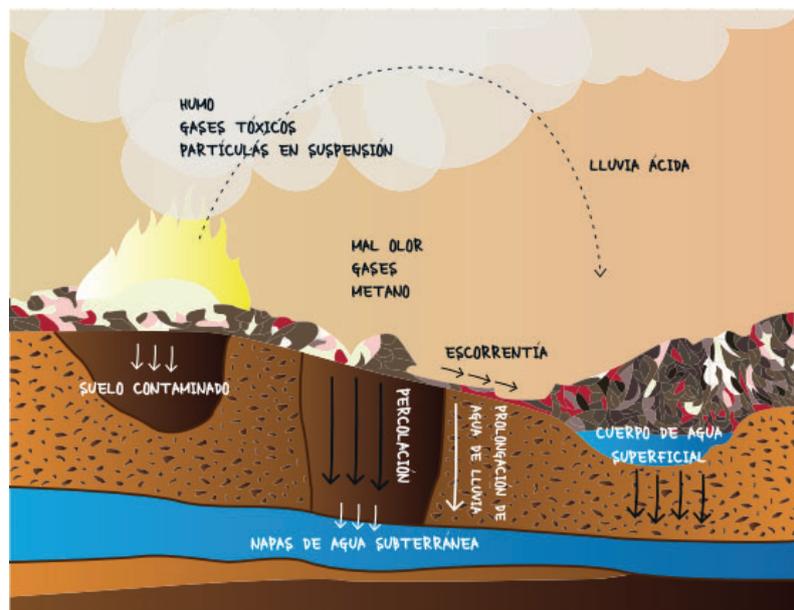


Figura 2: Principales impactos ambientales asociados a la mala gestión de residuos.

Fuente: Manual para la Sensibilización Comunitaria y Educación Ambiental - INTI (2008)

Las consecuencias de disponer los residuos en basurales a cielo abierto no sólo responden a afectaciones en el ambiente, sino también afectan la salud de las personas. En relación a este último punto, se puede destacar en primer lugar los impactos asociados a la transmisión de enfermedades bacterianas y parasitarias tanto por agentes patógenos transferidos por los residuos como por vectores que se alimentan y reproducen en los residuos. En segundo lugar el riesgo de lesiones e infecciones ocasionados por los objetos punzo penetrantes que se encuentran en los residuos, afectación que sufren principalmente los recuperadores urbanos que manipulan los residuos; y en tercer lugar la contaminación ocasionada por la quema de residuos, la cual afecta el sistema respiratorio de los individuos.

Asimismo, la incidencia de la eliminación inadecuada de residuos sólidos en el desarrollo de una región o país se presenta al desmejorar la calidad de vida de sus pobladores, reduciendo su productividad y por ende su contribución al desarrollo económico de la región; adicionalmente la creación de problemas ambientales conlleva a pagar elevados costos económicos y sociales (Contreras, 2008).

Tener datos estadísticos sobre la generación de residuos en los municipios resulta crítico para crear políticas y planificar la gestión en un contexto local. Entender cuántos residuos se generan, especialmente con la rápida urbanización y crecimiento poblacional, como también el tipo de residuo generado, permite a los gobiernos locales seleccionar el método correcto de tratamiento y establecer planes para las demandas futuras.

1.3. Gestión de Residuos y Cambio Climático

A partir del Acuerdo de París firmado en noviembre del año 2016, la Argentina se comprometió a realizar las medidas necesarias para cumplir la meta absoluta de no exceder la emisión neta de 483 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. Para cumplir esta Contribución Nacional se implementarán una serie de medidas de mitigación a lo largo de la economía en los sectores de Energía, Agricultura y Ganadería, Bosques, Transporte, Industria e Infraestructura (incluidos los residuos). Se procedió entonces a la elaboración de un Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero (SNI-GEI) con el objetivo de contabilizar las emisiones y absorciones durante un período de tiempo determinado -en general un año calendario- para todo el territorio nacional. Las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI se dividen en sectores principales, que son grupos de procesos, fuentes y

sumideros relacionados. Los sectores identificados son: Energía; Industria; Agricultura, Ganadería y Silvicultura; y por último, **Residuos**.

Los resultados del último inventario llevado a cabo arrojaron que el sector con más participación en las emisiones de dióxido de carbono fue el sector Energía, con una contribución del 53%, seguido por el sector Agrícola Ganadero con una contribución del 37%, y por último, el sector de Procesos Industriales con 6% y el sector Residuos con un aporte del 4% a las emisiones totales de dióxido de carbono.

El sector de residuos incluye las emisiones directas (gases de efecto invernadero como dióxido de carbono y metano) e indirectas (volatilización/emisión de nitrógeno en forma de amoníaco y óxidos de nitrógeno) generadas por la mala disposición, tratamiento y gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU), de los residuos industriales, de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales. La composición de los residuos es un factor principal que influye tanto en la cantidad como en la duración de la emisión de gases de efecto invernadero y otros precursores de ozono en los basurales a cielo abierto. La matriz gaseosa emitida por los residuos se compone principalmente de metano, óxido nitroso, dióxido de carbono y gases fluorados; siendo el metano y el óxido nitroso los mayormente emitidos por el sector. Dentro del sector, los residuos sólidos urbanos contribuyen en un 58,9% a las emisiones del sector, las aguas residuales en un 40,9%, y el restante 0,2% corresponde a la incineración de residuos.

El proyecto en cuestión es parte de una estrategia integral transversal, adaptada a las diferentes realidades del país y la provincia, que promueve el saneamiento ambiental y la optimización de recursos para garantizar una gestión moderna, integral y eficiente de los residuos sólidos urbanos, bajo el paradigma de la economía circular. En ese sentido, se plantea a la gestión de los residuos como una cuestión ambiental, pero también con componentes sanitarios, sociales y económicos que merecen un abordaje integral. El proyecto tiene como objetivo no sólo disminuir las emisiones generadas por la mala disposición de los residuos a través del cierre técnico de un basural a cielo abierto y construcción de un Centro Ambiental, sino también contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático. Es debido a estos objetivos que el proyecto contempla la adecuada gestión y el correcto tratamiento de los residuos, en pos de disminuir el volumen destinado a disposición final a través de la recuperación y revalorización de materiales.

Por otro lado, en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el proyecto contribuirá reduciendo el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los residuos municipales. A su vez, reducirá considerablemente la generación de residuos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

1.4. Problemática en Argentina y en la Provincia de Santa Fe

En nuestro país no existen estadísticas detalladas respecto a la cuantificación, caracterización, evolución de la generación y demás aspectos vinculados a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. Por ello, la información disponible no suele ser de buena calidad y muchas veces, subestima la cantidad y calidad de los residuos generados (INTI, 2008). Dado que, por cuestiones jurisdiccionales, la gestión de RSU y su valorización corresponden a la gestión municipal, la información disponible suele tratarse de información dispersa, heterogénea desde el punto de vista metodológico y discontinua, lo cual dificulta el seguimiento y la comparación.

Se estima que en Argentina existen 5000 basurales a cielo abierto, lo que significa, en promedio, más de dos basurales por municipio. La mayoría de ellos son formales, es decir, son el modo oficial en que los gobiernos locales eliminan su basura (Argentina Gobierno, Página Oficial)

En Argentina, el manejo de los RSU está regulado por la Ley de Presupuestos Mínimos N°25916 que establece los presupuestos mínimos para un manejo adecuado de los residuos domiciliarios, a partir de una gestión integral de los mismos, propiciando su valorización y promoviendo su minimización en la generación y disposición final. Además, existen otras normativas sobre la temática residuos, tanto nacionales como provinciales y municipales, que tienen como objetivo establecer los lineamientos para una correcta gestión de residuos. Sin embargo, la realidad de nuestro país hace que se vuelva muy difícil para los gobiernos locales cumplir con lo que establece la normativa.

En el país, el promedio de generación de residuos per cápita es de 1,15 kg/hab/día, lo que representa aproximadamente unas 49.300 toneladas diarias, y unas 18 millones de toneladas anuales. La población urbana de Argentina reporta una cobertura de recolección de RSU del 99,8 %. El 54% de esta recibe el servicio de recolección en forma tercerizada y el 46%

restante como prestación municipal directa. La frecuencia de recolección diaria es superior al 70 %.

Por otro lado, la tasa de disposición en rellenos sanitarios del total país es del 64,7%, mientras que el restante 35,3% de la población cuenta con una disposición final considerada inadecuada, 9,9% en vertederos controlados, y 24,6% en basurales a cielo abierto (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Las principales áreas metropolitanas cuentan con plantas de separación. Vale mencionar que cada vez más está aumentando el porcentaje de materiales recuperados (plásticos, vidrios, papel y cartón) los cuales, en su mayoría, son recolectados por recuperadores y recuperadoras tanto en la vía pública como en sitios de disposición final

Como parte de los instrumentos de gestión de los residuos llevados a cabo por el gobierno nacional, se encuentra el Plan Federal de Erradicación de Basurales a Cielo Abierto, que es una iniciativa que lleva adelante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) en articulación con diferentes gobiernos locales para encarar la problemática de los basurales a cielo abierto a partir del financiamiento de proyectos y obras, equipos e insumos para fortalecer la gestión de RSU. Otras iniciativas destacables son el Programa Biogás, que fomenta el aprovechamiento de los gases emanados por la acumulación de residuos para producir energía; las políticas de Inclusión Social con Perspectiva de Género en la GIRSU, y proyectos de Centros Ambientales financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo (Préstamo BID 1868 OC/AR). Todas estas iniciativas se enmarcan dentro de la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU), elaborada en el año 2005. La misma se planteó para que sirva como eje para llevar a cabo una política pública ambiental, aspirando a que la misma fuese implementada en todo el país, en fases de corto, mediano y largo plazo, dentro de un horizonte temporal establecido en veinte años (2006 – 2025).

La provincia de Santa Fe en particular cuenta con 33 consorcios GIRSU conformados de los cuales funcionan solo un 10%:

- Consorcio Departamento 9 de Julio. Integrado por Tostado, Logroño, San Bernardo y Pozo Borrado (en análisis la integración de Campo Garay, Gregoria Pérez de Denis y Villa Minetti).

- Consorcio Los Quebrachales. Integrado por Berna, Malabrigo, Vera, Calchaquí, La Gallareta y Margarita.
- Consorcio Micro-región 1A - General Obligado. Integrado por El Rabón, El Sombrerito, Florencia, Las Toscas, San Antonio de Obligado, Tacuarendí, Villa Ana, Villa Guillermina, Villa Ocampo y Arroyo Ceibal.
- Consorcio integrado por Avellaneda, Guadalupe Norte, Reconquista y Nicanor Molinas.
- Los Laureles integra un Consorcio junto a Romang, Alejandra y Colonia Durán (departamento San Javier).

Se estima que la provincia tiene más de 300 basurales a cielo abierto, es decir, que tiene más basurales que localidades. Además, se estima que el promedio de generación per cápita es de 1kg/hab/día en las grandes ciudades como Rosario o Santa Fe (menor al promedio nacional), mientras que en las localidades más pequeñas, la generación es menor. Además, según la recopilación de datos por el Ministerio de Ambiente de la Provincia de Santa Fe, el promedio provincial del volumen de los residuos producidos es en un 52% orgánico. El resto está compuesto por 9% de vidrio, 3% textiles, 7% plásticos, 15% papel y cartón, 3% metales y 11% de otros residuos combinados, que no tienen recuperación.

Con respecto al marco normativo, la Ley N°13055, sancionada por la Legislatura santafesina en 2009, y conocida como Ley de Basura Cero, establece entre sus principios básicos la regionalización y la acción mancomunada para la gestión de los residuos, y crea el Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) de apoyo a municipios y comunas. El objetivo central de la norma es el cierre de los basurales a cielo abierto y la construcción de Centros Ambientales en los diferentes Consorcios Regionales. No obstante, las metas no se alcanzaron en su totalidad.

Santa Fe además fue la primera provincia del país en adherir a la Resolución Nacional 446/20 publicada por el MAyDS para establecer un código unificado de colores y terminología para los residuos, a través de la Resolución Provincial N° 040/21. La iniciativa recomienda a todos los municipios y comunas la adopción de un sistema de gestión de residuos que asegure, como mínimo, una separación binaria de los residuos sólidos urbanos generados en sus territorios, promoviendo una disposición inicial selectiva y posterior recolección diferenciada que contemple, por un lado, los residuos reciclables secos, y por otro, los residuos

considerados basura. Los colores utilizados, en Santa Fe son el verde para residuos reciclables secos, y el negro para la basura.

2. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos

2.1. ¿Qué son los RSU?

Los residuos o desechos son aquellas sustancias u objetos abandonados o descartados en forma permanente por quien los produce, por considerarlos ya sin utilidad. Esto no significa que los residuos descartados, o al menos algunos de ellos, no puedan constituir un recurso, materia prima o ser útiles para otro actor, distinto de quien los genera y los dispone.

La Ley N° 13055, Ley de “Basura Cero” de la Provincia de Santa Fe, define a los Residuos Sólidos Urbanos como *“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”*.

En otras palabras, los RSU pueden definirse como los desechos generados en la comunidad urbana, provenientes de los procesos de consumo y desarrollo de las actividades humanas, y que normalmente son sólidos a temperatura ambiente. Además de los producidos por los usos residenciales, comerciales e institucionales, y por el aseo del espacio público, los RSU incluyen los residuos originados en las industrias y establecimientos de salud, siempre que no tengan características tóxicas ni peligrosas, en cuyo caso constituyen residuos de otro tipo, que deben ser manejadas según lo establecen las normativas específicas (Consortio GIRSU - Virch, Valdez)

Los residuos sólidos urbanos están compuestos de los siguientes materiales:

Tabla 1: Tipos de materiales dentro de los Residuos Sólidos Urbanos.

Material	Descripción
Vidrio	Son los envases de cristal, frascos, botellas, etc.
Papel y Cartón	Periódicos, revistas, embalajes de cartón, envases de papel, cartón, etc.
Restos orgánicos	Son los restos de comida, de jardinería, etc. En peso son la fracción mayoritaria en el conjunto de los residuos urbanos.

<i>Plásticos</i>	En forma de envases y elementos de otra naturaleza.
<i>Textiles</i>	Ropa y elementos decorativos del hogar.
<i>Metales</i>	Latas, restos de herramientas, utensilios de cocina, mobiliario etc.
<i>Escombros</i>	Procedentes de obras o reparaciones domésticas.

Además de esta clasificación, los residuos sólidos también pueden agruparse en orgánicos e inorgánicos: los orgánicos agrupan a los residuos biodegradables, mientras que los no orgánicos o inorgánicos son residuos que por sus características químicas sufren una desintegración natural muy lenta. Muchos de estos residuos son reciclables por métodos complejos como las latas, algunos plásticos, vidrios o gomas.

Hay otros residuos generados a nivel domiciliario que por su toxicidad y peligrosidad se tratan en forma separada, y no se consideran RSU: Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE): teléfonos móviles, ordenadores, electrodomésticos, etc.; aceites minerales: procedentes de los vehículos; aceites de cocina, baterías de vehículos, medicamentos, pilas, productos químicos: en forma de barnices, colas, disolventes, ceras, pinturas, etc.

La proporción y cantidad de generación de residuos de estos materiales y características están directamente relacionadas con las actividades que realiza el ser humano, el crecimiento poblacional, los cambios en los patrones de consumo, el incremento de la actividad industrial y comercial y las condiciones climáticas, entre otros factores (Ojeda y Quintero, 2008; Ochoa, 2009).

2.2. ¿Qué es la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos?

La gestión integral de residuos sólidos urbanos es un sistema de manejo de estos residuos que, basado en el desarrollo sostenible y la economía circular, tiene como objetivo primordial la reducción de los residuos enviados a disposición final, brindándoles el destino y tratamiento adecuado, de una manera ambientalmente amigable, técnica y económicamente

factible, y socialmente aceptable. Ello deriva en la preservación de la salud humana y la mejora de la calidad de vida de la población, como así también el cuidado del ambiente y la conservación de los recursos naturales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

Para lograr este objetivo, se requiere el establecimiento de políticas claras, de procesos de inclusión social y participación ciudadana y de una planificación a mediano/largo plazo que contemple todas las etapas de la GIRSU y a todos sus actores sociales. También es necesario generar una conciencia colectiva dentro de la sociedad, para que no sólo se logre separar correctamente los residuos, sino también generar cambios en los hábitos de consumo de las personas para cumplir con el primer objetivo de las 3R: Reducir. La regla de las 3R (reducir, reutilizar, reciclar) fue presentada durante la Cumbre del G8 en junio de 2004 con el fin de construir una sociedad orientada hacia el reciclaje y fomentar hábitos como el consumo responsable.

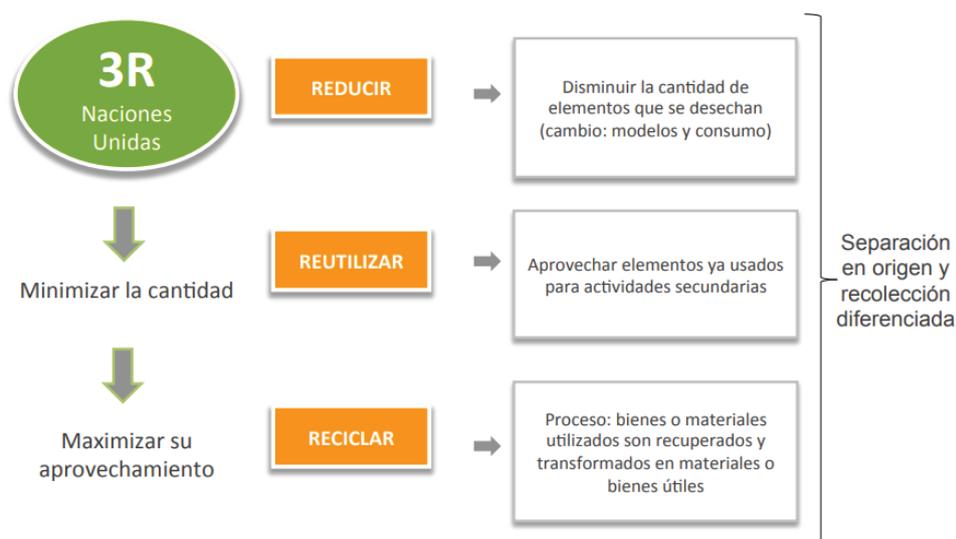


Figura 3: Definición de las 3R

Fuente: Cátedra Residuos Sólidos, Universidad de San Martín

Otra pata muy importante de la GIRSU es brindar un adecuado tratamiento y disposición final a las corrientes que no pudieron ser revalorizadas, evitando que los residuos terminen en basurales a cielo abierto, produciendo impactos negativos en el ambiente que pueden llegar a ser irreversibles.

A modo de análisis, sirve como ejercicio comparar el concepto de lo que sería la jerarquización ideal de los residuos versus la jerarquización real que ocurre en la mayoría de los países del mundo, planteado por primera vez en 1975, por la Directiva Marco de Residuos

de la Unión Europea. La jerarquía de residuos indica un orden de preferencia de acciones con el fin de disminuir y gestionar los residuos. Se puede representar de forma esquemática como una pirámide, en la cual los escalones más cercanos a la punta son los más prioritarios y los más cercanos a la base los que menos. En una situación idónea, la principal acción frente al manejo de los residuos hace énfasis en la prevención (relacionada con el conjunto de medidas adoptadas en la fase de concepción y diseño, de producción, de distribución y de consumo del material), seguido de la minimización en su consumo, su reutilización, reciclaje, y recuperación de energía y, por último y menos deseable, la disposición final. El objetivo de esta jerarquía es extraer los máximos beneficios de los productos y generar la cantidad mínima de residuos, con un orden descendente de preferencias.

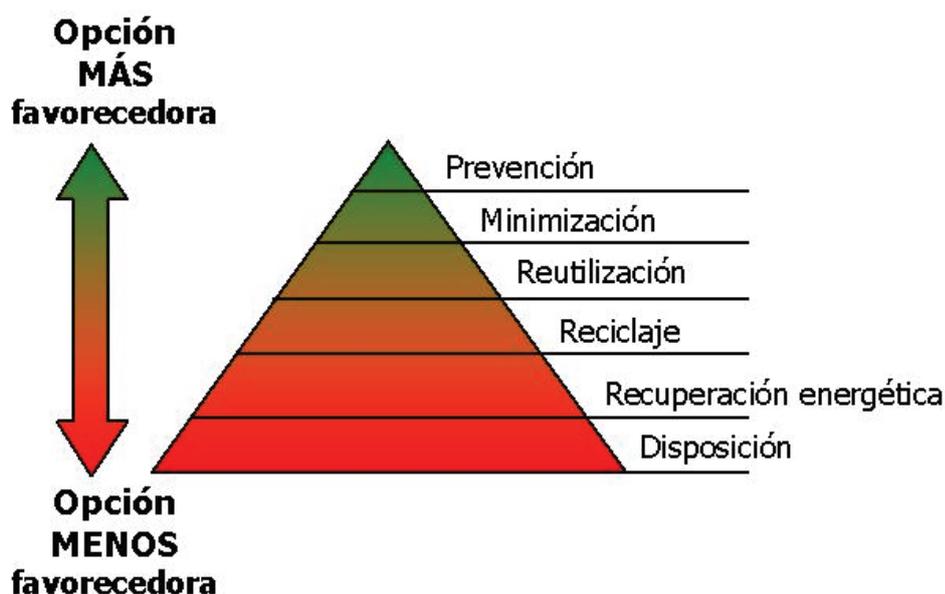


Figura 4: Jerarquización Ideal de los Residuos

Fuente: United Nations Environmental Program (2013)

Por otro lado, la situación actual del manejo de residuos, por lo menos en América Latina y el Caribe, difiere mucho de la situación ideal. Hoy en día, la pirámide se encuentra modificada por la deficiencia de los sistemas de gestión de residuos. En la base se encuentra la disposición no controlada (en basurales a cielo abierto), luego una disposición medianamente controlada (en vertederos controlados), y luego la situación más ideal para la disposición final, en rellenos sanitarios. Los porcentajes de reutilización y reciclaje son insignificantes en comparación al gran volumen de residuos que son enviados al sitio de disposición final, sin

tratamiento ni separación previa, y ni hablar de la cantidad de residuos que podrían no generarse o prevenirse su fabricación.

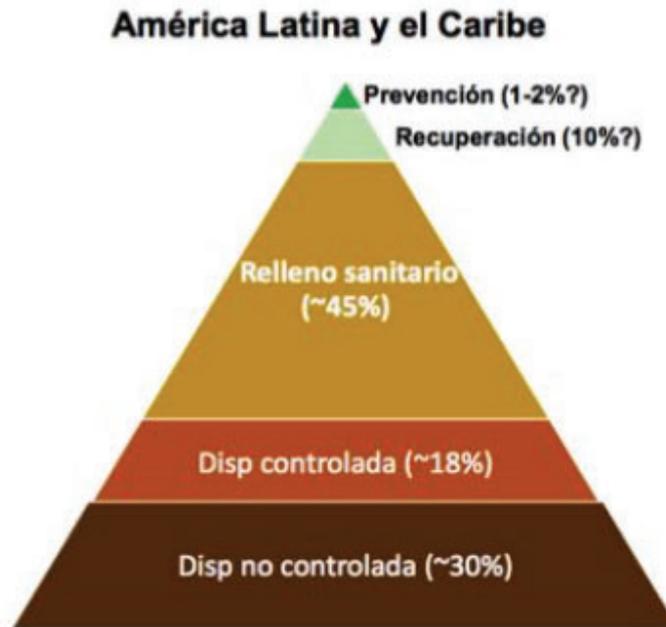


Figura 5: Jerarquización real de los residuos en América y El Caribe.

Fuente: Cátedra Residuos Sólidos Universidad de San Martín

Una GIRSU comprende las siguientes etapas: generación, disposición inicial/almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento/procesamiento, disposición final. Las mismas serán descritas a continuación.

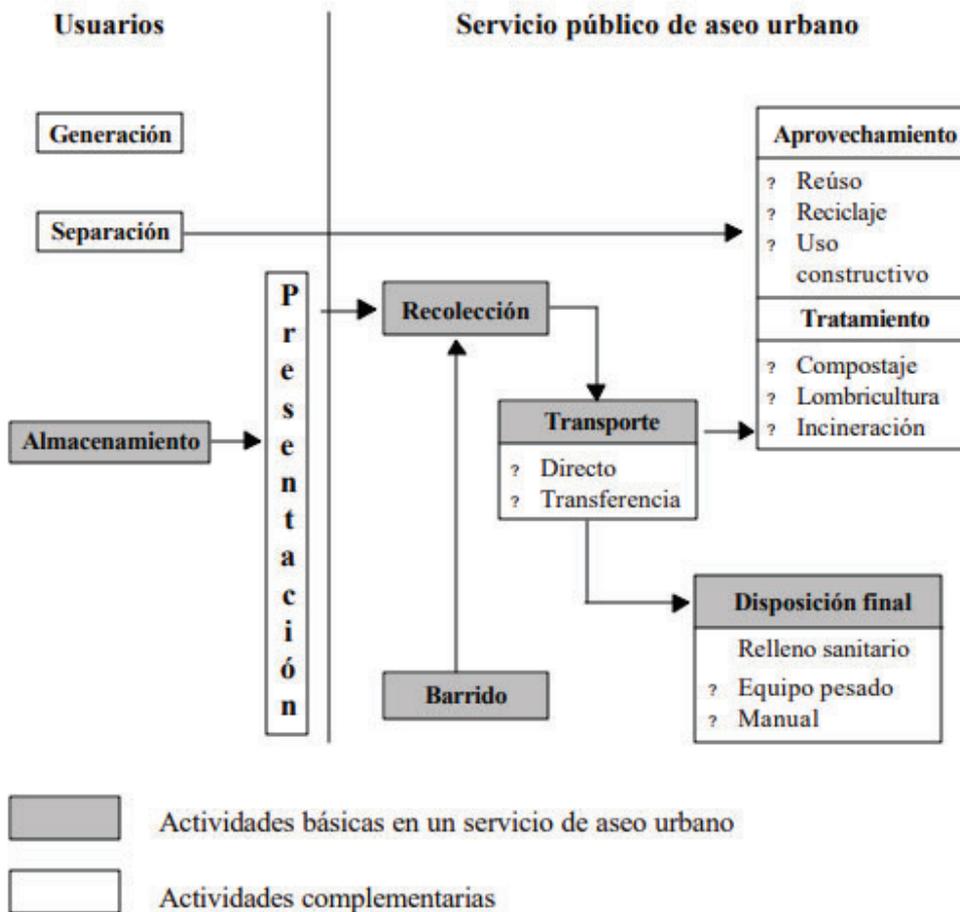


Figura 6: Diagrama de las etapas de una GIRSU

Fuente: Jaramillo (2002).

2.3. Etapas GIRSU

2.3.1. Generación

La generación constituye la primera etapa del manejo de residuos sólidos y se define como la actividad que comprende la producción de residuos domiciliarios en su fuente (Ministerio de Ambiente de Jujuy, 2016). Esta producción surge como consecuencia directa de cualquier tipo de actividad desarrollada por el hombre, y de diferente origen: residencial, comercial, industrial, etc. La generación está vinculada a las prácticas de consumo diario, por lo que se entiende que el nivel socioeconómico de cada persona influye mucho en su tasa de

generación de residuos. Además, si se toma en consideración el crecimiento acelerado de la población, la generación aumenta aún más, y a niveles desproporcionados.

Es por este motivo que resulta importante reducir la producción de residuos mediante la adopción de prácticas tendientes a minimizar el consumo, a reutilizar los productos que utilizamos en vez de tirarlos a la basura, a transformar los modelos lineales de producción para lograr la utilización sostenible de recursos y a consumir de modo responsable, acompañando estas iniciativas mediante normativas que fomenten estas buenas prácticas.

2.3.2. Disposición inicial / almacenamiento

La etapa de almacenamiento o disposición inicial consiste en depositar los RSU en contenedores desde el momento en que se generan hasta la recolección de los mismos. El almacenamiento se puede realizar de diferentes maneras y en diferentes contenedores. Lo más usual, es retener por un tiempo corto los residuos en los tachos de basura ubicados en hogares, escuelas y oficinas, y luego trasladar la bolsa al contenedor o tacho más cercano, para que sea recolectado posteriormente. También está la alternativa para aquellos que realizan separación en origen, depositar sus materiales reciclables en contenedores “verdes” o ecopuntos, para evitar que se mezclen con los residuos orgánicos y pierdan su valor.

En las etapas de almacenamiento se recomienda depositar los residuos segregados por subproductos, de manera higiénica en contenedores adecuados con el fin de aprovecharlos al máximo, evitando que se genere fauna nociva, malos olores y una imagen poco favorable para la localidad.

La separación en origen es sustancial para establecer un sistema de recuperación y reciclado eficiente. Es la primera clasificación de residuos que realiza la población en sus hogares o lugares de trabajo, donde se separa entre residuos destinados a reciclaje y los que no, para que los residuos reciclables puedan ser clasificados y procesados luego en las Plantas de Separación deben estar limpios y secos. Es importante que la población tenga acceso a información sobre qué materiales separar y en qué lugares y horarios acercar sus reciclables según el municipio donde vivan. La separación en el origen es esencial para el reciclado, facilita la recuperación de materiales, los reincorpora al ciclo de producción y consumo, se ahorran recursos naturales necesarios para la fabricación de materias primas (INE-Semarnat, 2000).

2.3.3. Recolección y Transporte

La recolección es la acción de recorrer las áreas donde están ubicadas las fuentes de generación, recolectar los residuos generados y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento y disposición final (Universidad Nacional Autónoma de México, 2019). Según el modo de operación la recolección puede ser:

- a. Manual, y dentro de esta puede ser:
 - Recogida formal: realizada bajo el servicio municipal.
 - Recogida informal: realizada por recolectores individuales.
- b. Mecánica, y dentro de la misma, puede ser:
 - Recolección neumática: Usa un sistema de conducciones neumáticas subterráneas donde se transporta la basura hasta las estaciones de transferencia donde se procede a su traslado a la planta de tratamiento.
 - Recolección por medio de vehículos: Se realiza usando vehículos, especialmente preparados al efecto, como los camiones dotados de una tolva en la que se compactan los residuos u otros en los que se depositan sin compactar.
- c. Atendiendo a la forma y/o sitio de recolección, puede ser:
 - Recolección puerta a puerta
 - Recolección punto a punto (contenedores)
 - Puntos de entrega voluntaria: cuando el generador lleva el residuo a un punto de recolección específico.
 - Sistema de recolección específica en mercados, playas, calles y demás sitios públicos.
- d. Atendiendo al tipo de residuos a recolectar, puede ser:
 - General: Los residuos se recogen mezclados en los contenedores, sin ningún tipo de separación y sin discriminar los distintos tipos.
 - Selectiva o Diferenciada: Los residuos se recogen separadamente, según su tipo, características y propiedades; en función de su posterior tratamiento y valoración.

Durante la recolección se debe conservar los materiales separados para mantenerlos limpios y poder aprovecharlos, en el caso de la recolección diferenciada. Por ello, los vehículos

de recolección deben ser especiales para que cada subproducto sea transportado en forma adecuada.

Con el sistema de recolección se pretende disminuir los riesgos a la salud al minimizar el tiempo de residencia de los RSU en la fuente de generación, evitando malos olores y proliferación de fauna nociva.

El transporte de los RSU, desde el lugar en que se almacenan hasta la siguiente fase del sistema de manejo, puede realizarse en dos modalidades: cuando el mismo vehículo recolector realiza el viaje hasta el sitio de tratamiento o disposición final y cuando los RSU son transportados hasta estaciones de transferencia para su posterior traslado a los sitios de tratamiento o disposición final

En la etapa de recolección y transporte se ve involucrado el barrido de calles y áreas públicas. El barrido se lleva a cabo manualmente en la mayoría de las calles, mientras que en las avenidas principales y vías rápidas generalmente se realiza por medios mecánicos.

2.3.4. Transferencia

Esta etapa tiene como propósito reducir el número de viajes para llevar los residuos sólidos al lugar de tratamiento o disposición final que, comúnmente, se localiza fuera de la ciudad. Esta fase se emplea cuando las distancias entre el punto de generación y el sitio de disposición final o tratamiento son muy grandes. Una estación de transferencia es el conjunto de equipos e instalaciones en donde se hace el transbordo de basura de un vehículo recolector a otro con mayor capacidad de carga, el cual transportará dichos residuos hasta su tratamiento o disposición final.

2.3.5. Tratamiento/procesamiento

Esta penúltima etapa consiste en actividades de aprovechamiento de los RSU como fuente de energía o materia prima para otros procesos. El procesamiento de los residuos se realiza en plantas de tratamiento, que son instalaciones a las cuales llegan los residuos provenientes de la recolección, sea ésta diferenciada o no, para su clasificación y enfardado según el tipo de material, y para su posterior venta e ingreso a nuevos procesos productivos. Las plantas de tratamiento permiten el ahorro de recursos naturales renovables y no renovables, prolongan la vida útil de los sitios de disposición final al reducir el volumen

dispuesto, además de la creación de empleos y la preservación del ambiente (INE-Semarnat, 2002).

El tratamiento puede ser un procedimiento biológico, térmico, mecánico o químico, mediante el cual se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad. La selección del tratamiento dependerá de su costo, el mercado, la tecnología disponible y la composición de los residuos.

2.3.6. Disposición final

La disposición final es la última etapa en el manejo de RSU y comprende al conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los residuos sólidos urbanos, producto de las fracciones de rechazo resultantes de los métodos de valorización adoptados, o producto de una mala separación en origen. Esta etapa representa la forma menos deseada de tratar los residuos generados, según la jerarquización ideal presentada en el apartado anterior.

En la actualidad, existen diferentes formas de disponer los residuos, algunas de manera controlada, y otras no. Una práctica común que aún existe, especialmente en América Latina y el Caribe, es la de disponer los desechos sobre basurales a cielo abierto sin las medidas adecuadas para su interacción con el ambiente. Esta forma de disponer los desechos ocasiona graves problemas de contaminación. La disposición científicamente aceptada para los residuos sólidos son los rellenos sanitarios, instalaciones que utilizan principios de ingeniería para la disposición en el suelo, confinamiento y cobertura de los residuos sólidos minimizando los riesgos a la salud y al medio ambiente, teniendo cuidado con los líquidos lixiviados y gases generados como producto de la descomposición de la materia orgánica (Tchobanoglous - 1982). Los vertederos controlados son instalaciones que, a diferencia de los BCA, tienen delimitado su perímetro de disposición final y cuentan con un control de ingreso. Hay una intención evidente de evitar la dispersión de materiales y de la extensión horizontal del montículo, así como de evitar incendios.

A continuación se presentan las principales diferencias entre basurales a cielo abierto (BCA), vertederos controlados (VC) y Relleno Sanitario (RS):

Tabla 2: Diferencias entre BCA, VC y RS, de acuerdo a la gestión en general

		Basural a Cielo Abierto (BCA)	Vertedero Controlado (VC)	Relleno Sanitario (RS)
Actores principales involucrados		Municipio, empresas privadas y vecinos	Municipio o entes autorizados	Municipio o entes autorizados
Control de ingreso		No	En general, sí	Sí
Tipo de residuos		Cualquiera (RSU, REGU y Residuos Peligrosos y Patológicos)	RSU y REGU	RSU
Protección y control ambiental	Dispersión de residuos	Sí	No	No
	Impermeabilización de suelos	No	No	Sí
	Cobertura diaria	No	En general, no	Sí
	Captación o tratamiento de lixiviados o gases	No	No	Sí
	Presencia de olores	Sí	Sí	Relativo, controlado mediante coberturas diarias
	Control de vectores	No	En general, sí.	Sí
Maquinaria disponible		En general, no.	En general, si.	Sí
Presencia de cirujeo		Sí	En general, no.	No

2.3.6.1. Definición y Funcionamiento de un Relleno Sanitario

El Relleno Sanitario es una técnica de disposición final de residuos sólidos mediante la cual se los confina en un área lo más pequeña posible, se los distribuye en capas, a estas se las compacta y se las cubre con suelo con una cierta periodicidad. Esta técnica tiene en cuenta principios de ingeniería sanitaria a fin de evitar todo tipo de contaminación que resulte nociva para la salud pública y el medio ambiente, mediante el tratamiento de los efluentes líquidos y gaseosos que producen los residuos al descomponerse. Los rellenos sanitarios tienen como finalidad darle un destino cierto y seguro a los residuos sólidos que se generan en los núcleos urbanos.

Cómo es un relleno sanitario



Figura 7: Esquema de un Relleno Sanitario

Fuente: CEAMSE

Un relleno sanitario suele estar compuesto de módulos de disposición final, que a su vez están formados por unidades menores denominadas celdas. Desde el punto de vista constructivo, el módulo conforma un recinto estanco que impide la migración de líquidos lixiviados hacia el exterior del mismo o se filtren hacia el acuífero. Debe evitar además el ingreso de agua del exterior, como en el caso de lluvias o crecidas de cuerpos de agua (CEAMSE - 2012). El método de trinchera, que es el más utilizado para disponer los RSU en el relleno, consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado de la trinchera, donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado, en capas, hasta formar una celda que después será cubierta con el material excavado de la trinchera, con una frecuencia mínima de una vez al día esparciéndolo y compactándolo sobre los residuos. Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales de movimiento de tierras. En áreas relativamente planas y con el nivel freático a pocos metros, donde no sea

una capa de suelo de baja permeabilidad (barrera geológica). Si en el sitio elegido no existe ese tipo de suelo, será necesario crear la barrera artificialmente. Sobre la barrera geológica se debe colocar una membrana flexible impermeable para completar el cierre hidráulico (Doraida Sordía - 2008).

Por otro lado, muchos rellenos cuentan con sistemas para control del biogás, generado a partir de la descomposición de los residuos. Esto asegura a que se minimice su emigración de manera incontrolada. El gas colectado puede ser incinerado, utilizado como fuente de energía alterna en diversos usos, o venteado de forma pasiva. A su vez, un relleno sanitario debe contar con todas las medidas de monitoreo tanto de las aguas subterráneas como de la calidad del aire, los lixiviados generados y el control de los residuos que serán enterrados.

El cubrimiento diario de los residuos y la cobertura final del relleno sanitario con tierra es de vital importancia para el éxito de esta obra, ya que cumple las siguientes funciones:

- Minimizar la presencia y proliferación de moscas y aves e impedir la entrada y proliferación de roedores.
- Evitar incendios y presencia de humos.
- Reducir los malos olores.
- Disminuir la entrada de agua de lluvia al relleno.
- Orientar los gases hacia los drenajes para evacuarlos del relleno sanitario.
- Darle al relleno sanitario una apariencia estética aceptable.
- Permitir el crecimiento de vegetación.

2.3.6.2. Reacciones que ocurren en un Relleno Sanitario

Los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario sufren una serie de cambios biológicos, químicos y físicos de manera simultánea e interrelacionada:

Reacciones Biológicas: Las más importantes reacciones biológicas que ocurren en los rellenos sanitarios son aquellas asociadas con la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos la cual conlleva a la generación de gases y eventualmente líquidos. Tal descomposición tiene lugar en 4 etapas:

1. La fase aerobia que ocurre inmediatamente después del vertido. La descomposición en presencia de oxígeno (contenido entre los residuos) produce ácidos orgánicos simples, CO₂ y H₂O. Como estas reacciones son exotérmicas, se genera calor, que favorece el desarrollo de los microorganismos.

2. Fase acetogénica, donde actúan microorganismos anaerobios facultativos y obligados, que descomponen las moléculas orgánicas en H_2 , NH_3 , CO_2 y ácidos orgánicos (como el ácido acético).
3. Fase metanogénica, donde actúan microorganismos anaerobios estrictos metanogénicos que convierten el ácido acético en CH_4 y CO_2 .
4. Por último, la fase de maduración o estabilización, donde se produce una lenta degradación de material. Se produce CH_4 y CO_2 en pequeña cantidad (Doraida Sordía, 2008).

Reacciones Químicas: Las reacciones importantes que ocurren dentro del relleno sanitario abarcan la disolución y suspensión de materiales y productos de conversión biológica en los líquidos que percolan a través de los residuos sólidos, la evaporación y vaporización de compuestos químicos y agua, dentro de la masa envolvente de biogás, la adsorción de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles dentro de los materiales del relleno, la deshalogenación y descomposición de compuestos orgánicos y las reacciones de óxido-reducción que afectan la disolución de metales y sales metálicas.

La disolución de los productos de conversión biológica y otros compuestos, particularmente los compuestos orgánicos, dentro de los lixiviados es un punto muy importante, porque estos materiales pueden ser transportados fuera del relleno sanitario con los lixiviados. Estos compuestos orgánicos pueden ser posteriormente incorporados a la atmósfera a través del suelo (cuando se tiene una fuga) o a través de las instalaciones de tratamiento de lixiviados.

Reacciones Físicas: Los cambios físicos más importantes en el relleno sanitario están asociados con la difusión de gases dentro y fuera del relleno, el movimiento de lixiviados en el relleno sanitario y subsuelo y los asentamientos causados por la consolidación y descomposición de los materiales depositados. El movimiento de gases y las emisiones son consideraciones de particular importancia para el manejo del sistema. Por ejemplo, cuando el biogás se encuentra atrapado, la presión interna puede causar agrietamiento de la cubierta y fisuras, entonces el agua penetra a través de esas grietas y la humedad genera una mayor producción de gas, causando un mayor agrietamiento. La fuga de biogás acarrea trazas de compuestos carcinogénicos y teratogénicos que son incorporados al ambiente. Además dado que el biogás contiene un alto porcentaje de metano, existen riesgos de explosión o combustión (Jaramillo, 2002).

2.3.6.3. Ventajas y Desventajas de un Relleno Sanitario

En la siguiente tabla se resumen las principales ventajas y desventajas de la utilización de un relleno sanitario como método de disposición final:

Tabla 3: Ventajas y Desventajas de un Relleno Sanitario.

Ventajas	Desventajas
Es la alternativa más económica; sin embargo, es necesario asignar recursos financieros y técnicos suficientes para la planeación, diseño, construcción y operación.	La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY (not in my back yard 'no en mi patio trasero').
La inversión inicial es inferior a la que se necesita para la implementación de un sistema de tratamiento tal como la separación, compostaje o incineración.	Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no sólo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.
No requiere de operaciones adicionales, tal como el caso de la incineración o el compostaje.	Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse
Es un método flexible, dado que en caso de incrementar la cantidad de residuos a disponer se requiere únicamente de muy poco equipo y personal adicional.	Necesidad de grandes áreas de terreno, con condiciones geológicas, hidrológicas, meteorológicas y paisajísticas específicas.
Generación de empleo de mano de obra no calificada.	Se incrementa la producción de metano por la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos.
Posibilidad de utilizar el gas metano producido como fuente alternativa de energía.	Muchas veces aumenta los costos cobrados a la población por la gestión de sus RSU.
Bajo consumo energético	Puede presentarse eventualmente la contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, así como la generación de olores desagradables y gases, si no se toman las debidas medidas de control y de seguridad.
Es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSU.	

3. Caracterización de las localidades del proyecto

La provincia de Santa Fe está ubicada en la región Centro-Este de Argentina, limita al sur con la Provincia de Buenos Aires, al este con las Provincias de Entre Ríos y Corrientes, al norte con Chaco y al oeste con Santiago del Estero y Córdoba, abarcando una superficie de 133.007 km² en la cual se distinguen 2 regiones geográficas: la Llanura Chaqueña y la Llanura Pampeana. La Provincia está dividida en 19 Departamentos, 55 municipios y 310 comunas. Su ciudad capital es Santa Fe de la Vera Cruz y forma parte de la Región del Litoral junto con las provincias de Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Formosa y Chaco, y de la Región Centro con las provincias de Entre Ríos y Córdoba. Según el Censo Nacional de 2010, Santa Fe cuenta con 3.194.537 habitantes, de los cuales 1.547.861 son hombres y 1.646.676 son mujeres.

El Departamento en donde se enmarca el proyecto en cuestión es el departamento de San Cristóbal. Cuenta con 4 municipios, 28 comunas y una superficie de 14850 km². Según los datos provisionales del Censo de 2022 del INDEC, la población total del departamento fue de 72.719 habitantes. La ciudad más poblada y de mayor actividad económica es Ceres, seguida por San Cristóbal, la cabecera departamental. También son importantes las ciudades de Suardi, San Guillermo, esta última en el sector más fértil del departamento, y las comunas de Villa Trinidad, Hersilia y Arrufó.

habitantes según el censo de 2010. En la actualidad es la ciudad más habitada del departamento.

En su desarrollo, es atravesada por la Ruta Nacional N° 34 que une Rosario (Santa Fe) con Profesor Salvador Mazza (Salta), por la Ruta Provincial N° 17 que la comunica con Chaco, Corrientes, Paraguay y Brasil y por numerosos caminos y rutas rurales. El casco urbano está dividido en dos partes iguales por el Ramal Ferroviario Rosario - Tucumán (ex línea Mitre), por el cual pasan constantemente trenes mineros, cerealeros y de pasajeros, que llevan gran parte de la producción del noroeste argentino hacia el puerto de Rosario.



Figura 11: Ciudad de Ceres

Fuente: Google Maps

El municipio de Ceres se encuentra dentro de la gran llanura Chaco Pampeana. Allí, la principal actividad económica de la ciudad es fundamentalmente todo lo relacionado con la actividad agropecuaria. En el rubro agricultura Ceres se ha destacado tradicionalmente por la producción de diversas variedades de zapallos, pero desde los 90 del siglo XX gran parte de las tierras agrícolas han sido dedicadas a la producción de soja. Además, se desarrollan otras actividades como la apicultura y la cría de ganado equino, porcino y ovino. Ceres abarca unas

55.000 hectáreas, comprendidas por tierras de muy buena calidad aptas para la ganadería, agricultura y lechería.

También existe una importante actividad bancaria y empresarial, dada la presencia de importantes empresas ya sean de servicios como televisión por cable, internet o comercios y supermercados o pequeñas fábricas, como aserraderos, fábricas de acumuladores o de implementos agrícolas.

Ceres posee 5 escuelas primarias, 4 escuelas de nivel medio, una escuela nocturna para adultos, una escuela especial, dos jardines de infantes oficiales. También existe un terciario, el Instituto Superior del Profesorado N.º 26 "Ángela Peralta Pino". Además, cuenta con un aeródromo que da servicio a la ciudad.



Figura 12: Mapa de la ciudad de Ceres

Fuente: Periódico "El Informe".

En la ciudad de Ceres, el 60% de la población carece de servicio de red de agua potable y cerca del 30% posee acceso a la red de desagües cloacales. La situación predominante sobre la conexión a la red cloacal es el desagüe a cámara séptica y pozo ciego. La red de energía eléctrica alcanza a aproximadamente la totalidad de la población, quien en cambio carece de red de gas, debiendo sustituirlo por otras fuentes como el gas en garrafa. Según el conteo del Registro Nacional de Barrios Populares (RENABAP), existe en Ceres 1 barrio popular.

3.2. Hersilia

Hersilia es una comuna fundada en 1888, en el departamento San Cristóbal, en la provincia de Santa Fe. La localidad de Hersilia se encuentra a 270 km al norte de la ciudad capital Santa Fe y está ubicada sobre la Ruta Nacional 34. Cuenta con una población de 3.165 habitantes según el Censo de 2010 y una superficie del aglomerado de 2,4km².

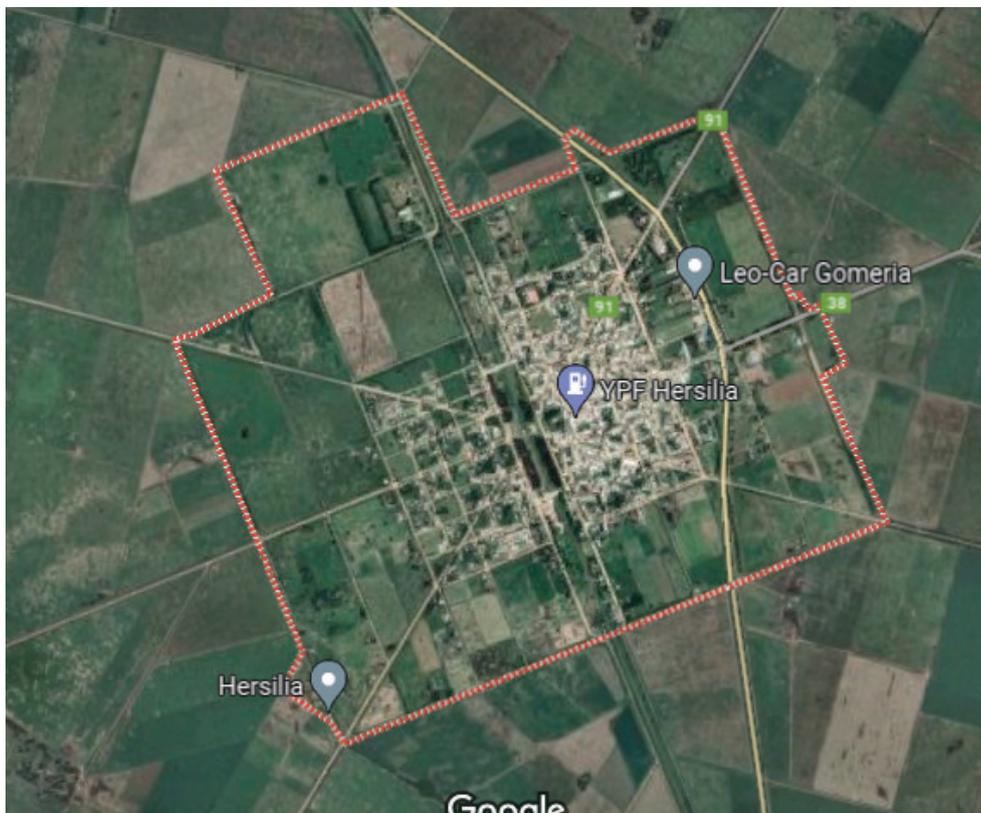


Figura 13: Mapa de Hersilia

Fuente: Google Maps

La comuna se encuentra dividida en dos partes por las vías del Ramal Ferroviario Rosario - Tucumán, que la conecta con la ciudad de Ceres. La principal actividad económica de Hersilia es la agricultura y la ganadería, con un total de 1.678 ha destinadas a la agricultura de trigo, maíz y soja principalmente y 43.745 ha para la ganadería vacuna.

En la ciudad de Hersilia el 96% de la población carece de servicio de red de agua potable y sólo un 60% posee acceso a la red de desagües cloacales. La red de energía eléctrica alcanza a aproximadamente la totalidad de la población, quien en cambio carece de red de gas, debiendo sustituirlo por otras fuentes como gas en garrafa.

3.3. Ambrosetti

La comuna de Ambrosetti, fundada en el año 1892, cuenta con sólo 1.303 habitantes según el Censo de 2010. Se encuentra sobre la Ruta Nacional 38 y cuenta con una superficie de 1km² para el aglomerado . A 45km al sudeste se encuentra la ciudad de Ceres. La mancha urbana se encuentra delimitada por la Ruta Provincial 77S, la Ruta Nacional 38, la calle Juan Perren.



Figura 14: Comuna de Ambrosetti

Fuente: Google Maps

La comuna está subdividida en 80 manzanas, contando con calles públicas y una plaza central. Su economía se basa en la producción agrícola y forestal. Desde el aspecto socio

demográfico la localidad presenta bajas tasas de mortalidad infantil, analfabetismo y desempleo general, mientras que el desempleo juvenil es alto, observándose también una pérdida de población en el municipio en relación al censo anterior. Respecto a la infraestructura local, este poblado carece de infraestructura sanitaria, ya sea de provisión de agua potable, como de desagües cloacales. La cobertura de gas de red, según Censo del año 2010 es totalmente inexistente debiendo los habitantes utilizar fuentes alternativas para solventar esta carencia mientras que el tendido de electricidad por red cubre aproximadamente la totalidad de la mancha urbana.

3.4. Arrufó

Arrufó es una comuna argentina del departamento San Cristóbal en la provincia de Santa Fe, ubicada en el cruce de la Ruta Nacional 34 y la Ruta Provincial 39, y está a 28 km de Hersilia, a 45km de Ceres y a 234 km de la capital provincial, Santa Fe de la Vera Cruz. Su zona urbana está diseñada en damero y es atravesada por las vías del tren. Cuenta con 2.179 habitantes según el Censo del INDEC de 2010. La actividad económica de la comuna es fundamentalmente agrícola-ganadera y tampera, y existe la apicultura en menor medida.

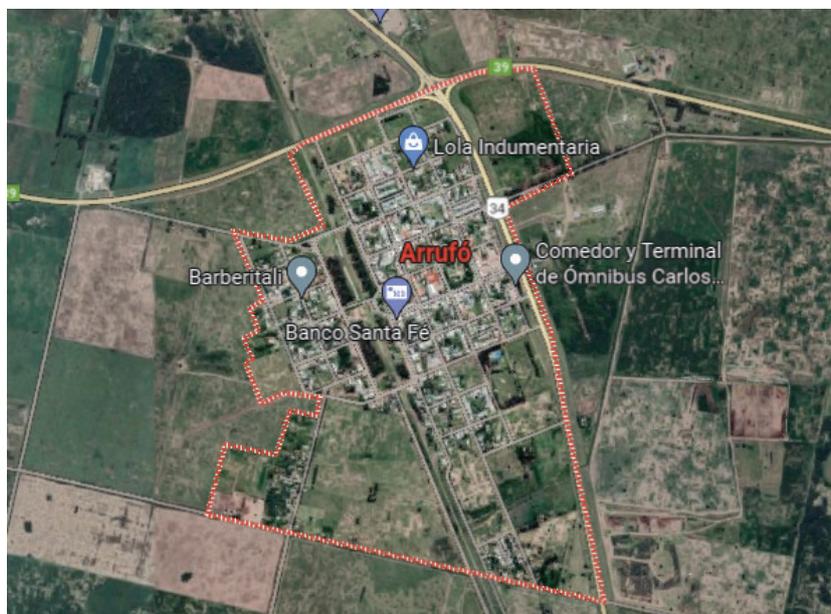


Figura 15: Comuna de Arrufó

Fuente: Google Maps

Arrufó cuenta con los siguientes servicios: luz, teléfono, recolección de residuos, riego, desagües, pero no cuenta con red de agua potable. La energía eléctrica es suministrada por la Empresa Provincial de la Energía proveniente de grandes redes (Jefatura San Guillermo) mediante líneas de alta tensión. Además, cuenta con una Estación del Ferrocarril General Mitre, en el ramal paralelo a la RN 34. La línea férrea vincula la localidad con Retiro, Rosario, Tucumán, La Banda y Córdoba.

La localidad cuenta con un establecimiento de nivel primario de 300 alumnos y un establecimiento de nivel medio de 112 alumnos. También cuenta con un centro educativo radial, un jardín materno infantil comunal y una escuela media para adultos (INDEC - 2010).

3.5. La Rubia

La Rubia es una localidad que se encuentra sobre la Ruta Nacional 34, la cual constituye su principal vía de comunicación vinculándola al norte con Ceres y al sur con Sunchales. Se encuentra a aproximadamente 250 kilómetros de Santa Fe, capital de la provincia homónima. El distrito de La Rubia limita, al sur con el distrito Arrufó, al este con Ambrosetti, al norte con Hersilia. Es una zona de producción cárnica.

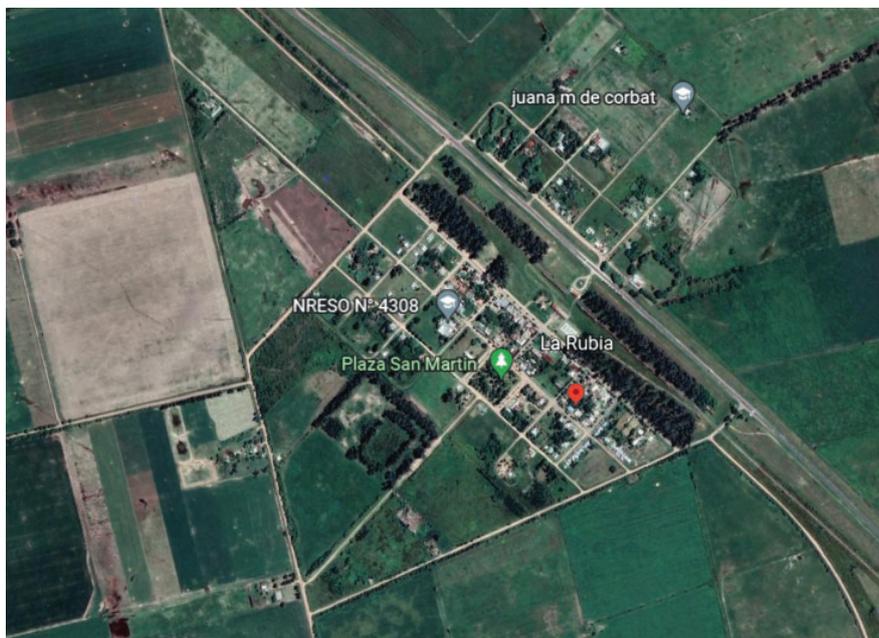


Figura 16: Comuna de La Rubia

Fuente: Google Maps

Cuenta con 466 habitantes (Hombres: 237; Mujeres: 229) según el Censo de 2010, lo que representa un descenso frente a los 530 habitantes (INDEC, 2001) del censo anterior. La Rubia es una comunidad rural fundada en 1890 a partir del comienzo del funcionamiento del ferrocarril, que divide el ejido urbano en dos.

La comuna cuenta con dos escuelas y una iglesia. En la ciudad de La Rubia el 96% de la población carece de servicio de red de agua potable y la totalidad de la población no tiene acceso a la red de desagües cloacales. La red de energía eléctrica alcanza a aproximadamente la totalidad de la población, quien en cambio carece de red de gas, debiendo sustituirlo por otras fuentes.

4. Diagnóstico Actual de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

4.1. Ceres

La información presentada en este apartado fue brindada muy amablemente por Diana Bertorello, la actual coordinadora de medioambiente de la ciudad de Ceres. A su vez, la información fue complementada con noticias de medios locales y comunicados oficiales del Gobierno de la Ciudad de Ceres.

4.1.1. Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Ceres

En el año 2019, el Gobierno de la Ciudad de Ceres comenzó a formular un Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, con el objetivo de identificar lineamientos, acciones y políticas necesarias para lograr el ordenamiento y la mejora de la Gestión de Residuos Sólidos en la Ciudad, bajo el enfoque de Economía Circular, y con un horizonte temporal de al menos cuatro años.

Las actividades planificadas dentro del Programa GIRSU se pueden dividir en etapas diferentes y simultáneas, algunas ya implementadas y otras aún no:

- *Acondicionamiento del sitio de disposición final:*

Se planificó la mejora y el acondicionamiento del sitio de disposición final, que actualmente se trata de un basural a cielo abierto. Entre las tareas a realizarse, se contempló la colocación de un correcto cercado perimetral, el cerramiento de los portones de acceso, la señalización a través de carteles, la sectorización del depósito de residuos, la determinación de un sector de descarga donde se realizará la clasificación de residuos, el acondicionamiento de los accesos y circulación interna y el control de ingresos. Estas actividades hasta el día de hoy están pendientes de su realización.

- *Incorporación de recuperadores urbanos a la cooperativa ya existente:*

A partir del mes de diciembre de 2019, se realizó un registro de recuperadores urbanos informales. Hasta el día de la fecha se inscribieron en total 26 personas que asisten al basural

a recolectar distintos tipos de materiales, como metales, madera, telas, entre otros. A partir del cercado perimetral del predio que se pretendía realizar, estos recolectores ya no tendrían libre acceso al mismo. Por lo tanto, se planteó, como eje principal de trabajo con estas personas, incorporarlos progresivamente a la cooperativa de reciclado que ya está constituida, y proceder a dividir las actividades de recolección en 3 grupos: Metales, Plásticos y Vidrios.

Los recuperadores venderán estos materiales recuperados al municipio, y este a su vez, los venderá a un tercero. El precio de compra a los recolectores informales será de un 50% menor al precio de compra establecido por el tercero, y el remanente de estas transacciones será parte del fondo de la cooperativa que servirá para comprar insumos y materiales de trabajo para la misma.

Actualmente, se logró que varios recuperadores que trabajaban de manera informal se incorporen a la cooperativa de reciclado y formalicen su trabajo, aunque aún quedan algunas personas que por el momento no quieren unirse a la cooperativa.

- *Programa Piloto (PP):*

En Junio del año 2020 se da inicio a la prueba piloto del programa GIRSU, que consistió en la separación en origen de residuos en dos fracciones (seco- húmedo) en días diferentes, en dos barrios específicos de la ciudad: Barrio España y Barrio Bernardo.

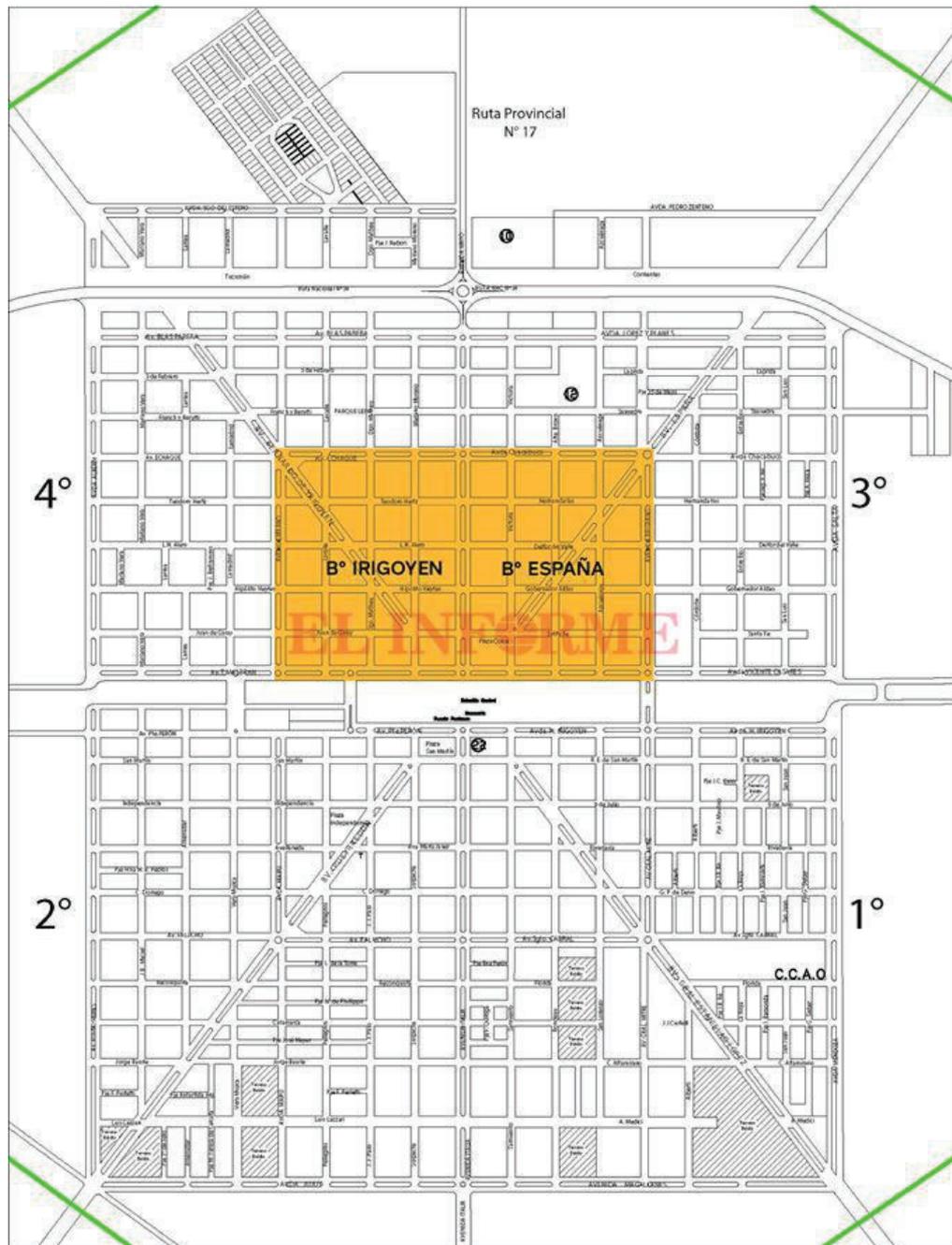


Figura 17: Área de Prueba Piloto

Fuente: Diario El Informe

Este programa piloto se implementó por 2 meses, y en este período el 70 % de la población comprendida comenzó a separar los residuos. A la vista de tales resultados, se

decidió trasladar el programa a toda la ciudad, obteniendo prácticamente los mismos resultados que en la prueba piloto.

- *Prensa y Difusión del Programa:*

El programa GIRSU tuvo fuerte impacto debido a las diferentes campañas de difusión que se hicieron a través de la radio, televisión y redes sociales locales, trabajo con escuelas y promoción puerta a puerta. El desafío fue llegar a la mayor cantidad de vecinos y difundir por un lado, el comienzo de la recolección diferenciada, y de qué manera realizar la separación en origen; y por otro lado, las diversas actividades de promoción ambiental a realizarse en el marco del programa, como jornadas de Ecocanje y visitas a escuelas:



Figura 18: Campaña de difusión de la recolección diferenciada en medio locales

Fuente: Diario Ceres On-line



Figura 19: Campaña de difusión de la jornada de ecocanje.

Fuente: Facebook Gobierno de la Ciudad de Ceres.

- *Monitoreo y Control:*

A modo de monitoreo y control de la implementación del Programa, se contempla la realización de encuestas aleatoria a los vecinos, para evaluar el funcionamiento del proyecto, para así poder medir la aceptación del proyecto y determinar en qué aspecto se debe hacer hincapié y en cuáles se debe mejorar, como así también se deben determinar qué tipos de residuos se generan.

- *Capacitación:*

En paralelo a la implementación de las diferentes etapas, se realizaron capacitaciones a todo el personal afectado en el programa GIRSU, como el personal de recolección y a los recuperadores de las cooperativas y los recuperadores no formalizados, inspectores municipales, etc. Las capacitaciones abarcaron temas como el uso de elementos de protección personal, primeros auxilios y seguridad laboral. Además, se fortaleció el trabajo de los recicladores, a través de la entrega de insumos y de conseguir mejores precios para la venta de materiales.

- *Educación Ambiental:*

Se realizaron, a lo largo del año 2020, reuniones con todos los niveles educativos, con el objetivo de explicar y comunicar al personal docente el proyecto y generar actividades de capacitación y sensibilización adaptadas a todos los niveles, para generar así otra forma de llegar a las familias. Cada año escolar trabajó la temática de residuos desde diferentes ángulos, y a raíz de esto surgieron proyectos muy enriquecedores:

Campaña de concientización y educación ambiental en escuelas, vecinales y charlas abiertas al público



La secretaria de gobierno, producción y medio ambiente de la Municipalidad de Ceres lleva adelante una fuerte campaña de concientización y educación ambiental, en primer término en las escuelas de la ciudad, para luego expandirse por vecinales y terminar con charlas abiertas a todo el público.

Con el eje central basado en la separación de residuos en origen, la charla esta destinada a explicar los riesgos ecológicos y medioambientales como también la imagen de la ciudad y la importancia de continuar con esto.

El día 12 todos los alumnos de la escuela N° 1103 "Fuerte Soledad" llevaron adelante una jornada medioambiental en donde explicaron su proyecto institucional, apoyado fuertemente por el municipio, que consta de la recolección de residuos plásticos.

Figura 20: Noticia en medios locales sobre Campaña de Concientización en escuelas

Fuente: CeresDiario.com

- *Acuerdo con comercios:*

Se realizó una reunión para que los supermercados de la ciudad sean quienes abastezcan a los ciudadanos de bolsas diferenciadas para la separación de residuos y cestos de basura a un precio reducido. Se logró llegar a un acuerdo, en donde se estableció mediante la Ordenanza Municipal N°1775/2022 que está prohibido para los comercios y supermercados entregar bolsas de plástico no compostables, a partir de septiembre de 2022.

- *Reglamentaciones (ordenanzas):*

Se está trabajando actualmente para dictar ordenanzas a nivel municipal sobre diversos temas relacionados con la Gestión integral de RSU. Se busca reglamentar las condiciones de disponer los residuos, para facilitar el trabajo de los recolectores y poder sancionar a aquellos vecinos que no acaten dicha reglamentación. A su vez, se busca determinar un circuito independiente al de la recolección domiciliaria habitual para los grandes generadores, ya que el volumen de generación y su periodicidad es diferente. Además se está planteando agregar una tasa adicional por brindar este tipo de servicio.

Con respecto a los residuos patológicos, se está buscando crear un registro de generadores de residuos peligrosos. Los mismos deberán entregar dichos residuos a empresas autorizadas.

A continuación se describen los detalles de las distintas etapas de la GIRSU en la Ciudad de Ceres.

4.1.2. Generación de residuos

El Gobierno de la Ciudad de Ceres estimó la generación de residuos domiciliarios a partir de la cantidad de viajes de los camiones recolectores, cobertura de recolección y llenado de los camiones, además de la realización de un relevamiento in situ en el sitio de disposición final. Ellos estiman que diariamente se generan en la ciudad unas 18 toneladas de estos residuos. A su vez, como la población estimada para el año 2020 fue de 17128 habitantes en la ciudad, se estima que:

$$\text{Generación Per Cápita de Residuos Domiciliarios: } \frac{18.000\text{kg/día}}{17128 \text{ habitantes}} = 1,05\text{kg/día/habitante}$$

Con respecto a los residuos de poda, como los mismos son recolectados de manera diferenciada, se estimaron de la misma manera:

$$\text{Generación Per Cápita de Residuos de Poda: } \frac{6.600\text{kg/día}}{17128 \text{ habitantes}} = 0.38 \text{ kg/día/habitante.}$$

El porcentaje de viviendas que realizan actualmente la separación en origen es de un 55%. Se estima que en Septiembre de 2020 esta práctica llegó a su pico, y luego fue disminuyendo, como se muestra en el siguiente gráfico:

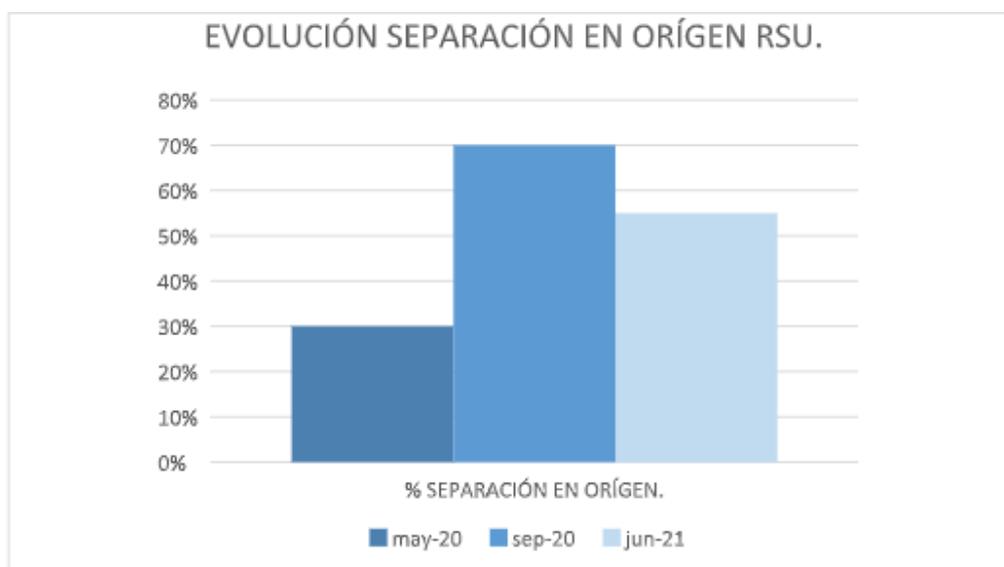


Gráfico 1: Evolución de la separación en origen de RSU en Ceres

Fuente: Informe Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos Ceres

4.1.3. Recolección

Actualmente, la recolección en la ciudad de Ceres se realiza de forma diferenciada: los residuos húmedos (comidas, frutas, verduras, yerba, papel higiénico) se recolectan los lunes, miércoles, jueves y sábados, mientras que los residuos secos (papel, cartón, vidrios, plásticos, metales y telas) se recolectan los martes y los viernes. Si la persona saca la bolsa de residuos incorrecta, la misma no es recolectada ese día. La metodología de recolección es la recolección puerta a puerta, con una cobertura del 100%. En épocas de lluvias, la cobertura del servicio se ve reducida ya que la ciudad cuenta con un 75% de calles de ripio, por lo que en algunos sectores se imposibilita el acceso.

Los residuos de poda son recolectados durante una semana por mes. Es decir, se dividió a la ciudad en 4 sectores, y cada semana la recolección se realiza en un determinado sector.



Figura 21: Esquema de recolección de la ciudad de Ceres.

Fuente: Gobierno de la Ciudad de Ceres.

Para la recolección, la ciudad poseía 2 camiones compactadores y 4 camiones volcadores, y actualmente se adquirió un camión compactador 0km, además de un tractor y un acoplado para mejorar el servicio de recolección de los residuos de poda.

Además de la recolección puerta a puerta, existen contenedores verdes en diversos puntos de la ciudad en donde se pueden dejar los materiales separados.



Foto 1: Contenedores verdes en Ceres

Fuente: Facebook del Gobierno de la Ciudad de Ceres

4.1.4. Barrido y Limpieza

Se realizan acciones de limpieza y desinfección diarias, como también acciones de desratización y desinsectaciones periódicas. Todas estas tienen como principal objetivo proteger la salud humana.

4.1.5. Planta de separación existente:

La planta de separación y clasificación existente en la ciudad de Ceres consiste en un galpón de estructura metálica, que se encuentra sobre el predio de disposición final, sobre la Ruta Provincial N°17, km 4. Allí trabajan los recuperadores urbanos agrupados en la Cooperativa "Reciclar Cres".



Foto 2: Planta de recuperación de residuos Ceres

Fuente: Informe Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos Ceres

La planta de 300m² cuenta con 3 prensas hidráulicas verticales, 1 cinta clasificadora que no se encuentra en funcionamiento, 1 tractor y 1 carro. Allí se realiza la clasificación y el acondicionamiento de los siguientes materiales: cartón, papel, plástico de distintos tipos, vidrio, aluminio y nylon. Los baños y vestidores de damas y caballeros están construidos dentro del edificio pero son muy precarios, por lo que no pueden utilizarse adecuadamente. Además, existe un espacio de reserva de 32m² ubicado fuera del edificio, destinado para el depósito de vidrio.

En el año 2020, el primer año de implementación del Programa GIRSU en Ceres, se lograron recuperar 350 toneladas de materiales reciclables.



Gráfico 2: Balance Anual del material recuperado en 2020 en Ceres

Fuente: CeresDiario.Com

Según los datos brindados por el municipio, se estima que la cantidad de materiales recuperados desde Julio de 2020 a Marzo de 2022 es la siguiente:

- Aceite Vegetal Usado: 2000lts.
- Neumáticos Fuera de Uso Procesados : 15.000 NFU
- Chatarra: 140.000 kg
- Cartón: 255.000 kg
- Aluminio: 5.760 kg
- Papel: 8.400 kg
- Plásticos: 20.500 kg
- Vidrio: 60.000kg
- Tapitas Plásticas: 2.000 kg

4.1.6. Cooperativa de Reciclaje

En Ceres existe una cooperativa conocida como “Cooperativa de Reciclaje Ceres”. En la misma estaban agrupadas 8 personas desde antes de la implementación del Programa GIRSU, y trabajaban dentro de la planta de separación. Con la implementación del Programa, se logró en primer lugar, mejorar las condiciones de trabajo del grupo de recicladores a través de la entrega de elementos de protección personal, botiquín de primeros auxilios, y mejoras en

el precio de venta de los materiales. Este grupo comenzó a encargarse exclusivamente de la recuperación de cartón y PET, ya que se creó un segundo grupo de 5 personas que se unieron a la cooperativa que se encarga de trabajar otros materiales como el aluminio, papel, plástico soplado y vidrio.

Por otro lado, se conformó un tercer grupo, de 4 personas, encargados de la recuperación de chatarra dentro del sitio de disposición final.

4.1.7. Disposición final

El predio del centro de disposición final de Ceres es un basural a cielo abierto ubicado sobre la Ruta Provincial 17, a 6 km al noreste de la ciudad. El mismo tiene una extensión de 14,6 ha, de las cuales sólo son 5 ha las remanentes sin residuos.

Previo a la implementación del Programa GIRSU en 2020, el predio poseía un cerco perimetral con roturas en algunas secciones (250 metros lineales), y no contaba con el cerramiento adecuado, lo que facilitaba el ingreso de cualquier persona ajena al personal. Además, poseía los siguientes problemas de operatividad:

- Ingreso y depósito descontrolado de los residuos.
- Falta mantenimiento general del predio (accesos, pastizales, calles internas).
- Quema de residuos con humo y gases que llegan a la ciudad.
- Contaminación de napas por falta de impermeabilización.
- Poco espacio físico para continuar depositando a un mediano plazo.



Figura 22: imagen satelital del basural a cielo abierto en Ceres.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

Con la implementación del Programa GIRSU, la situación actual del basural es distinta:

- Ingreso y depósito controlado de los residuos: se prohibió el ingreso al predio sin autorización. Se inició un registro de recolectores informales a los cuales se les entrega un carnet que se renueva cada 3 meses para poder ingresar al predio.
- Clasificación de cartones (mediante la Cooperativa), neumáticos, plásticos y vidrios.
- Mantenimiento básico del predio, algunas tareas en los caminos internos, tareas para aumentar la capacidad de depósito disponible. Se contrató maquinaria pesada para generar espacio dentro del predio y organizar los residuos que eran depositados sin ningún tipo de orden.
- El municipio comenzó el programa de recuperación de chatarra.

- Se adquirió una chipeadora para poder aprovechar el residuos de poda y reducir notoriamente su volumen.
- La contaminación de napas subterráneas sigue aumentando.
- Escasez de espacio físico para continuar depositando a un mediano plazo.





Foto 3, 4 y 5: Fotos de la situación actual del basural.

Fuente: Informe Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.

Si bien se establecieron sectores de disposición para los distintos tipos de residuos que ingresan al basural, la disposición sigue siendo inadecuada por tratarse de un basural a cielo abierto.

Por otro lado, mediante un relevamiento realizado entre el 10 al 19 de septiembre de 2019, se lograron identificar los puntos más significativos de todo el ejido urbano, en donde se formaron pequeños microbasurales producto del depósito de residuos domésticos, escombros, poda, chatarra, electrodomésticos, etc. En total se contabilizaron 296 puntos, que fueron agrupados en 3 grupos:

- 1) Residuos domiciliarios (bolsas de basura, cartones, etc.): 29% (87 depósitos).
- 2) Poda (ramas, pastos, troncos): 24% (71 depósitos).
- 3) Escombros/chatarras/electrodomésticos: 47% (138 depósitos).



Foto 6 y 7: Puntos de acumulación de residuos de poda a la izquierda y punto de acumulación de residuos domiciliarios, voluminosos y otros residuos a la derecha.

Fuente: Informe Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos Ceres.

Se detectaron además gran cantidad de lotes baldíos con pastizales altos y depósitos de residuos. También existe gran presencia de residuos domésticos en cunetas y desagües pluviales. Estos residuos han persistido en el mismo sitio, sin ser recolectados entre 8 y 10 días, (la mayoría no fueron recolectados hasta la fecha), incluso algunos datan de 2 a 3 meses de persistencia lo cual aumenta la propagación de vectores (ratas, aves) y la generación de focos contaminantes peligrosos para la población, especialmente, los niños y adultos mayores.

Los sectores con mayor acumulación de residuos en la vía pública, representado por el 80% de lo relevado, son los barrios perimetrales de la ciudad: Bo Cooperativo, Re, Nueva Esperanza, San Vicente, El Silencio, etc.

4.1.8. Jornadas de promoción y educación ambiental

Desde el comienzo de la implementación del Programa GIRSU, se realizaron diversas actividades de promoción y educación ambiental con el objetivo de difundir el proyecto a la comunidad, comunicarles las buenas prácticas de separación en origen y entusiasmar a los vecinos a tomar la iniciativa desde sus hogares.

Con respecto a la educación ambiental, se realizaron diferentes jornadas de capacitación a escuelas en todos los niveles. Se creó el personaje “Guardián de las 3R”, que tiene como “misión” generar conciencia en los más pequeños a través de intervenciones teatrales. Además se creó el voluntariado ambiental para todos aquellos que quieran participar, en donde se realizan actividades de compostaje, reciclaje, y promoción ambiental.



Foto 8: Actividad con el “Guardián de las 3R”

Fuente: Facebook Gobierno de la Ciudad de Ceres.

Como parte de las actividades de promoción de la economía circular, mensualmente se realizan jornadas de ecocanje en diferentes puntos de la ciudad.



Foto 9: Jornada de Ecocanje

Fuente: Facebook Gobierno de la Ciudad de Ceres

Además, se comenzó a trabajar con el programa empleo verde local y la creación de huertas agroecológicas. Dichos emprendimientos son visibilizados a través de “ecoferias”.



Figura 24: Invitación a Ecoferia

Fuente: Facebook Gobierno de la Ciudad de Ceres.

4.1.9. Incorporación de Ordenanzas

Se incorporaron las siguientes ordenanzas municipales desde la implementación del nuevo Programa GIRSU:

- Ordenanza 1686/2020: Se establece como política pública en la ciudad de Ceres, el reciclado, la reutilización, el reprocesamiento y otras formas de valorización y reducción del volumen de los N.F.U. como residuos sólidos, con el objeto de reducir el impacto ambiental y sanitario.
- Ordenanza 1698/2020: Brinda los lineamientos sobre la generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos patológicos generados en la ciudad.
- Ordenanza 1657/2020: Regula la recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos en Ceres.

A su vez, desde 2014 existe la Ordenanza Municipal N° 1357/2014 que tiene por objeto la gestión, regulación y control sobre los aceites vegetales usados (AVU's), comprendiendo la generación, manipulación, recolección, vertido y disposición final de los mismos.

4.1.10. Consorcio Departamental GIRSU

En diciembre de 2009, fue sancionada la Ley Provincial N° 13.055, que establece entre sus principios básicos la regionalización y la acción mancomunada para la gestión de los residuos. La misma crea el programa provincial GIRSU (Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos) de apoyo a municipios y comunas. De esta manera se crea el consorcio departamental GIRSU de San Cristóbal (compuesto por las comunas de Ambrosetti, Arrufo, Curupaity, La Rubia, Monigotes, Suardi, Villa Trinidad y los municipios de Ceres y San Cristóbal). Pero este consorcio nunca funcionó como tal por las distancias existentes entre las localidades que lo componían.

4.2. Hersilia

La información presentada a continuación fue brindada por Marianela Donnet, encargada de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la comuna de Hersilia,

mediante una entrevista realizada el día 14 de octubre de 2022. La información obtenida fue complementada con noticias de diferentes medios de comunicación de la zona.

4.2.1. Cronología del proceso de transición GIRSU

Desde Abril de 2021, en plena pandemia de Covid 19 y con una gestión política diferente a la actual, la comuna empezó a realizar ajustes en su gestión de residuos sólidos urbanos, que en ese momento era deficiente, no cubría el 100% del tejido urbano y alcanzaba un porcentaje muy bajo de recuperación de material reciclable. Se contrató entonces, a una empresa especializada en asesorar a comunas de la zona en su gestión de residuos, que acompañó a los dirigentes de Hersilia en todo el proceso de mejora y transición.

Se comenzó capacitando al personal encargado de la GIRSU y a los docentes de las escuelas sobre el correcto manejo de los residuos, así como también la separación en origen, las metodologías de promoción y educación ambiental y se les explicó cuál sería el camino a seguir de ahí en adelante. También se habló de temas como la Ley Yolanda, el concepto de medio ambiente y la diferencia entre “residuo” y “basura”.



Foto 10: Capacitación docente y de personal GIRSU.

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia

Por otro lado, se trabajó en el basural a cielo abierto de la comuna, en donde se realizó una limpieza superficial de la chatarra y los materiales reciclables que podían ser recuperados como plástico, latas y vidrio.

Un punto clave del proceso de transición fue la instalación de una planta de acopio de materiales reciclables para su posterior compactación, al lado de la estación del ferrocarril, como se muestra en la siguiente imagen:

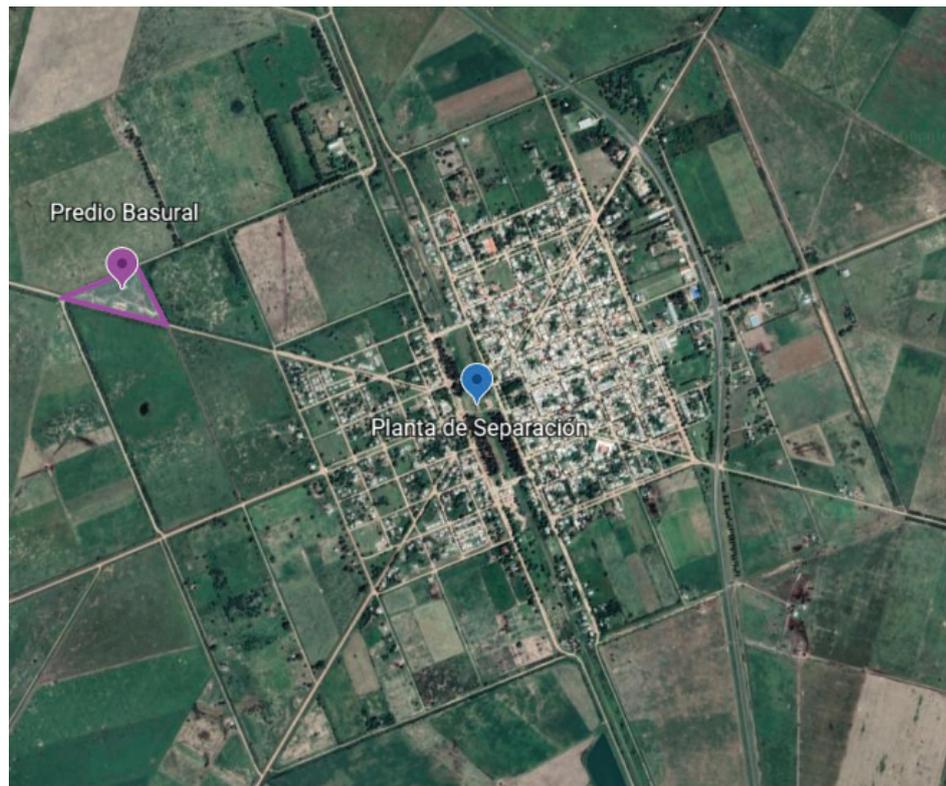


Figura 25: Ubicación de la planta de separación y el BCA.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

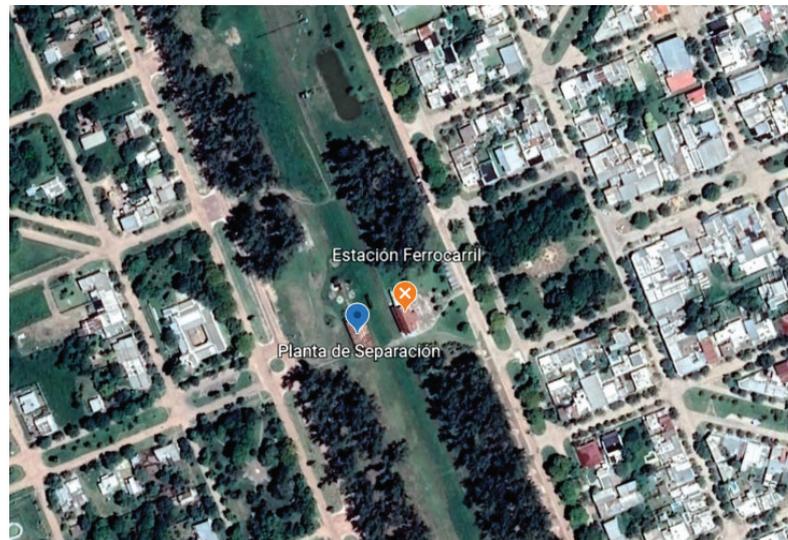


Figura 26: Ubicación de la planta de separación y la Estación de Ferrocarril

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

A fines de octubre de 2021 se comenzó con la recolección diferenciada sólo para grandes generadores, mientras que al mismo tiempo se instalaron diferentes puntos verdes de acopio de materiales recuperables y reciclables para que los vecinos de la comunidad de Hersilia puedan llevar sus residuos separados allí. Este proyecto vino acompañado de su comunicación por las redes sociales de la comuna, jornadas y actividades en escuelas, y visitas a la planta de separación.

Durante enero y febrero de 2022, aprovechando las vacaciones de verano de los niños, se realizaron charlas y capacitaciones en la planta de separación, a cargo de los encargados de la gestión de residuos en la comuna y el personal de la planta. Se realizó una jornada de planta abierta, la cual permitió que toda la comunidad observe los procesos que se llevan a cabo allí.



Foto 11: Visita a planta de separación

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia

En mayo se realizó un estudio de caracterización de residuos domiciliarios con los alumnos de los últimos años de las escuelas, el cual permitió conocer qué corriente de residuos era la que más se estaba generando, así como evidenciar si los vecinos de la comunidad estaban realizando una separación en origen o no.

Durante todo el mes de mayo, los alumnos de las escuelas también realizaron una promoción ambiental del nuevo plan GIRSU puerta a puerta, dividiendo a la comuna por sectores, comunicando el nuevo proyecto y la recolección diferenciada inminente.



Foto 12: Jornadas de promoción puerta a puerta del nuevo proyecto GIRSU

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia

El 1 de julio de 2022, tal como se estimó desde los comienzos de la formulación del plan GIRSU, comenzó la recolección diferenciada en toda la comuna. Se decidió por la separación de residuos húmedos por un lado y de residuos secos reciclables por el otro. A su vez, se decidió que los grandes generadores tendrían su circuito aparte.

4.2.2. Recolección

Actualmente, se realiza una recolección diferenciada con una cobertura del 100%. Los residuos húmedos, como restos de comida, pañales y residuos de baño son recolectados los días Lunes, Miércoles y Viernes por la mañana, de 6 a 12hs, mientras que los días Martes y Jueves se recolectan materiales reciclables (secos) como papel, cartón, vidrio y latas. Los días martes, como se acumulan los reciclables del fin de semana, los horarios de recolección se suelen extender hasta las 3 o 4 de la tarde, mientras que los jueves se realiza de 6 a 12hs. Los Martes y Jueves por la tarde también se realiza la recolección de los reciclables de los grandes generadores.



Figura 27: Comunicación de la recolección diferenciada a la comunidad de Hersilia.

Fuente: Página Oficial de la Comuna de Hersilia

La regla que se comenzó a implementar en la comuna a partir del inicio de la recolección diferenciada en julio 2022, es que el residuo que se dispone en los cestos para ser recolectado, que no corresponde al día correcto de recolección, será dejado en el cesto hasta el día siguiente.

La recolección, tanto la de húmedos como la de secos, se realiza con un tractor y dos acoplados. En esta tarea trabajan 3 personas.

4.2.3. Planta de separación

Como se mencionó anteriormente, la planta de separación se encuentra ubicada en el centro de la ciudad, al lado de la estación de ferrocarril. La misma recibe los materiales provenientes de la recolección diferenciada y de los puntos verdes de la comuna. Allí trabajaban 2 personas y recientemente se incorporó una más. La única máquina que posee la planta es una enfardadora, el resto de la separación se hace a mano.

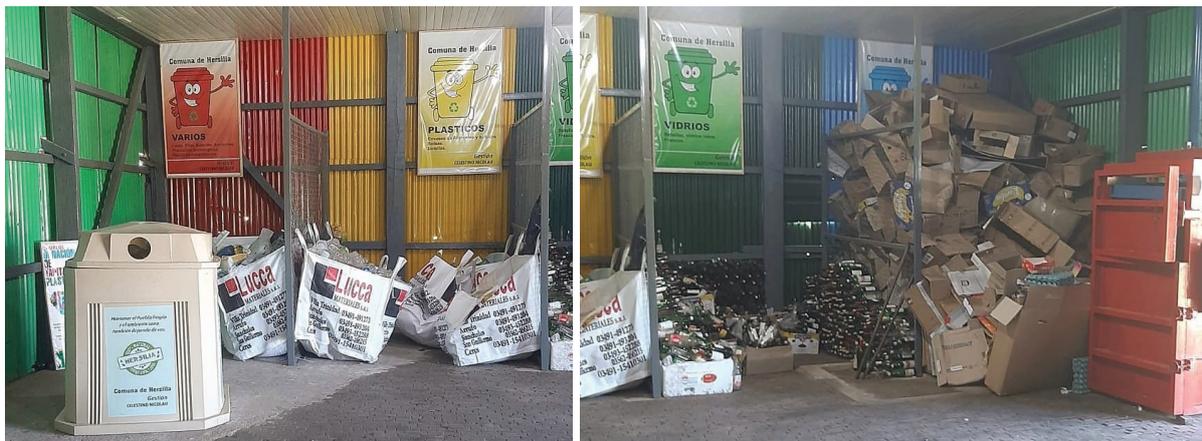




Foto 13, 14 y 15: Planta de separación y material recuperado

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia

En sus comienzos, la planta recibió muchas críticas y rechazo de la comunidad, por encontrarse en un lugar tan céntrico. Por desconocimiento, los vecinos creían que la planta generaría malos olores y otras molestias. Es por esto que por parte de la gobernanza de la comuna se realizaron diversas jornadas de visita a la planta, para demostrar los beneficios ambientales que trae emparejados la misma. De esta manera se logró que la comunidad no sólo esté a favor de la iniciativa, sino que también que se entusiasme y participe activamente en la separación en origen y en las diferentes actividades de promoción ambiental.

Los recuperadores de la planta están contratados por la comuna y trabajan por objetivos semanales de acuerdo a la cantidad de materiales que enfardan. Por semana, se plantean 3 metas a cumplir: enfardar 850 kilos, enfardar 1000 kilos y enfardar 1200 kilos. De acuerdo al número alcanzado, reciben premios monetarios adicionales a su remuneración semanal. Si realizan horas extra también cobran un dinero adicional. De esta manera, todos los viernes le rinden a su encargado la cantidad de material que lograron recolectar y las horas que trabajaron y en base a esto se les paga.

Cabe destacar que estos recuperadores no están cooperativizados, pero se destaca de ellos la buena voluntad y las ganas de trabajar.

En el siguiente gráfico publicado en el Facebook de la Comuna de Hersilia se puede observar la cantidad de materiales recuperados en el año 2022. El total recolectado fueron unos 72.880 kg.



Gráfico 3: Cantidad de materiales recuperados en el año 2022 en Hersilia.

Fuente: Facebook Comuna de Hersilia.

El material enfardado es comercializado a la misma empresa que asesoró a la comuna en el nuevo plan GIRSU, con la condición de que esta empresa sea el único comprador de estos materiales. Las ganancias quedan para el sueldo de los recuperadores y la comuna.

4.2.4. Disposición final

La disposición final se realiza en un basural a cielo abierto, en un predio de aproximadamente 3,6 hectáreas. El mismo contiene fosas y los residuos húmedos y los rechazos de la planta de separación son dispuestos en ellas, sin impermeabilización de fondo. La superficie afectada con residuos abarca unas 0,45 ha.

Frecuentemente se producen incendios grandes intencionales, con el objetivo de recuperar materiales como el cobre de los cables. Como el basural se encuentra muy cerca del pueblo, esto causa molestias en la población debido a los humos, sumado a los malos olores.



Foto 16: Incendio en el basural a cielo abierto de Hersilia

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia

Actualmente se está trabajando para cerrar la fosa actual, que se encuentra sobre la Avenida San Antonio. Se encontró una fosa nueva que se había cavado hace varios años, en donde la idea es disponer allí los residuos que se encuentran en “montañas” sobre la superficie, colocando, si se consiguen los fondos necesarios, una capa impermeabilizadora para que no infiltren los lixiviados. Este sector, en el lateral Este del predio, cuenta con una cortina forestal que evitará la voladura de los residuos a los campos vecinos y minimizará los humos y los malos olores provenientes del BCA.

Se está trabajando en un proyecto a futuro para construir una casilla de guardia y tener monitoreado el ingreso al basural para reducir los incendios provocados. La idea también es trasladar allí la planta de separación y limitar el predio a sólo dos accesos. Se están averiguando precios de maquinaria y disponibilidad de fondos para la realización de estas tareas.

Hoy en día trabaja una persona durante 4 horas por día en el basural, encargada de ordenar los residuos en escombros, neumáticos fuera de uso, ramas y residuos en general.

Como no se cuenta con balanza ni báscula en toda la localidad, es muy difícil estimar cuántos residuos son dispuestas allí por día, sólo se sabe el número de cargas.

Por otro lado, los medios de comunicación locales informan sitios en donde, de un modo de descuido y falta de respeto al resto de la comunidad, algunos vecinos deciden arrojar sus residuos de manera incorrecta, formando pequeños microbasurales en la periferia del tejido urbano.



Foto 17 y 18: Formación de pequeños microbasurales en la periferia del tejido urbano.

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia

4.2.5. Estudio de caracterización

El 11 de mayo se realizó, con la ayuda de la empresa consultora encargada del nuevo plan GIRSU, un estudio de caracterización en el que participaron los alumnos de los últimos años de las escuelas.



Foto 19 y 20: Realización del estudio de capacitación por parte de las escuelas.

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia

Se dividió el pueblo por sectores de 6 manzanas cada uno, en donde se tomó como muestra una bolsa de residuos por sector, con la ayuda de los recolectores. Las mismas se abrieron y se analizaron. A raíz de este análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

Estudio de Caracterización Hersilia

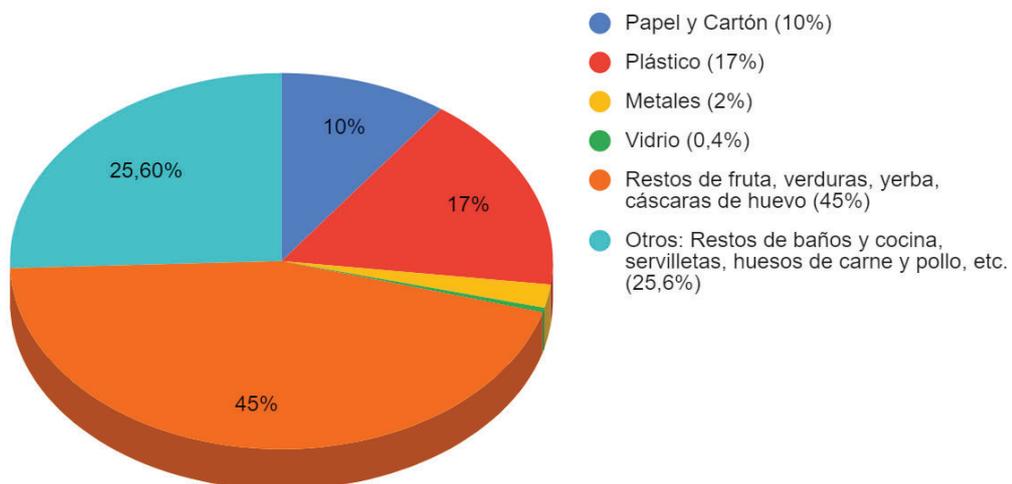


Gráfico 4: Estudio de Caracterización de residuos en Hersilia.

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevista con Marianela Donnet

Como este estudio se realizó previo al comienzo de la recolección diferenciada, se puede observar que, por más de que existían algunos puntos verdes, los vecinos no realizaban una correcta separación en origen. Esta situación se revirtió a partir de julio 2022, en donde se pudo apreciar una gran participación por parte de la comunidad, en gran medida por las eficaces campañas de difusión y promoción ambiental realizadas.

Por otro lado, se puede observar a raíz de este estudio, que el 29% de los materiales pueden ser recuperados en la planta de separación, y que el 45% correspondiente a los restos de fruta, verdura y cáscara de huevos pueden ser compostados, en principio por iniciativa de cada hogar (no por parte de la comuna).

4.2.6. Jornadas de Promoción Ambiental

A lo largo de todo el proceso de transición del nuevo plan GIRSU de Hersilia, se llevaron a cabo diversas jornadas de promoción ambiental del proyecto, tanto en escuelas como en la comunidad en general. Cabe destacar que la cantidad de iniciativas fue abundante, y la comunidad participó con entusiasmo, reflejándose esto en los buenos resultados obtenidos.

Entre las actividades realizadas se destacan:

- Jornada de planta de separación abierta al público: para que los vecinos puedan ver de qué manera se trabaja allí.
- Jornadas de capacitación docente y al personal GIRSU.
- Actividades de Ecocanje y recepción donación de tapitas plásticas para el hospital Garrahan.
- Promoción puerta a puerta por alumnos de los últimos años de las escuelas.

A continuación se muestran algunas imágenes de estos eventos:



Foto 21: Visitas a la planta de separación

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia



Foto 22: Jornada de Ecocanje en la Planta de separación

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia



Foto 23: Recepción de tapitas plásticas.

Fuente: Facebook Fm Amiga Hersilia

4.3. Ambrosetti

La información presentada a continuación se obtuvo principalmente mediante entrevistas realizadas a los vecinos de la localidad, ya que no se logró establecer contacto con las autoridades comunales. A su vez, se complementó esta información con noticias de medios locales.

La recolección se realiza tres veces por semana, los días lunes, miércoles y viernes por la mañana. Se realiza mediante un camión recolector y en un turno sólo. Los días de lluvia, como muchas de las calles no se encuentran asfaltadas, el camión no puede pasar y se debe esperar al siguiente día de recolección para poder sacar los residuos.

Desde la comuna no se incentiva ni se realizan acciones de promoción de la separación en origen, por lo que los residuos son dispuestos sin clasificación ni recuperación. A su vez, los vecinos informan que no existe ninguna cooperativa, ni conocen o vieron a ninguna persona trabajando en el basural para separar los residuos.

La disposición final se realiza en un basural a cielo abierto, que queda al final de una de las calles donde termina el pueblo. El predio cuenta con unas 2,1 ha, de las cuales se estima (mediante vista satelital por google earth) que unas 0,66 ha son la superficie impactada con residuos. Los vecinos se quejan constantemente del olor y los humos que llegan de las quemadas en el basural, debido a la cercanía que tiene este con el pueblo.



Figura 28 y 29: Ubicación del BCA de Ambrosetti

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

El basural no cuenta con control de acceso, camino asfaltado, cerco perimetral o guardia. Además, mediante imágenes satelitales se puede visualizar una especie de cantera en donde se encuentran parte de los residuos enterrados.

4.4. Arrufó

La información presentada en este apartado se recopiló mediante noticias y publicaciones en medios locales, y fue complementado con entrevistas a los vecinos.

Al momento, la comuna no posee un sistema de recolección diferenciada, ni se promueven acciones por parte del gobierno comunal para realizar la separación en origen. No se cuentan con datos de generación ni de caracterización de residuos, como es de esperar de las localidades con pocos habitantes.

Según la Ordenanza Comunal N° 174/2016, los horarios de recolección de residuos son los siguientes:

- LUNES: Ramas /verdes a partir de las 00 hs. y Residuos Sólidos Urbanos en el mismo horario en el Sector Barrio Sur.

- MARTES: Residuos Sólidos Urbanos a partir de las 00 hs. hasta las 6:30 hs en el ejido urbano.
- MIÉRCOLES: Recolección de ramas y escombros o desechos de construcción a partir de las 00 hs. hasta las 6:30 hs en el ejido urbano y Residuos Sólidos a partir de las 00 hs. hasta las 6:30 hs. a grandes generadores de desechos (Planta Fabril Williner; Supermercados, estación de Servicios Shell)
- JUEVES: Ramas/verdes a partir de las 00 hs. hasta las 6:30 hs. y Residuos Sólidos Urbanos en el mismo horario en el Sector Barrio Sur.
- VIERNES: Residuos Sólidos Urbanos y Ramas/Verdes a partir de las 00 hs. hasta las 6:30 hs en el ejido urbano.

De esta manera, la recolección de RSU (sin contar poda y escombros) cubre el 100% del ejido urbano, y tiene una frecuencia de dos veces por semana en el ejido urbano (martes y viernes), de dos veces por semana en el barrio sur (lunes y jueves) y una vez por semana para los grandes generadores.

Actualmente, la disposición final de residuos se realiza en un lote contiguo al cementerio en la zona noreste de la localidad, sobre la Ruta Provincial 39. El predio posee una superficie de 1,5ha, de las cuales 0,3ha son las que se encuentran impactados (según estimaciones realizadas por imágenes satelitales). Si bien dicha localización no resulta altamente contaminante de la zona urbana, no responde a los estándares de disposición final ni cumple con la premisa ambiental de reciclar los residuos en origen. El olor y los humos provenientes de los incendios en el basural se ven amortiguados debido a la lejanía del basural con el centro urbano.



Figura 30 y 31: Vista Satelital del Basural a Cielo Abierto de Arrufó

Fuente: Elaboración propia a través de Google Earth

El basural no cuenta con control de acceso, camino asfaltado, cerco perimetral o guardia.

4.5. La Rubia

La información presentada en este apartado se obtuvo a partir de fuentes secundarias, como medios de comunicación locales e información publicada por el Gobierno de la Provincia de Santa Fe.

Como la Rubia se trata de una comuna rural muy pequeña, de apenas unas 466 personas, la gestión de residuos consiste en un modelo lineal de generación, recolección y disposición final, sin ningún tratamiento ni políticas de promoción ambiental.

Según un relevamiento realizado por el Gobierno de la Provincia de Santa Fe en donde se logró reunir la información brindada por los responsables de Medio Ambiente en cada localidad por medio de entrevistas personales, se informa que en la comuna de La Rubia se generan por día 3m³ de residuos sólidos urbanos. Los mismos son recolectados únicamente 2 veces por semana, y dispuestos en un basural a cielo abierto ubicado a 1200 metros al norte del centro de la localidad. Sin embargo, en imágenes satelitales este basural no se pudo identificar.

4.6. Resumen diagnóstico GIRSU

En base al relevamiento realizado, se realiza a continuación un resumen en donde se comparan las diferentes características de la gestión de residuos de cada localidad, a fin de establecer las debilidades y fortalezas de cada gestión para determinar cuáles serán las medidas a implementar en el marco del proyecto en cuestión para mejorar la situación actual y cuáles se pueden complementar con las acciones de gestión de RSU ya existentes.

En una primera instancia del análisis, se ha evaluado la población servida por la gestión de residuos. Se han agrupado las mismas en función de los siguientes rangos de población servida:

- Menores a 1.000 habitantes

- Entre 1.000 y 2.500 habitantes
- Entre 3.000 y 10.000 habitantes
- Mayores a 10.000 habitantes

Tabla 4 Clasificación de Antecedentes según Población Servida.

Población servida			
< 1.000 habitantes	Entre 1.000 y 2.500 habitantes	Entre 2.500 y 10.000 habitantes	> 10.000 habitantes
La Rubia	Arrufó Ambrosetti	Hersilia	Ceres

En cuanto a los servicios de recolección, se ha observado que todas las localidades presentan una cobertura total del área urbana. En cuanto a la frecuencia de recolección de RSU (sin contar poda/verdes) se confeccionó la siguiente tabla:

Tabla 5: Clasificación de Antecedentes según Frecuencia de Recolección

Frecuencia de recolección						
1 vez por semana	2 veces por semana	3 veces por semana	4 veces por semana	5 veces por semana	6 veces por semana	7 veces por semana
	Arrufó La Rubia	Ambrosetti		Hersilia	Ceres	

A su vez, con respecto a la promoción de la separación en origen y la recolección diferenciada de materiales recuperables, en la siguiente tabla se resumen la situación actual, junto con la clasificación de la recolección diferenciada de poda y/o escombros:

Tabla 6: Clasificación de Antecedentes según Recolección Diferenciada de reciclables y poda y Separación en Origen

Separación en origen (incentivada por el municipio/comuna)		Recolección diferenciada	
SI	NO	SI (especificar frecuencia)	NO
Ceres Hersilia	Arrufó Ambrosetti La Rubia	Ceres (2 veces por sem) Hersilia (2 veces por sem)	Arrufó Ambrosetti La Rubia

Recolección diferenciada de poda y/o escombros		
SI		NO
Arrufó	Poda y escombros (2 veces por semana)	Ambrosetti
Ceres	Poda y escombros (una semana por mes)	Hersilia
		La Rubia

Continuando con el ciclo de los residuos y la gestión de los mismos, se ha evaluado la existencia o no de plantas de tratamiento de los residuos en cada localidad. Luego, para aquellas localidades que presentan plantas de tratamiento, se ha evaluado los procesos que son llevados a cabo en las mismas.

Tabla 7: Clasificación de Antecedentes según existencia de una planta de tratamiento de residuos

Planta de tratamiento de residuos		
Posee	Proceso llevado a cabo	No Posee
Ceres Hersilia	Separación y enfardado Separación y enfardado	Ambrosetti Arrufó La Rubia

A su vez, se evaluó el método oficial de disposición final, y las dimensiones de los basurales a cielo abierto de cada localidad:

Tabla 8: Clasificación de Antecedentes según disposición final

Disposición final			
Localidad	Método	Superficie del predio	Área Afectada con residuos
Ceres	BCA	14 ha	9 ha
Hersilia	BCA	3,6 ha	0,45 ha
Arrufó	BCA	1,5 ha	0,30 ha
Ambrosetti	BCA	2,1 ha	0,66 ha
La Rubia	BCA	Incierto	Incierto

5. Marco legal de Gestión de RSU

El objetivo del presente capítulo consiste en identificar y evaluar toda la normativa legal ambiental y social aplicable al proyecto en cada una de sus etapas y a la gestión de RSU, conforme a sus características y ubicación de las localidades. Dada la cantidad de normativa existente, se desarrolló una tabla agrupada por temática, y divididas por nivel jurisdiccional con un breve análisis de la normativa tratada.

Tabla 9: Marco legal aplicable a la Gestión de RSU

Legislación Internacional		
Temática	Norma	Descripción
Protección Ambiental	Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR. (Ley N° 24.774)	Establece la incorporación del componente ambiental en las políticas sectoriales de los Estados, la promoción del desarrollo sustentable, tratamiento prioritario e integral de las causas y las fuentes de los problemas ambientales, entre otros aspectos.
	Protocolo de Kyoto (Ley N° Ley 24.774)	Protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero. Promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono. Medidas para limitar y/o reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero.
	Convención Marco de la ONU sobre Cambio Climático. (Ley N° 24.295)	Las Partes deberían tomar medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. Deben incluirse todas las fuentes, sumideros y depósitos pertinentes de gases de efecto invernadero.
	Convenio de Viena para protección de la Capa de Ozono. (Ley N° 23.724)	Las Partes tomarán las medidas apropiadas para proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos resultantes o que puedan resultar de las actividades humanas que modifiquen o pueda modificar la capa de ozono.
	Acuerdo de Escazú (2018)	Tiene como objetivo garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, participación pública en los procesos de toma de

		decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un ambiente sano y a su desarrollo sostenible.
Legislación Nacional		
Ambiente	Ley N° 25.675 Ley General del Ambiente	Ley General de Ambiente que establece los presupuestos mínimos para una gestión ambiental adecuada y sustentable, la preservación y protección de la diversidad biológica e implementación de desarrollo sustentable. Uno de los instrumentos de política y gestión ambiental previstos es la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).
	Constitución Nacional	El Artículo 41 establece que todos los habitantes tienen derecho a un ambiente sano. Determina también que el Gobierno Nacional debe establecer normas específicas conteniendo los “presupuestos mínimos” de protección ambiental aplicables “a todas” las actividades que puedan afectar el medio ambiente. El Art. 124 establece que les corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.
Residuos Industriales	Ley N° 25.612	Establece los requisitos generales sobre gestión y disposición de residuos industriales, considerando específicamente, niveles de riesgo, generadores, transportistas e instalaciones de tratamiento y disposición, tecnologías de disposición, y sanciones y multas.
Residuos domiciliarios	Ley N° 25.916	Establece los presupuestos mínimos de la protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios, sean éstos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, con excepción de aquéllos que se encuentren regulados por normas específicas.
Residuos Peligrosos	Ley N° 24.051	Refiere a la generación, transporte y disposición de residuos peligrosos. Aplica a las actividades que se realicen en lugares sometidos a jurisdicción nacional; a residuos que, ubicados en territorio de una provincia, deban ser transportados fuera de ella y cuando se tratare de residuos que, ubicados en el

		territorio de una provincia, pudieran afectar directa o indirectamente a personas o al ambiente más allá de la jurisdicción local en la cual se hubieran generado.
Calidad del Aire	Ley N° 20.284	Establece normas para la prevención de la contaminación atmosférica e incluye estándares de calidad de aire.
Suelos	Ley N° 22.428	Establece medidas generales de protección de suelos.
Recursos Hídricos	Ley N° 25.688	Establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación del agua y su utilización y aprovechamiento racionales.
Acceso a la Información Pública Ambiental	Ley N° 25.831.	Garantiza el derecho de acceso a la información ambiental que se encontrare en poder del Estado, nacional, provincial y municipal, de entes autárquicos y empresas prestadoras de servicios públicos y establece que el acceso a la información ambiental será libre y gratuito y no es necesario acreditar razones ni interés determinado.
Áreas y Especies de Flora y Fauna Protegidas	Ley N° 22.421	Apunta a resolver los problemas que provoca la depredación de la vida silvestre, con el propósito de evitar daños graves a la conservación de las especies y el equilibrio ecológico.
Capacitación e información ambiental	Ley N° 27.592 Ley Yolanda	Ley Yolanda. Establece la capacitación obligatoria en la temática de ambiente, con perspectiva de desarrollo sostenible y con especial énfasis en cambio climático, para todas las personas que se desempeñen en la función pública en todos sus niveles y jerarquías en los poderes Ejecutivo, Legislativo y Judicial de la Nación.
Legislación Provincial		
Ambiente	Ley N° 11.717. Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable.	Establece dentro de la política de desarrollo integral de la Provincia, los principios rectores para preservar, conservar, mejorar y recuperar el medio ambiente, los recursos naturales y la calidad de vida de la población.
Residuos Peligrosos	Ley N° 11.872.	Prohíbe el desmalezamiento por medio del fuego, la instalación de cualquier tipo de depósito de residuos a cielo abierto, público o privado, la generación de humos o gases, que pudieren ocasionar riesgos al tránsito en las rutas provinciales y nacionales, y en vías ferroviarias, sin que se los trate con técnicas que

		impidan estas consecuencias.
Residuos Sólidos Urbanos	Ley N° 13.055.	Se establece el concepto de "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.
	Resolución N°128	Establece las condiciones de localización y diseño de los rellenos sanitarios.
Residuos Patológicos	Ley N° 9.847	Marco regulatorio aplicable en materia de habilitación y fiscalización de establecimientos relacionados con la salud de las personas, recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos patológicos.
Atmósfera Recursos Hídricos Suelo	Ley N° 11.717	Regula la utilización racional de la atmósfera, en función del desarrollo sustentable. Regula la protección, preservación y gestión de los recursos hídricos y la prevención y control de inundaciones y anegamientos. Establece el uso racional y fiscalización de la protección del recurso suelo, en función del desarrollo sustentable
Usos del Suelo.	Ley N° 11.730	Delimita y define el uso de las diversas áreas correspondientes a cauces naturales, artificiales y permanentes, vías de evacuación y áreas de almacenamiento, así como las áreas de riesgo de inundación.
Degradación de suelos	Ley N° 10.552.	Declara de orden público el control y prevención de todo proceso de degradación de los suelos; la recuperación, habilitación y mejoramiento de las tierras para la producción.
Poda	Ley N° 12.212	Prohíbe la extracción y poda del arbolado público. Se exceptúa dicha disposición en el supuesto en que se obstaculice el trazado y realización de obras o la prestación de servicios.
Patrimonio Natural Parques Nacionales y Áreas Protegidas.	Ley N° 12.175	Establece las normas que regirán respecto de las Áreas Naturales Protegidas sujetas a jurisdicción de la Provincia.
Patrimonio Cultural	Ley N° 12.208	Regula la protección y registro del conjunto de los bienes que conforman el acervo cultural de la Provincia de Santa Fe.

<u>Legislación municipal/comunal</u>		
Ceres		
AVU	Ordenanza N° 1357/2014	Tiene por objeto la gestión, regulación y control sobre los aceites vegetales usados (AVU's), comprendiendo la generación, manipulación, recolección, vertido y disposición final de los mismos.
RSU	Ordenanza N° 1657/2020	Regula la recolección y disposición de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Ceres.
Residuos Patológicos	Ordenanza N° 1698/2020	Brinda los lineamientos sobre la generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos patológicos generados en la ciudad.
NFU	Ordenanza N° 1686/2020	Establece como política pública en la ciudad de Ceres, el reciclado, la reutilización, el reprocesamiento y otras formas de valorización y reducción del volumen de los N.F.U. como residuos sólidos, con el objeto de reducir el impacto ambiental y sanitario.
Hersilia		
No posee ordenanzas sobre la temática residuos		
Ambrosetti		
No posee ordenanzas sobre la temática residuos		
Arrufó		
RSU	Ordenanza N° 174/2016	Establece los horarios de sacar a la vía pública residuos sólidos urbanos; verdes; escombros y/o desechos industriales.
Basural	Ordenanza N° 124/2014	Establece la absoluta prohibición del retiro de residuos que se encuentren depositados en el basural comunal, y las multas para quien lo realice.
La Rubia		
No posee ordenanzas sobre la temática residuos		

Durante la ejecución del proyecto y posteriormente la operación del mismo, se debe contemplar toda la normativa ambiental nacional aplicable, así como la normativa provincial y municipal de las jurisdicciones donde se emplazará.

6. Descripción general del proyecto

A continuación se realiza una descripción general del proyecto, diferenciándolo en 5 fases diferentes. Posteriormente, se describirán cada una de ellas por separado, incluyendo una memoria descriptiva y los cálculos necesarios para determinar tanto las dimensiones de las obras, como también la población afectada, la generación de RSU y la logística de recolección, transporte y disposición de los mismos.

6.1. Objetivos y Alcances del proyecto

El objetivo del proyecto es diseñar para las localidades de Ceres, Ambrosetti, Hersilia, La Rubia y Arrufó en la Provincia de Santa Fe, un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos que tenga como eje la construcción y ejecución de un Centro Ambiental y una Estación de Transferencia que puedan brindar a estas localidades un sitio de disposición final y sitios de tratamiento y valorización de las diferentes corrientes de residuos sólidos urbanos.

En este marco se proponen las siguientes 5 fases:

- La construcción de un **Centro Ambiental en Ceres** para la disposición final controlada de RSU. El mismo contará con:
 - Planta de separación y clasificación de residuos secos reciclables con depósito de almacenamiento para estos materiales.
 - Báscula y taller de mantenimiento.
 - Área administrativa.
 - Baños, vestuarios y comedor.
 - Centro de Interpretación.
 - Área de recuperación de NFU.
 - Área de recuperación de áridos y residuos de construcción y demolición.
 - Área de compostaje de residuos de poda.
 - Garita de Control de Ingreso
 - Relleno sanitario con vida útil para 20 años, con planta de tratamiento de lixiviados.

- La construcción de una **Estación de Transferencia en Hersilia**, que almacene provisoriamente los RSU húmedos generados en Hersilia, Arrufó, La Rubia y Ambrosetti que no pueden ser reciclados, para ser luego trasladados al Centro Ambiental de Ceres. La corriente de residuos secos proveniente de la separación en origen en Hersilia, Arrufó, La Rubia y Ambrosetti, será destinada a la planta de separación existente en Hersilia.
- El **cierre técnico y reconversión a punto verde** del actual BCA Municipal de Ceres.
- El fortalecimiento de los **sistemas de recolección** actuales.
- La **difusión de campañas** de concientización, comunicación, educación y promoción ambiental para la separación en origen.

De esta manera se espera conformar un consorcio entre las localidades involucradas en el proyecto, para no solo aprovechar en conjunto de un espacio para una correcta disposición de RSU en relleno sanitario (que por sus dimensiones y tecnología tiene un alto costo para ser asequible para localidades pequeñas), sino también para estimular a la población de estas comunas “chicas” a que comiencen a familiarizarse con las buenas prácticas ambientales en materia de RSU, siguiendo los pasos de gestión de los municipios grandes como Ceres o la comuna de Hersilia.

El Proyecto GIRSU se ha formulado para un horizonte de gestión de 20 años de operación. En el mismo se han identificado los lineamientos, las acciones y las políticas necesarias para lograr el ordenamiento y la mejora de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos generados en las localidades de Hersilia, Arrufó, Ambrosetti, La Rubia y Ceres. Se estima que se tardará 1 año en la etapa de construcción, por lo que el comienzo del año de operación (año 1) será en 2024 y finalizará en el año 2043.

6.2. Localización y alcance de las obras

6.2.1. Centro Ambiental en Ceres

El sitio designado como predio para albergar las instalaciones del nuevo Centro Ambiental (CA) en Ceres, está ubicado sobre la Ruta provincial 34, a unos 4,5 km del centro del municipio. Sus coordenadas son Latitud 29°35'35.091"S y Longitud 61°54'1.126"O, y posee una superficie de 9 ha. El mismo es de titularidad municipal, y se encuentra al lado de la planta

de efluentes cloacales de la localidad. Además, su ubicación alejada del ejido urbano evitará molestias por malos olores en el municipio.



Figura 32: Ubicación del Centro Ambiental en Ceres.

Fuente: Google Earth.

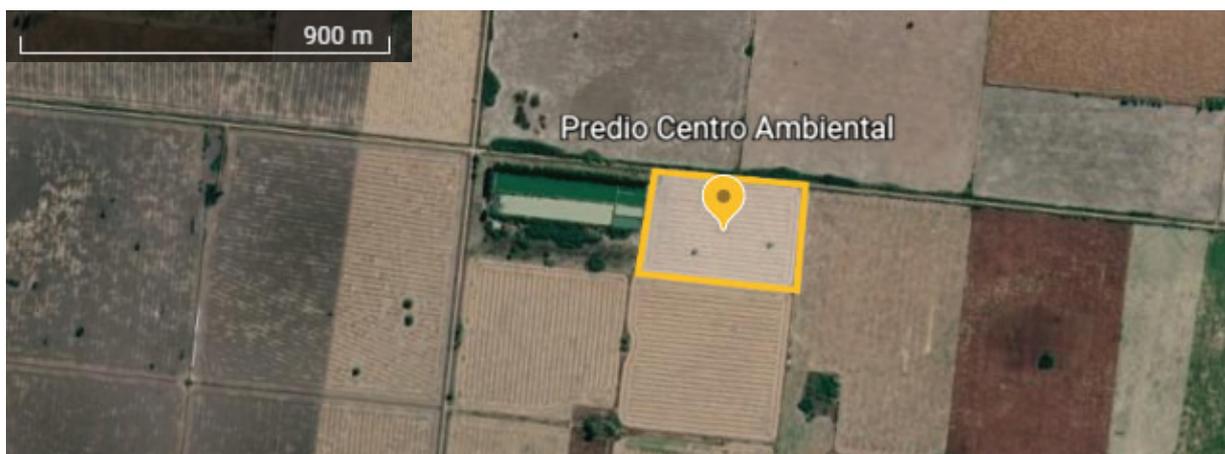


Figura 33: Ubicación del Centro Ambiental en Ceres.

Fuente: Google Earth.

Se analizó la posibilidad de instalar el centro ambiental (que contará con un relleno sanitario) dentro del mismo predio del basural a cerrar. Sin embargo, esta opción se descartó por dos motivos:

- 1) Al tener que cerrar técnicamente primero el basural y luego comenzar la construcción del CA con el relleno sanitario, se eliminaría el único sitio de disposición formal de RSU que tiene el municipio. Además, durante el periodo de construcción del relleno, los recuperadores urbanos que trabajan actualmente en el basural se quedarían sin trabajo.
- 2) Los residuos sólidos dispuestos en el predio hace varios años poseen una baja capacidad de carga, e importantes movimientos de consolidación, por lo que no permiten colocar sobre estos un mayor peso correspondiente a la futura infraestructura de Relleno Sanitario. Esto generaría un proceso de consolidación futura, que dañaría cualquier sistema de impermeabilización de fondo, contaminando aún más las las napas subterráneas. Por lo dicho, tales implantaciones no podrían ser desarrolladas en el predio del actual basural hasta tanto no se lo sanee hidráulicamente, y se permita a los residuos allí dispuestos, su biodegradación y consolidación.
- 3) El predio del actual basural se encuentra más alejado de las demás localidades del proyecto (Arrufó, Hersilia, La Rubia y Ambrosetti), por lo que los camiones recolectores deberían recorrer mayor distancia para llegar al relleno sanitario.

6.2.2. Cierre Técnico y Reconversión del Basural a Cielo Abierto en Ceres

En el marco del proyecto, se realizará el cierre técnico y reconversión del basural a cielo abierto en Ceres, correspondiente al sitio de disposición oficial del municipio. De esta manera, los residuos generados en el municipio - y en las otras localidades del proyecto- serán dispuestos en el relleno sanitario del nuevo Centro Ambiental. La ubicación del basural de Ceres ya fue descrita en el *apartado 4.1.7.*

Se optó únicamente realizar el cierre técnico del este basural, y no los de las demás localidades, debido a que, por un lado, se trata del basural más grande de los cuatro caracterizados, y por el otro, se espera contar con las capacidades de las comunas para que ellas mismas realicen el cierre técnico de sus basurales. Por ejemplo, Hersilia ya tomó la iniciativa de comenzar a ordenar los residuos en el basural y planear cómo será su manejo futuro.

6.2.3. Estación de Transferencia en Hersilia

La Estación de Transferencia en Hersilia estará ubicada en el actual predio del basural, en la parte no impactada del mismo. Cabe aclarar que la misma sólo recibirá la fracción húmeda de las localidades de Arrufó, La Rubia, Ambrosetti y Hersilia, y el rechazo de la planta de separación en Hersilia. A dicha planta serán destinados los residuos de la fracción seca de las localidades previamente mencionadas, aprovechando la infraestructura ya existente.

La estación de transferencia no almacenará la fracción húmeda, para evitar la descomposición de los residuos, sino que la transferencia será directa, tal como se detallará más adelante en el documento. Los residuos húmedos serán recolectados por camiones de mayor porte para ser trasladados hasta el relleno sanitario en Ceres.

6.3. Diagrama Final de la Organización de la GIRSU regional

A continuación se presenta el diagrama de la GIRSU regional contemplada en el proyecto, con el destino de las diferentes corrientes de residuos de todas las localidades involucradas. El circuito completo será descrito y detallado en los próximos capítulos.

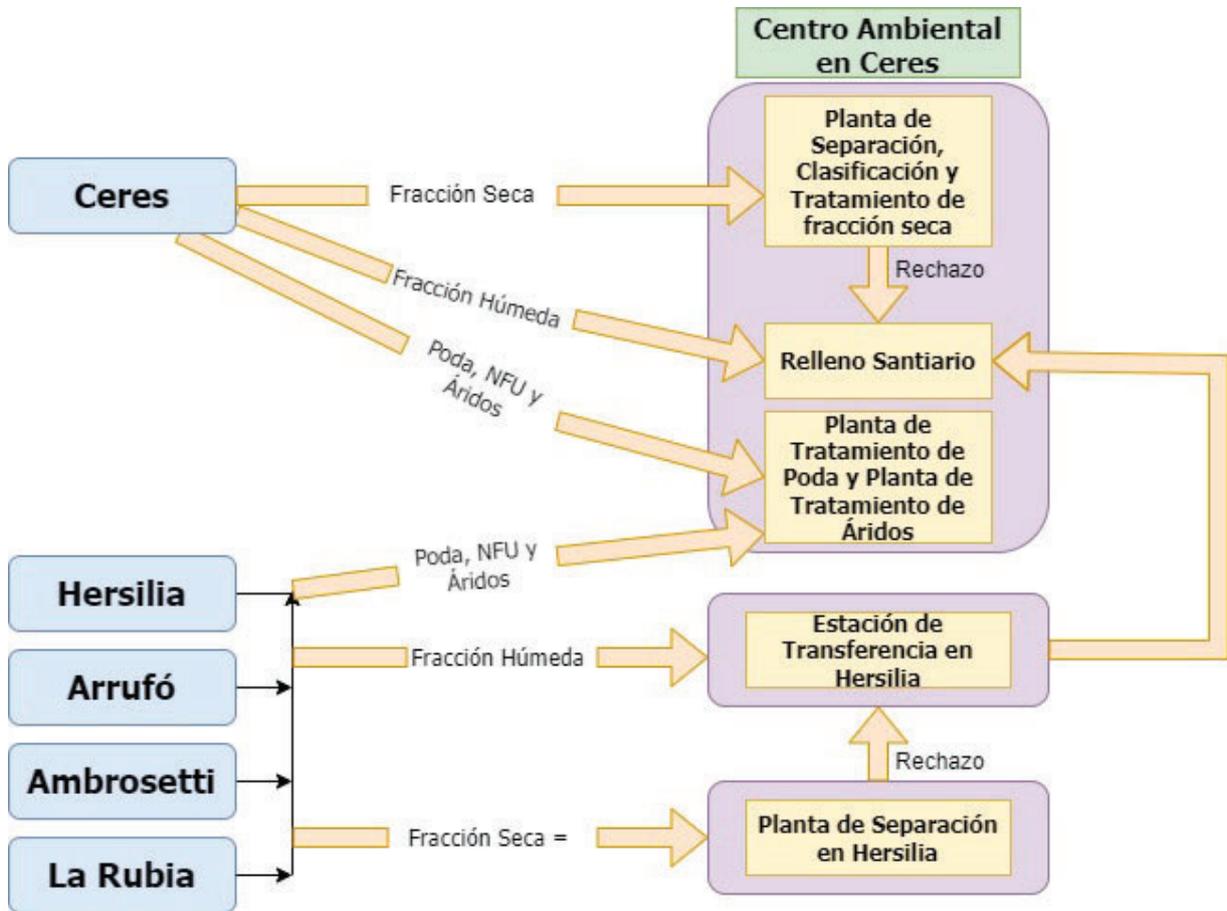


Figura 34: Diagrama de flujo de la GIRSU para 2024.

7. Estudio de la demanda y proyección de la población

Previo a comenzar con el diseño de la propuesta de la GIRSU, es necesario conocer la cantidad de personas que se beneficiarán con el mismo, a fin de dimensionar correctamente los diversos sistemas e instalaciones enmarcadas en el proyecto. Las proyecciones demográficas son herramientas esenciales que permiten planificar mediante modelos matemáticos la cantidad de personas que habitarán en un territorio determinado en años futuros, en base a las tendencias de crecimiento demostradas en censos anteriores.

Los datos de base utilizados para el análisis demográfico en esta evaluación fueron obtenidos en el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INDEC y del Instituto Provincial de Estadísticas y Censos de Santa Fe. Los mismos corresponden a los datos oficiales de los Censos de Población y Vivienda realizados entre 1991 y 2010. El censo realizado en el año 2022 no puede ser utilizado porque no existen aún datos oficiales. A partir del relevamiento de información antedicho se obtuvieron los siguientes datos de población histórica para el departamento de San Cristóbal y las localidades de Ceres, Arrufó, La Rubia, Ambrosetti y Hersilia.

Tabla 10: Población del departamento San Cristóbal en los Censos Nacionales. Período 1991-2010

Departamento San Cristobal				
<i>Censo</i>	<i>Periodo intercensal</i>	<i>Población</i>	<i>%Variación Intercensal</i>	<i>%Tasa media anual</i>
1991	-	63353	-	-
2001	10	64935	2,5	2,47
2010	9	68878	6,07	6,55

Tabla 11: Población de Hersilia en los Censos Nacionales. Período 1991-2010

Hersilia				
<i>Censo</i>	<i>Periodo intercensal</i>	<i>Población</i>	<i>%Variación Intercensal</i>	<i>%Tasa media anual</i>
1991	-	3356		
2001	10	3056	-8,94	-9,36
2010	9	3165	3,57	3,89

Tabla 12: Población de Ceres en los Censos Nacionales. Período 1991-2010

Ceres				
<i>Censo</i>	<i>Periodo intercensal</i>	<i>Población</i>	<i>%Variación Intercensal</i>	<i>%Tasa media anual</i>
1991		13107		
2001	10	13779	5,13	5,00
2010	9	15291	10,97	11,57

Tabla 13: Población de Arrufó en los Censos Nacionales. Período 1991-2010

Arrufó				
<i>Censo</i>	<i>Periodo intercensal</i>	<i>Población</i>	<i>%Variación Intercensal</i>	<i>%Tasa media anual</i>
1991		2105		
2001	10	2190	4,04	3,96
2010	9	2179	-0,50	-0,56

Tabla 14: Población de Ambrosetti en los Censos Nacionales. Período 1991-2010

Ambrosetti				
<i>Censo</i>	<i>Periodo intercensal</i>	<i>Población</i>	<i>%Variación Intercensal</i>	<i>%Tasa media anual</i>
1991	-	1351	-	-
2001	10	1355	0,30	0,30
2010	9	1303	-3,84	-4,35

Tabla 15: Población de La Rubia en los Censos Nacionales. Período 1991-2010

La Rubia				
<i>Censo</i>	<i>Periodo intercensal</i>	<i>Población</i>	<i>%Variación Intercensal</i>	<i>%Tasa media anual</i>
1991	-	617	-	-
2001	10	530	-14,10	-15,20
2010	9	466	-12,08	-14,30

Población de las localidades del proyecto en los Censos Nacionales.

Período 1991-2010

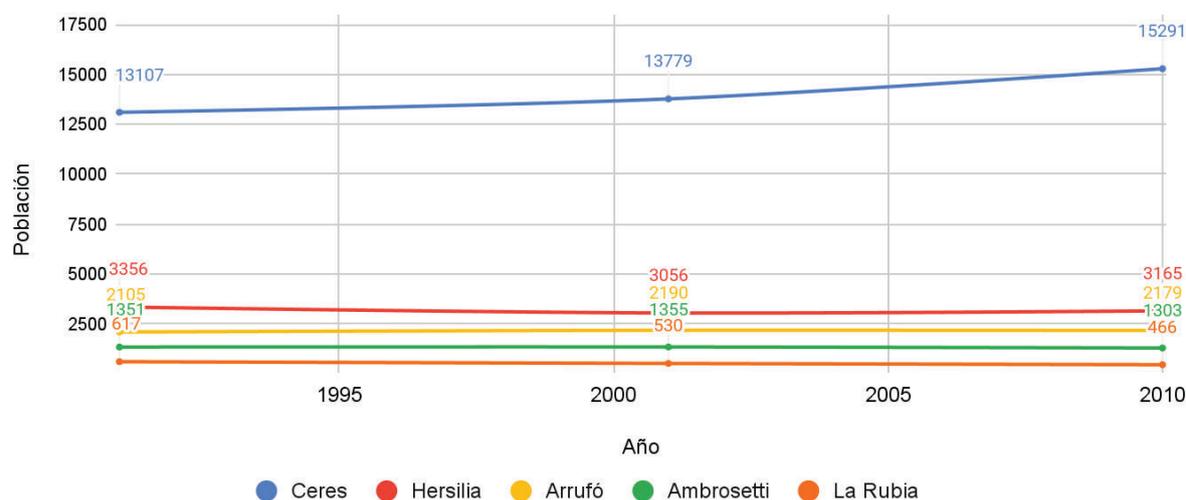


Gráfico 5: Población de las localidades del proyecto según censos nacionales. Período 1991-2010.

7.1. Estudio de proyección de población

Para gestionar y planificar servicios e infraestructuras públicas resulta necesario contar con una aproximación de la población futura que habitará en los territorios de interés. En esta línea, la GIRSU requiere de información asociada a factores de generación de RSU por habitante y una estimación del crecimiento poblacional, para ello se tuvo presente la siguiente información:

- Población estable actual y futura
- Estimación de los factores de generación por habitante actual y futuro
- La consideración de la población turística o estacionaria (que en este caso no se tendrá en cuenta dada la baja actividad turística de las localidades involucradas).

Se puede observar como todas las localidades menos Ceres demostraron un decrecimiento de población en uno o los dos últimos censos. Esto implicará que para el cálculo de proyección de población, se utilicen metodologías diferentes para Ceres que para el resto de las localidades.

El período de diseño considerado para la proyección de la población es el lapso de tiempo que transcurre entre la puesta en servicio de la GIRSU y el momento en que el relleno sanitario llega a su capacidad máxima. En este sentido, las estimaciones aquí desarrolladas se realizan desde el año 2010 (último año con dato), al año 2043, teniendo en cuenta que la construcción del CA y ET comenzaría en el año 2023. Se utilizaron los datos del Censo 2010 del INDEC dado a que los datos del Censo 2022 aún no han sido publicados (hasta el 9/04/2023).

Existen diversidad de métodos para la estimación de poblaciones futuras pero ninguno es 100% preciso, pues siempre existirá un grado de incertidumbre, que puede depender de una variedad de factores, como podría ser el clima y el nivel socioeconómico de la población, entre otros. Esta estimación dependerá en principio del grado de “estabilización” que ha alcanzado, para el momento de realizar la estimación, la comunidad o población en estudio, al igual que de las posibilidades de expansión (áreas de reserva urbana) que tiene el sector estudiado, lo cual podría convertirse en el mediano plazo en fuente de altos procesos migratorios hacia él.

Como Arrufó, Ambrosetti, y Hersilia son localidades pequeñas, mayormente rurales, que no mostraron cambios significativos entre un censo a otro, se optó por utilizar para la proyección de su población el **Método Aritmético**. Este método asume que el cambio poblacional anual es constante, por lo que la tendencia de crecimiento se corresponde con una línea recta, en donde la pendiente es la tasa de crecimiento aritmética del último período intercensal.

Para el cálculo de la pendiente de la recta (r) que representa la tasa de crecimiento aritmético, se utilizó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{P_n - P_0}{Año_n - Año_0} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde P_n corresponde a la población en el Año_n, y P_0 a la población en el Año₀. Para el caso de Hersilia, para calcular r se utilizaron los datos correspondientes a los censos 2001 y 2010 ya que ese periodo mostraba un aumento en la población. Sin embargo, para el caso de Arrufó y Ambrosetti, en este período la población descendió. Por lo tanto, con el fin de no subestimar la generación de RSU y las dimensiones del relleno sanitario por no realizar el

cálculo de un posible crecimiento poblacional en estas localidades, se optó por utilizar los datos censales del período 1991-2001, en donde la población sí mostró un aumento. Por lo tanto, para el caso de Hersilia el Año_n fue 2010 y el Año₀ fue 2001 (con P_n y P₀ las poblaciones de dichos años respectivamente), mientras que para Arrufó y Ambrosetti, se tomó como Año_n = 2001 y Año₀ = 1991.

Luego, para el cálculo de la población año a año se procedió a aplicar la siguiente fórmula:

$$Población_{Año_n} = Población_{Año_1} + r * (Año_n - Año_1) \quad \text{Ec. 2}$$

A continuación se muestran los resultados de la proyección de población desde 2010 hasta el año 2043 para las localidades de Hersilia, Arrufó y Ambrosetti

Tabla 16: Proyección de la Población de Hersilia

<i>Proyección de Población Hersilia 2010-2043 mediante Método Aritmético con r=12,11</i>									
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Población	3165	3177	3189	3201	3213	3226	3238	3250	3262
Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Población	3274	3286	3298	3310	3322	3335	3347	3359	3371
Año	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Población	3383	3395	3407	3419	3431	3444	3456	3468	3480
Año	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043		
Población	3492	3504	3516	3528	3540	3553	3565		

Tabla 17: Proyección de la Población de Arrufó

<i>Proyección de Población Arrufó 2010-2043 mediante Método Aritmético con r=8,5</i>									
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Población	2179	2188	2196	2205	2213	2222	2230	2239	2247
Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Población	2256	2264	2273	2281	2290	2298	2307	2315	2324
Año	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Población	2332	2341	2349	2358	2366	2375	2383	2392	2400
Año	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043		
Población	2409	2417	2426	2434	2443	2451	2460		

Tabla 18: Proyección de la Población de Ambrosetti

<i>Proyección de Población Ambrosetti 2010-2043 mediante Método Aritmético con $r=0,4$</i>									
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Población	1303	1303	1304	1304	1305	1305	1305	1306	1306
Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Población	1307	1307	1307	1308	1308	1309	1309	1309	1310
Año	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Población	1310	1311	1311	1311	1312	1312	1313	1313	1313
Año	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043		
Población	1314	1314	1315	1315	1315	1316	1316		

Para el caso de la comuna de La Rubia, se optó por usar también el método aritmético. Como la población mostró en los dos períodos intercensales analizados un decrecimiento, entonces la tasa de crecimiento de aritmético resultó ser negativa. A continuación se muestran los resultados para la proyección de población de La Rubia:

Tabla 19: Proyección de la Población de La Rubia

<i>Proyección de Población Ambrosetti 2010-2043 mediante Método Aritmético con $r = -7,1$</i>									
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Población	466	459	452	445	438	430	423	416	409
Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Población	402	395	388	381	374	366	359	352	345
Año	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Población	338	331	324	317	310	302	295	288	281
Año	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043		
Población	274	267	260	253	246	238	231		

El caso del municipio de Ceres es un caso particular, ya que demostró un gran crecimiento en el último censo con un % Variación Intercensal igual a 10%, pero en cambio, en el penúltimo esta variación fue sólo del 5%. Se optó en una primera instancia por el **Método Geométrico** de proyección poblacional. Este modelo supone que la población crece a una tasa

constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada tiempo, pero en número absoluto.

Mediante la siguiente fórmula se puede calcular la tasa media anual de variación poblacional (i) según el método geométrico:

$$i_1 = \sqrt[n_1]{\frac{P_2}{P_1}} - 1 \quad \text{Ec. 3}$$

$$i_2 = \sqrt[n_2]{\frac{P_3}{P_2}} - 1 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

i_1 = tasa media anual de variación de la población durante el penúltimo período censal.

i_2 = tasa media anual de variación de la población del último período censal.

P1 = Número de habitantes correspondientes al primer Censo (1991).

P2 = Número de habitantes correspondientes al penúltimo Censo (2001).

P3 = Número de habitantes correspondientes al último Censo (2010).

n1 = número de años del período censal entre el primero y segundo Censo.

n2 = número de años del período censal entre el segundo y el último Censo.

Para definir la tasa con la que se proyectará, según el método de se deben comparar i_1 e i_2 . Si i_2 es mayor a i_1 se toma el promedio de ambas, si no se utiliza i_2 .

Los valores de i_1 e i_2 se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 20: Valores de tasa media anual para el período 1991 y 2001 (i_1) y 2001-2010 (i_2)deben

i_1	i_2	i_{prom}
0,005	0,012	0,008

Como i_2 es mayor a i_1 , se utilizará i_{prom} para el cálculo de la población, mediante la siguiente fórmula:

$$P_n = P_0 * (1 + i_{prom})^n \quad \text{Ec. 5}$$

Sin embargo, estudios demuestran que este método no es adecuado para estimaciones por largos períodos de tiempo como es este caso (33 años) ya que llega un punto en que la población comienza a crecer exponencialmente, como se puede ver a continuación:

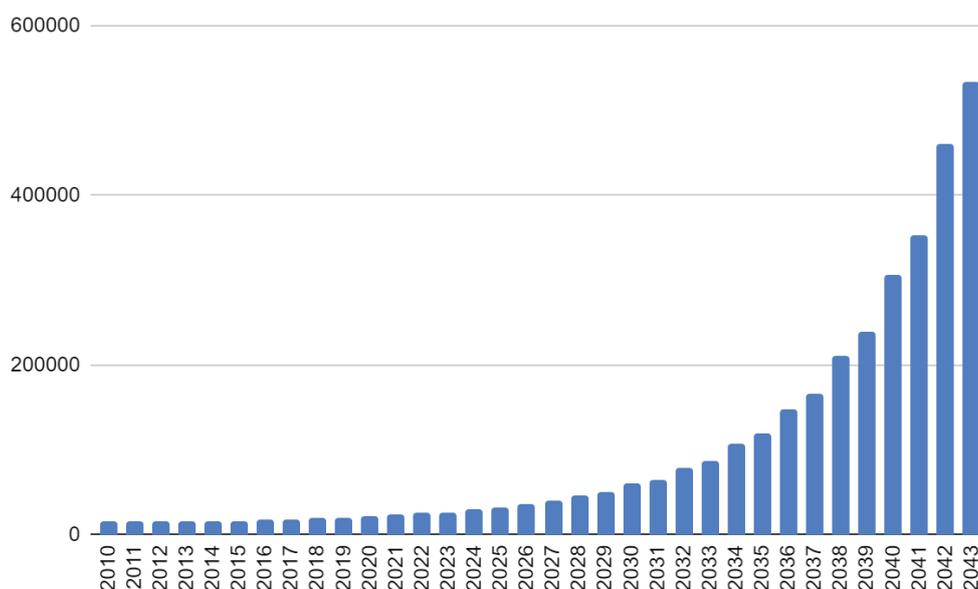


Gráfico 6: Población de Ceres 2010-2043 utilizando el método geométrico

Observando el gráfico, se puede afirmar que el modelo geométrico no servía para una proyección de población de 33 años. Sin embargo, sí se puede utilizar para estimar la población actual, es decir, hasta el año 2022. De esta manera, se optó por utilizar el método geométrico para calcular la población hasta 2022 inclusive, y para los 20 años siguientes se optó por utilizar el método aritmético. En este sentido, se asume que la población tendrá un crecimiento acelerado en los primeros años, y luego se estabilizará, y seguirá creciendo de forma constante.

Tabla 21: Proyección de la población de Ceres

Proyección de Población Ceres 2010-2022 mediante Método Geométrico con $i=0,008$ y 2023-2043 mediante Método Aritmético con $r=168$									
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Población	15291	15418	15558	15770	16302	16673	17524	18086	19326
Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Población	20127	21866	22978	25382	25550	25718	25886	26054	26222

Año	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Población	26390	26558	26726	26894	27062	27230	27398	27566	27734
Año	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043		
Población	27902	28070	28238	28406	28574	28742	28910		

Proyección de Población 2010-2043

Escala Logarítmica

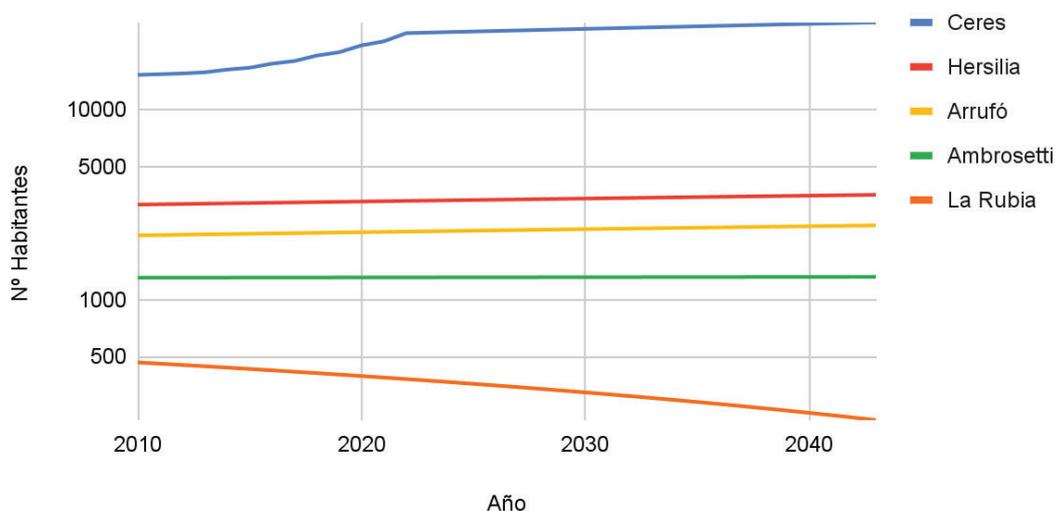


Gráfico 7: Población proyectada para el período 2010-2043 para las localidades de Ceres, Hersilia, Arrufó, Ambrosetti, y La Rubia en escala logarítmica.

7.2. Estudio de la generación

7.2.1. Generación de RSU (húmedos + secos)

A partir de las curvas de comportamiento de la población a lo largo de los veinte años contemplados como período del Proyecto, y considerando la información relevada en el capítulo de diagnóstico de la situación actual de la gestión de RSU en cada localidad, se pudo estimar los tonelajes de generación de RSU que se deben considerar para el diseño del proyecto.

El modelo de proyección se basa en estimar el flujo de residuos desde la generación misma en los hogares, hasta su disposición final. El análisis se realiza para el período comprendido entre el inicio de las operaciones (2024 inclusive) y el año final del horizonte de

diseño a 20 años (2043 inclusive). El análisis parte del dato de la generación por habitante por día, o PPC. Para determinar esta, se recurrió a fuentes de información secundarias como el INDEC o la página web oficial del Gobierno de la Provincia de Santa Fe.

Según reporta el Gobierno de la Provincia de Santa Fe, para el año 2010 la generación per cápita promedio de RSU de la provincia fue 1,006 kg/hab/día, con una tasa de crecimiento anual superior al 0,6%. Sin embargo, la PPC cambia dependiendo del departamento: para el caso de San Cristóbal, la PPC estimada para el año 2010 fue de 0,716kg/hab/día (INDEC, 2010).

Por otro lado, surge del *capítulo 4* de este documento, “*Diagnóstico Actual de la Gestión Residuos Sólidos Urbanos*” que el municipio de Ceres en particular estima una PPC de 1,05 kg/hab/día para el año 2020. Dado que la PPC obtenida de fuentes secundarias corresponde al año 2010, para que sea comparable con el valor brindado por el municipio para 2022, se procede a realizar una proyección del valor del INDEC, considerando un aumento del 0,6% anual.

Tabla 22: Generación per cápita proyectada a partir del dato de 2010, para las localidades del proyecto.

PPC proyectada desde 2010 hasta 2022							
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PPC (kg/hab/día)	0,716	0,720	0,725	0,729	0,733	0,738	0,742
Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
PPC (kg/hab/día)	0,747	0,751	0,756	0,760	0,765	0,769	

En la **Tabla 22** se puede observar cómo el valor de la PPC proyectada para el año 2022 es igual a 0,769 kg/hab/día. Este valor ahora sí puede compararse con el valor brindado por el municipio de Ceres. Cómo los valores son diferentes, se decidió adoptar un promedio. Cabe aclarar que si bien sólo se cuentan con datos para el municipio de Ceres, se asume que la PPC será igual en todas las localidades del proyecto, dada las características socioeconómicas similares que poseen. Por lo tanto, la PPC que se utilizará para el cálculo de proyección de la generación de RSU será:

$$PPC = \frac{PPC_1 + PPC_2}{2} \quad \text{Ec. 6}$$

$$PPC = \frac{(0,769 + 1,05) \text{ kg/hab/día}}{2} = 0,91 \text{ kg/hab/día}$$

Por otro lado, como no se cuenta con ningún otro dato del % de aumento de la PPC anual que no sea el 0,6% de aumento estimado por el INDEC, se utilizará este valor para los cálculos. Este valor se corresponde además con el intervalo que se suele usar en modelos de estimación de la PPC, 0,5%-1%. De este modo se pudo determinar la generación per cápita correspondiente a cada año del proyecto, junto con las toneladas anuales y diarias de generación de RSU para los municipios de Ceres, Hersilia, Arrufó, La Rubia y Ambrosetti. A modo de resumen, se presentan los datos obtenidos para las 4 localidades por separado y en total, para los años 2024, 2028, 2033, 2038 y 2043. Las tablas completas se presentan en el **Anexo 1**.

Tabla 23: Proyección de la generación de RSU para el período 2024-2043

Localidad	Año	Población	PPC	t/día	t/anual
Ceres	2024	25718	0,92	23,68	8644,92
	2028	26390	0,94	24,89	9085,63
	2033	27230	0,97	26,46	9659,47
	2038	28070	1,00	28,11	10259,79
	2043	28910	1,03	29,83	10887,65
Hersilia	2024	3335	0,92	3,07	1120,90
	2028	3383	0,94	3,19	1164,73
	2033	3444	0,97	3,35	1221,57
	2038	3504	1,00	3,51	1280,80
	2043	3565	1,03	3,68	1342,49
Arufó	2024	2298	0,92	2,12	772,47
	2028	2332	0,94	2,20	802,88
	2033	2375	0,97	2,31	842,33
	2038	2417	1,00	2,42	883,44
	2043	2460	1,03	2,54	926,27
Ambrosetti	2024	1309	0,92	1,21	439,88
	2028	1310	0,94	1,24	451,09
	2033	1312	0,97	1,28	465,49
	2038	1314	1,00	1,32	480,36
	2043	1316	1,03	1,36	495,69
La Rubia	2024	366	0,92	0,34	123,18
	2028	338	0,94	0,32	116,37
	2033	302	0,97	0,29	107,29

	2038	267	1,00	0,27	97,55
	2043	231	1,03	0,24	87,12
Total	2024	33025	0,92	30,41	11101,35
	2028	33753	0,94	31,84	11620,69
	2033	34662	0,97	33,69	12296,16
	2038	35572	1,00	35,62	13001,93
	2043	36481	1,03	37,64	13739,23

7.2.2. Generación de residuos secos (reciclables)

Mediante la estimación anterior, también es posible calcular la cantidad de residuos recuperados que no irán a disposición final, sino a los diversos sectores de tratamiento, asumiendo un % de separación en origen. Si bien no se ha realizado ningún estudio de caracterización de residuos formal en estas localidades, el estudio realizado en Hersilia puede ser utilizado para estimar un porcentaje de materiales que podrían ser revalorizados, recuperados o tratados. Este estudio muestra que con una correcta separación en origen, un 29% de los materiales podrían no ser enviados a disposición final. Entre estos materiales se encuentran el papel, cartón, plástico, metales y vidrio.

Este porcentaje es un número elevado sobre todo para Arrufó y Ambrosetti que no realizan ningún tipo de separación ni recolección diferenciada. Por lo tanto, se planteará en el marco de este proyecto, un porcentaje de recuperación progresiva creciente en el tiempo, el cual se estima que alcanzará un 30% a partir del año 2028, comenzando por un promedio de 10% de recuperación, aumentando 5% cada año, acompañado con un proceso de promoción y comunicación que incentive a la comunidad a realizar correctamente la separación en origen. De esta manera, se puede calcular de manera cuantitativa la cantidad de residuos que serán dispuestos en el relleno sanitario, y la cantidad que irá a las plantas de clasificación y recuperación. Cabe aclarar que los materiales que se recibirán y tratarán en el Centro Ambiental y Estación de transferencia serán: Poda, Áridos, Papel, Cartón, Plásticos, Metales, Vidrio y NFU, pero para los cálculos, no se tuvo en cuenta la cantidad de áridos y poda a tratar, dado que pertenecen a un circuito de recolección aparte. Las tablas completas se encuentran en el **Anexo 2**.

Tabla 24: Proyección de la cantidad de residuos recuperados y a disponer en RS para el período 2024-2043

Localidad	Año	t recuperadas/día	t recuperadas/año	t a disponer en RS/día	t a disponer en RS/año
Ceres	2024	2,37	864,49	21,32	7780,43
	2028	7,47	2725,69	17,42	6359,94
	2033	7,94	2897,84	18,53	6761,63
	2038	8,43	3077,94	19,68	7181,85
	2043	8,95	3266,29	20,88	7621,35
Hersilia	2024	0,31	112,09	2,76	1008,81
	2028	0,96	349,42	2,23	815,31
	2033	1,00	366,47	2,34	855,10
	2038	1,05	384,24	2,46	896,56
	2043	1,10	402,75	2,57	939,74
Arrufó	2024	0,21	77,25	1,90	695,22
	2028	0,66	240,86	1,54	562,02
	2033	0,69	252,70	1,62	589,63
	2038	0,73	265,03	1,69	618,41
	2043	0,76	277,88	1,78	648,39
Ambrosetti	2024	0,12	43,99	1,08	395,89
	2028	0,37	135,33	0,87	315,76
	2033	0,38	139,65	0,89	325,84
	2038	0,39	144,11	0,92	336,25
	2043	0,41	148,71	0,95	346,99
La Rubia	2024	0,03	12,32	0,30	110,86
	2028	0,10	34,91	0,22	81,46
	2033	0,09	32,19	0,21	75,10
	2038	0,08	29,27	0,19	68,29
	2043	0,07	26,14	0,17	60,99
Total	2024	3,04	1110,14	27,37	9991,22
	2028	9,55	3486,21	22,29	8134,49
	2033	10,11	3688,85	23,58	8607,31
	2038	10,69	3900,58	24,94	9101,35
	2043	11,29	4121,77	26,35	9617,46

Toneladas anuales enviadas a relleno sanitario por localidad

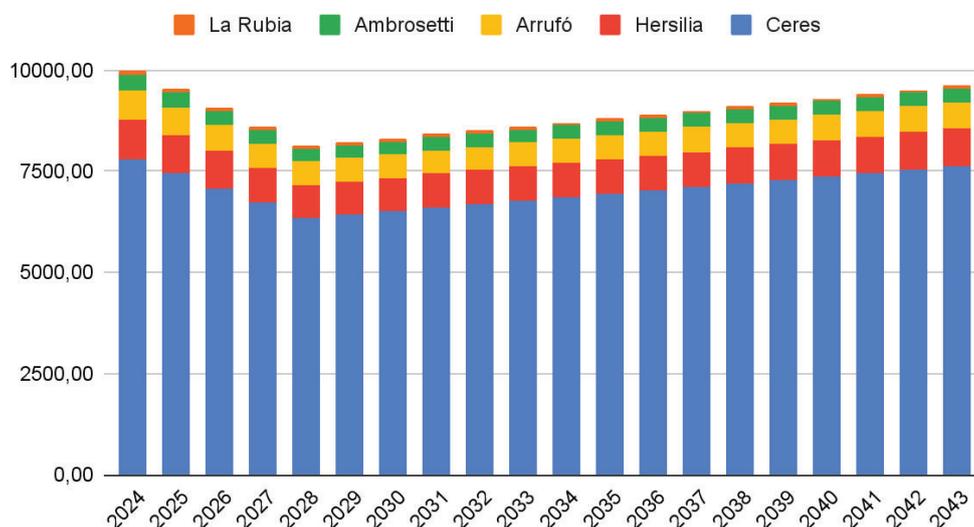


Gráfico 8: Toneladas enviadas a disposición final por año para las localidades de Ceres, Ambrosetti, Hersilia, La Rubia y Arrufó.

Se puede observar en el **Gráfico 8** cómo las toneladas anuales enviadas a relleno sanitario en Ceres comienzan en un máximo para el año 2023, y disminuyen hasta el año 2028. Luego, a partir del año 2029, el tonelaje comienza a aumentar pero nunca alcanza el máximo correspondiente al año 1 del proyecto. Este comportamiento se debe a que se espera que el porcentaje de recuperación aumente progresivamente año a año, aunque también se espera que la producción per cápita de residuos también lo haga, ya que es la tendencia que demuestra la sociedad gracias a los hábitos de consumo.

En el **Gráfico 9** se muestra como las toneladas de residuos recuperados en el Centro Ambiental y en la Planta de Tratamiento de Hersilia irán aumentando con los años, primero con una pendiente elevada, y a partir del año 2028 la pendiente disminuye.

Toneladas recuperadas por año

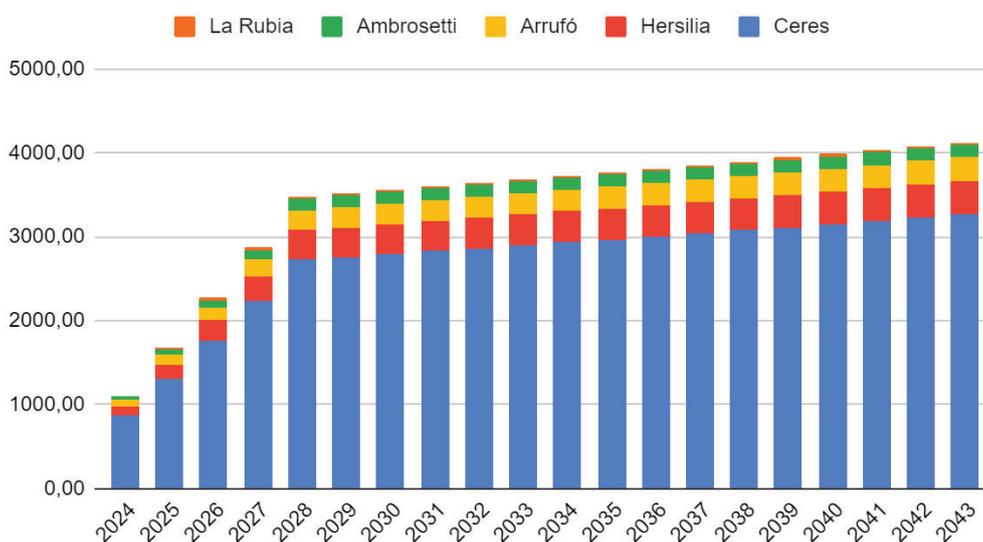


Gráfico 9: Toneladas de materiales reciclables por año a ser tratadas en el Centro Ambiental y la Planta de Tratamiento para las localidades de Ceres, Ambrosetti, Hersilia, La Rubia y Arrufó.

Mediante el estudio de caracterización de Hersilia, es posible diferenciar la cantidad de materiales recuperados secos, según su corriente. Este estudio, si bien se realizó únicamente en Hersilia, se lo puede utilizar como estimativo para las demás localidades, dadas las similitudes socioeconómicas entre ellas. Se estima, por lo tanto, que según el estudio de caracterización, el 35% de los residuos recuperados corresponde a papel y cartón (10% del total de RSU generados), el 58% corresponde a plásticos (17% del total de RSU), el 5% son metales (el 2% del total de RSU) y el 2% son vidrios (0,4% del total de RSU). Según el informe de estadísticas globales de plásticos 2021 de PlasticsEurope, el 7% de los plásticos generados son del tipo PET (tereftalato de polietileno, por lo que se estimará que del 58% estimado para el plástico, el 12% es PET (7% del 100%) y el 46% restante corresponde a otros plásticos. A continuación se muestran los valores calculados para cada corriente de residuo seco recuperado, diferenciados entre las toneladas que entrarán al CA (provenientes de Ceres) y las que irán a la Planta de Separación en Hersilia (provenientes de Hersilia, Arrufó, Ambrosetti y La Rubia):

Tabla 25: Toneladas de materiales reciclables que entrarán por año y en total al Centro Ambiental en Ceres, provenientes de la localidad de Ceres.

Toneladas de residuos secos recuperables que entrarán al centro ambiental en Ceres							
Año	% recuperado	tn recuperadas/año	Tn Papel y Cartón (35%)	Tn PET (12%)	Tn Plásticos (46%)	Tn Metales (5%)	Tn Vidrio (2%)
2024	10%	864,49	302,57	103,74	397,67	43,22	17,29
2025	15%	1313,04	459,56	157,56	604,00	65,65	26,26
2026	20%	1772,65	620,43	212,72	815,42	88,63	35,45
2027	25%	2243,49	785,22	269,22	1032,00	112,17	44,87
2028	30%	2725,69	953,99	327,08	1253,82	136,28	54,51
2029	30%	2759,50	965,82	331,14	1269,37	137,97	55,19
2030	30%	2793,62	977,77	335,23	1285,06	139,68	55,87
2031	30%	2828,05	989,82	339,37	1300,90	141,40	56,56
2032	30%	2862,79	1001,98	343,53	1316,88	143,14	57,26
2033	30%	2897,84	1014,24	347,74	1333,01	144,89	57,96
2034	30%	2933,22	1026,63	351,99	1349,28	146,66	58,66
2035	30%	2968,91	1039,12	356,27	1365,70	148,45	59,38
2036	30%	3004,93	1051,72	360,59	1382,27	150,25	60,10
2037	30%	3041,27	1064,44	364,95	1398,98	152,06	60,83
2038	30%	3077,94	1077,28	369,35	1415,85	153,90	61,56
2039	30%	3114,94	1090,23	373,79	1432,87	155,75	62,30
2040	30%	3152,27	1103,29	378,27	1450,04	157,61	63,05
2041	30%	3189,94	1116,48	382,79	1467,37	159,50	63,80
2042	30%	3227,95	1129,78	387,35	1484,86	161,40	64,56
2043	30%	3266,29	1143,20	391,96	1502,50	163,31	65,33
Total por corriente			18913,58	6484,65	24857,84	2701,94	1080,78

Tabla 26: Toneladas de materiales reciclables que entrarán por año y en total a la Planta de Separación en Hersilia, provenientes de las localidades de Arrufó, Ambrosetti, La Rubia y Hersilia.

Toneladas de residuos secos recuperables que entrarán a la Planta de Separación en Hersilia							
Año	% recuperado	tn recuperadas/año	Tn Papel y Cartón (35%)	Tn Pet (12%)	Tn Plásticos (46%)	Tn Metales (5%)	Tn Vidrio (2%)
2024	10%	245,64	85,98	29,48	113,00	5,65	4,91

2025	15%	371,38	129,98	44,57	170,84	8,54	7,43
2026	20%	499,09	174,68	59,89	229,58	11,48	9,98
2027	25%	628,80	220,08	75,46	289,25	14,46	12,58
2028	30%	760,52	266,18	91,26	349,84	17,49	15,21
2029	30%	766,53	268,28	91,98	352,60	17,63	15,33
2030	30%	772,58	270,40	92,71	355,39	17,77	15,45
2031	30%	778,68	272,54	93,44	358,19	17,91	15,57
2032	30%	784,82	274,69	94,18	361,02	18,05	15,70
2033	30%	791,01	276,85	94,92	363,86	18,19	15,82
2034	30%	797,24	279,03	95,67	366,73	18,34	15,94
2035	30%	803,52	281,23	96,42	369,62	18,48	16,07
2036	30%	809,85	283,45	97,18	372,53	18,63	16,20
2037	30%	816,22	285,68	97,95	375,46	18,77	16,32
2038	30%	822,64	287,93	98,72	378,42	18,92	16,45
2039	30%	829,11	290,19	99,49	381,39	19,07	16,58
2040	30%	835,63	292,47	100,28	384,39	19,22	16,71
2041	30%	842,20	294,77	101,06	387,41	19,37	16,84
2042	30%	848,81	297,08	101,86	390,45	19,52	16,98
2043	30%	855,47	299,42	102,66	393,52	19,68	17,11
Total por corriente			5130,91	1759,17	6743,48	337,17	293,19

7.2.3. Generación Residuos de Poda

En cuanto a la cantidad de residuos verdes, también llamados residuos de poda y de jardinería, se cuenta con la tasa de su generación en la localidad de Ceres, de 0,38 kg/hab/día. Al igual que con los residuos recuperables secos, se utilizará este dato para calcular la cantidad generada de este tipo de residuo en todas las localidades involucradas en el proyecto. Como será explicado más adelante en el documento, todo residuo verde que se genere en cualquiera de estas localidades tendrá como destino el Centro Ambiental en Ceres, donde será compostado. A continuación se muestra la cantidad de residuos verdes a generarse en los 20 años del proyecto, en todas las localidades:

Tabla 27: Toneladas de residuos verdes provenientes de las localidades de Ceres Arrufó, Ambrosetti, La Rubia y Hersilia que ingresarán al Centro Ambiental para ser compostadas.

Año	Población	tn generadas/día	tn generadas/año
2024	32659	12,41	4529,77
2025	32848	12,48	4555,99
2026	33037	12,55	4582,20
2027	33226	12,63	4608,42
2028	33415	12,70	4634,63
2029	33604	12,77	4660,85
2030	33793	12,84	4687,07
2031	33982	12,91	4713,28
2032	34171	12,98	4739,50
2033	34360	13,06	4765,71
2034	34549	13,13	4791,93
2035	34738	13,20	4818,15
2036	34927	13,27	4844,36
2037	35116	13,34	4870,58
2038	35305	13,42	4896,79
2039	35494	13,49	4923,01
2040	35683	13,56	4949,22
2041	35872	13,63	4975,44
2042	36061	13,70	5001,66
2043	36250	13,77	5027,87
Total generado en 20 años			95576,43

7.2.4. Generación NFU

La generación de NFU en las localidades del proyecto se estimó a través del dato de generación total de NFU en Argentina. Si bien no es el dato ideal, no se encontró bibliografía correspondiente a la generación de NFU en Santa Fe, y menos en las localidades del proyecto. A partir de este dato, conociendo el peso y el volumen promedio de los neumáticos, es posible calcular la cantidad de neumáticos que se generarán por día, semana y año en las localidades del proyecto, lo que permitirá dimensionar posteriormente las instalaciones para el tratamiento de estos residuos. Se tomó un valor de producción anual de NFU en el país de 135.000

toneladas, según Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Desarrollo Social (“Residuos”, 2022). Con el valor de población publicado por el INDEC por el Censo Nacional de 2022, y la estimación de la población del capítulo anterior, se pudieron obtener los siguientes resultados:

Tabla 28: Estimación de la producción per cápita anual de NFU.

Neumáticos		
Producción en toneladas de NFU estimada en el país	135000	ton/año
Producción de NFU estimada en el país	20769231	un/año
Peso promedio NFU	6,5	kg
Producción de NFU por persona estimada	0,45	un/año

Dado a que no se sabe la tasa de aumento en la PPC de NFU, se tomará constante para los 20 años de proyecto. A continuación, se muestran las cantidades de neumáticos fuera de uso a ingresar por año al CA para ser tratados:

Tabla 29: Generación de NFU por día y por semana en las localidades del proyecto.

Año	Población	Unidades NFU/año	Unidades/día	Unidades NFU/semana
2024	32659	14696	40	282
2025	32848	14781	40	283
2026	33037	14867	41	285
2027	33226	14952	41	287
2028	33415	15037	41	288
2029	33604	15122	41	290
2030	33793	15207	42	292
2031	33982	15292	42	293
2032	34171	15377	42	295
2033	34360	15462	42	297
2034	34549	15547	43	298
2035	34738	15632	43	300
2036	34927	15717	43	301
2037	35116	15802	43	303
2038	35305	15887	44	305
2039	35494	15972	44	306
2040	35683	16057	44	308

2041	35872	16142	44	310
2042	36061	16227	44	311
2043	36250	16312	45	313

7.2.5. Generación Residuos Áridos

Al igual que para los NFU, no se encontraron datos de generación de áridos para las localidades involucradas, ni tampoco para la provincia de Santa Fe. En consecuencia, el dato que se utilizará para estimar la generación anual de residuos áridos será la estimada por Pacheco Bustoc, C. et.al (2016), quienes estiman que la generación de RCD por día por persona se encuentra en un rango de 0,5-2kg. Dadas las características socioeconómicas de las localidades del proyecto, se optó por el valor intermedio, es decir, una PPC de áridos de 1,25kg/hab/día. Mediante este dato, se pudo calcular la generación de residuos áridos por año, por semana y por día:

Tabla 30: Estimación de la producción per cápita anual de NFU.

Año	Población	tn áridos /año	tn áridos/día	tn áridos/ semana
2024	32659	14901	40,82	285,76
2025	32848	14987	41,06	287,42
2026	33037	15073	41,30	289,07
2027	33226	15159	41,53	290,73
2028	33415	15246	41,77	292,38
2029	33604	15332	42,00	294,03
2030	33793	15418	42,24	295,69
2031	33982	15504	42,48	297,34
2032	34171	15590	42,71	298,99
2033	34360	15677	42,95	300,65
2034	34549	15763	43,19	302,30
2035	34738	15849	43,42	303,96
2036	34927	15935	43,66	305,61
2037	35116	16022	43,89	307,26
2038	35305	16108	44,13	308,92
2039	35494	16194	44,37	310,57
2040	35683	16280	44,60	312,23

2041	35872	16367	44,84	313,88
2042	36061	16453	45,08	315,53
2043	36250	16539	45,31	317,19

8. Centro Ambiental en Ceres

El Centro Ambiental estará dividido en dos sectores:

- 1) Sector 1: La edificación en donde estará implantada la planta de separación y clasificación, los diferentes sectores para el tratamiento de áridos, poda y neumáticos fuera de uso; junto con las instalaciones auxiliares como báscula, oficinas, baños y comedor.
- 2) Sector 2: El sector de relleno sanitario, en donde ingresarán los residuos húmedos provenientes de la separación en origen en Ceres y los residuos húmedos provenientes de la Estación de Transferencia de Hersilia, que son los generados en las localidades de Arrufó, Hersilia, La Rubia y Ambrosetti.

El Centro ambiental de Ceres será implantado según el siguiente esquema:



Figura 35: Esquema general del Centro Ambiental.

A continuación se describe el sector número 1, diferenciando las diversas áreas, con sus funciones, maquinaria, capacidad de tratamiento, personal necesario, etc. Luego, se realizará un análisis de alternativas de tecnologías diferentes para el relleno sanitario, y en base a la alternativa elegida, se procederá a describirla en detalle.

8.1 Edificación Sector 1: Tratamiento de la Corriente Seca de Residuos e Instalaciones Auxiliares

Las instalaciones del Sector 1 del Centro Ambiental que se prevén materializar son:

- 1) Planta de Separación y Clasificación de Residuos Secos previamente separados en origen.
- 2) Área administrativa y Centro de Interpretación Ambiental: Se prevé la disposición de espacios para desarrollar actividades de sensibilización y difusión comunitaria. Se dispondrá un salón de usos múltiples para la educación ambiental, oficinas administrativas destinadas al personal de la planta y sanitarios.
- 3) Garita de Control de Ingreso. Incluirá la oficina de control y la báscula de pesaje de camiones para verificar la composición y registrar el peso de residuos ingresados desde Ceres, Hersilia, La Rubia, Arrufó y Ambrosetti.
- 4) Baños, Vestuarios, Comedor y Cocina para el personal del CA.
- 5) Sector de Tratamiento de Restos de Poda y Nave de Compostaje.
- 6) Sector de Tratamiento de Áridos y Restos de Construcción
- 7) Planta de Tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso.
- 8) Depósito y Taller de Mantenimiento de Camiones y Maquinaria.

A continuación se describe en detalle cada sector:

8.1.1. Planta de Separación y Clasificación de los Residuos Secos

Se destinará un sector del Centro Ambiental para la recepción de los materiales secos potencialmente reciclables, provenientes de la recolección diferenciada puerta a puerta en Ceres, de los puntos limpios existentes o a instalarse en esta localidad, o de los grandes generadores que tendrán la obligación de separarlos en origen y entregarlos en estas instalaciones. En este sector se clasificarán los siguientes materiales: Papel, Cartón, Vidrio, Plástico (PEAD, PVC, PEBD, PP, PS), PET y Aluminio. El sector dispondrá de un galpón industrial cerrado, complementado con un sector de carga y descarga y playa de maniobras. Además, se complementará con un galpón de recuperados ya clasificados, y con baños.

El sector contará con un área de recepción, en donde ingresarán los camiones y se descargará su contenido en la tolva de alimentación de una cinta de clasificación que se

encontrará en el interior del galpón, mediante la ayuda de una pala mini cargadora. La idea es que los residuos secos que ingresen a la planta no permanezcan mucho tiempo en el sector de descarga, sino que rápidamente se comience con el proceso de separación y clasificación. Se tomó una altura máxima de 3 metros para los materiales acopiados, una pendiente natural de 45° para el talud de los mismos y un ancho de 5,4 metros sin columnas en el sector para permitir una adecuada maniobrabilidad a los vehículos. Así, considerando la acumulación de materiales con forma semejante a una pirámide truncada, con las especificaciones mencionadas, resultó que el espacio necesario de almacenaje en la playa de descarga es de 82,9 m² (15,2 m x 5,4 m). A esto debe sumarse dos pasillos para circulación y maniobras de vehículos de 55 m² (5,4 m x 10,1 m) cada uno, lo que permite el ingreso del camión de forma recta, dejando un pasillo de 2m a cada lado del mismo. Cabe destacar que los vehículos con carga ingresarán marcha atrás por el playón de maniobras, y depositarán los residuos en la playa de descarga, y desde ahí, con pala minicargadora, serán cargados en la tolva de alimentación, de 4,15m de largo y 3m de ancho, ocupando un área de 12,45m². Todas las maniobras que realice el camión serán controladas y dirigidas por el personal de la planta, quien indicará al conductor mediante señales preestablecidas las maniobras a realizar.

Desde la tolva, se cargará el residuo a una cinta elevadora de 40° de inclinación, 1m de ancho y de 5,2m de largo, la cual alimentará a una cinta transportadora elevada de separación y clasificación de residuos de 18 metros de longitud y 1 metro de ancho (18 m²), donde trabajarán un máximo de 6 operarios, realizando la separación manual de estos materiales. Cada operario se encargará de la recolección manual de una sóla de las corrientes. Esta cinta de clasificación estará montada sobre una estructura metálica elevada de 3,5 metros de ancho, 18 metros de largo y 2,5 metros de altura (157,5 m³). Al comienzo de la cinta se encontrará una máquina desgarradora de bolsas compuesta por cuchillas, que se encarga de la apertura y dispersión primaria de su contenido sobre la cinta de clasificación, para facilitar a los operarios la tarea de selección manual.



Foto 24: Ejemplo Cinta de Clasificación

Fuente: Modelo Di3r

La corriente de rechazo no será quitada de la cinta de clasificación y continuará hacia una cinta transportadora de salida con pendiente negativa de 60° , de 1m de ancho y 8 m de largo, que transporta a los residuos a un contenedor móvil roll off ubicado sobre el nivel del piso, y que acercará los residuos a camiones ubicados en la playa de maniobras, para su posterior transporte y disposición final en el relleno sanitario. Sin embargo, se espera que a partir de las campañas de comunicación y promoción a realizarse en el marco del proyecto, la corriente de rechazo sea despreciable. Además, el material al provenir de una separación diferenciada, no debería contener restos de comida ni de líquidos que puedan deteriorarlo.

Debajo de la plataforma elevada, se contarán con contenedores móviles de $1,1\text{m}^3$, que serán utilizados para el movimiento interno de los materiales recuperados (cada contenedor para una corriente de material distinto), y para su traslado a una prensa enfardadora vertical u horizontal, para producir fardos de hasta 250 kg. Las dimensiones de los fardos serán de 1,2m de largo, 1m de ancho y 0,8 de altura. Los fardos serán pesados con una balanza electrónica y acopiados en el galpón de recuperados para su posterior venta. Para las tareas de prensado, movimiento de contenedores y fardos, su pesaje, y el uso de la pala minicargadora para las distintas tareas, se estiman 4 personas. El espacio destinado a la instalación y uso de las prensas enfardadoras verticales será de aproximadamente 48m^2 , teniendo en cuenta tres prensas de $2,2\text{m} \times 1,7\text{m}$ cada una y separación de 1 metro entre prensas. Para el sector de prensas horizontales, se calculó un área de 48m^2 ($6\text{m} \times 8\text{m}$) teniendo en cuenta dos prensas de 4m de largo \times 1,3m de ancho, y una separación entre ellas de 3m y 1m al costado de cada una.



Foto 25: Ejemplo de Prensa Enfardadora Vertical

Fuente: Mercado Libre

Para el caso de los vidrios, la gestión de tratamiento y comercialización final de este material, consiste en procesar el material de vidrio, mayormente botellas, a través de la utilización de un equipo moedor de vidrios. El producto final por sus características será acopiado en contenedores abiertos tipo roll off de 30 m3 de capacidad para su posterior transporte y comercialización. El espacio destinado a este equipo será de 6,4m2 (3,5m X 1,85m), dadas las características de este equipo (3,5m de largo X 1,8m de ancho), sumados los 30m3 que ocupa el contenedor roll off.



Foto 26: Ejemplo de Equipo Moedor de Vidrios

Fuente: Lippel.com

Se estima un ingreso diario a la planta de clasificación de casi 18 tn/día para el año 2043 (teniendo en cuenta una acumulación de 2 días), por lo que si se trabaja en un turno de 8 horas, se podrán procesar hasta 2,25 tn/hora. Para alcanzar este volumen de separación y clasificación, se irá ajustando la velocidad de la cinta.

En relación a los espacios necesarios para acopio de fardos, en la **Tabla 31** siguiente se calcula las necesidades de acopio de:

- Fardos de papeles
- Fardos de cartones
- Fardos de plásticos en general
- Fardos de PET en particular
- Fardos de metales (aluminio)

El cálculo se basa en las dimensiones y propiedades típicas de los fardos, y en la producción promedio estimada de cada producto a partir de los análisis de caracterización de residuos. La distribución de los acopios se muestra, para cada producto, en el lay-out correspondiente a la Planta de Clasificación que se incluye en el **Anexo “planos”**. Este sector de acopio de los fardos fue diseñado en base a la cantidad de fardos a producirse por semana, que depende de la generación de las diferentes corrientes de residuos secos, según lo estimado en el **capítulo 7.2.2.**:

Tabla 31: Dimensionamiento del sector de acopio de fardos.

Dimensionamiento	Fardos de papel	Fardos de cartón	Fardos de plásticos	Fardos de PET	Fardos de aluminio
Largo (m)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Ancho (m)	1	1	1	1	1
Altura (m)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Densidad (t/m3)	0,31	0,31	0,34	0,16	6,25
Volumen (m3)	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Peso (tn)	0,92	0,30	0,33	0,15	6,00
Superficie de apoyo neta (m2)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Separación entre fardos (m)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cantidad a recibir en la planta de separación (tn/semana)	10,96	10,96	7,52	10,09	3,13
Volumen enfardado por semana (m3)	35,35	35,35	22,11	63,03	1
Cantidad de fardos por semana	37	37	23	67	1

Cantidad de hileras apilables	2	2	2	2	2
Altura total fardos apilados	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Superficie necesaria de acopio (por semana)	22,28	22,39	13,93	40,54	0,32
Sector de acopio de fardos en el CA (m2)	330				
Semanas de acopio para alcanzar la capacidad máxima del sector	3,3				
Cantidad Máxima de fardos a acopiar	545				
Cantidad promedio de fardos transportados por camión	44				

El proyecto plantea una generación y retiro de fardos constante, es decir, que nunca estará completamente vacío o completamente lleno el sector de acopio, sino que ingresarán y egresarán fardos constantemente. Para que la tasa de egreso sea mayor que la tasa de ingreso de fardos al sector de acopio (y no colapsar el sector), se deberán realizar 4 retiros semanales. Se estima que un camión de gran porte puede trasladar hasta 44 fardos. Dicho camión no se encuentra contabilizado en el proyecto dado a que se estima que el comprador de estos productos será el encargado de realizar los retiros con sus propios vehículos. Se dejará un pasillo de 20 metros de ancho entre los fardos en el sector de acopio para la circulación y maniobras de autoelevador/pala cargadora, y para la entrada y salida del camión que retira los fardos.

En cuanto a los vidrios, se estima que los mismos serán generados en baja cantidad, según se muestra en el Estudio de Caracterización de Residuos en Hersilia (sólo 0,4% del total de RSU). Su generación anual se muestra en el *capítulo 7.2.2*. A continuación se muestran los cálculos para calcular la capacidad de acopio de vidrio a procesar y post-procesamiento:

Tabla 32: Dimensionamiento del sector de acopio de vidrios.

Toneladas a recibir por semana (2043)	1,25	tn/semaba
Peso estimado promedio por botella	0,815	kg
Volumen estimado por botella	0,00075	m3
Capacidad de días de acopio adoptada	7	días
Cantidad de botellas a moler	1538	uni
Necesidad de espacio para acopio pre-procesamiento	1,1535	m3
Capacidad contenedor de acopio pre-procesamiento	10	m3
Total contenedores para vidrio	1	uni
Procesamiento mensual de botellas	6152	uni
Volumen mensual a procesar	4,614	m3

Capacidad contenedor de acopio vidrio procesado	30	m ³
Tiempo de acopio disponible para vidrio procesado	6,5	meses

En el **Anexo “planos”** se puede observar el detalle de este sector, diseñado con los criterios explicados anteriormente. A continuación se muestra el equipamiento de la planta, con sus características:

Tabla 33: Maquinaria y Equipamiento necesario para la Planta de Separación y Clasificación		
Cantidad	Equipo	Descripción
2	Pala Mini Cargadora 60HP	Versión: Mini cargador montado sobre ruedas Peso Operativo: Mínimo 2600 Kg Cuchara: Capacidad mínima de 0,3m ³ Carga de Vuelco: 1300kg Potencia Neta: 60HP
1	Tolva de Alimentación	Construida en chapa de acero de espesor 3.2 mm. Dimensiones: 4X4 metros
1	Cinta Elevadora	Longitud aproximada de 11m. Inclinación: 40 grados Ancho de banda: 1m Potencia: 5,5CV Velocidad de la banda: 8 a 20m/min
1	Cinta de Clasificación elevada	Longitud: 20m. Ancho de banda: 1,2m Potencia: 4CV Velocidad de Banda: 10 a 30m/min
1	Estructura metálica elevada	Plataforma de 2,5m de altura Longitud: 24 m. Ancho 3 m. Piso de chapa semillada antideslizante. Dos escaleras desarrolladas para acceso a la zona superior, con barandas reglamentarias de 1,05m de altura.
1	Desgarrador de Bolsas	Mediante cuchillas metálicas giratorias y mando de velocidad media. Dos tambores de desgarrado con eje en acero, montados sobre soportes de rodamiento de acero
1	Cinta de descenso	Longitud: 5m Ancho de banda: 1m

		Inclinación: 40 grados Potencia: 2CV Velocidad: 45m/min
6	Contenedores móviles (Uno para cada corriente: Papel, Cartón, Plástico, Aluminio, Rechazo)	Construido en PEHD, con 4 ruedas de goma de 200 mm de diámetro con freno. Capacidad: 1,1 ³ . Largo exterior 142.6 cm . Ancho exterior 88 cm. Altura 132.5 cm.
3	Prensa enfardadora vertical para plásticos, cartón y latas.	Versión: Enfardadora doble cajón vertical con zunchado manual. Capacidad: Producción mínima de 2 fardos por hora. Fuerza Compactadora: 3000kg Motor: Motor eléctrico de una potencia mínima de 15 HP.
2	Prensa enfardadora horizontal para envases y latas.	Compactador horizontal para prensar plásticos, papel/cartón y bolsas. Alta capacidad de compactación, para lograr fardos de hasta 250 kg. Fuerza de prensado: 30ton Motor: 12 CV 1500 RPM
1	Balanza de plataforma para fardos	Balanza electrónica de plataforma. Capacidad: 800 Kg. Dimensiones: 1 m x 1 m x 0.12 m de altura sobre 4 celdas de carga apta para uso industrial intenso.
2	Elevador Manual De Uñas Para Fardos O Pallets	Elevador hidráulico manual con uñas capacidad 1000 kg.
1	Equipo molidor de vidrios	Capacidad: 800Kg/d Potencia: 3,5HP Sistema de trituración: Cuchillas/Mandíbulas de acero. Velocidad de rotación de mandíbulas: 175 RPM.
2	Contenedor roll off	Capacidad: 30 m ³ Apto para operar con elevador roll-off y para ser transportado y descargado por vuelco trasero con el mismo elevador, con acoplados roll-off y semirremolque Roll-off

Cabe destacar que la situación ideal de operación de este tipo de plantas resulta de recibir corrientes de residuos que provengan de separación en origen, dado que por un lado se producen menores corrientes de rechazo (lo cual conlleva menores costos de gestión y disposición), como así también mejoran las condiciones de trabajo y operación del personal.

8.1.2. Planta de Tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso

Este sector dentro del Centro Ambiental tendrá la función de acopiar los neumáticos fuera de uso provenientes de la recolección diferenciada de los mismos (diferente a la recolección diferenciada de los residuos secos) en Ceres, Hersilia, Arrufó, La Rubia y Ambrosetti. Estos materiales serán ordenados y luego mediante un proceso de cortado, se les reducirá el volumen a fin de optimizar costos de transporte a tratador final, evitando la incorrecta disposición de los mismos en basurales clandestinos, que frecuentemente son focos de producción de vectores como los transmisores del dengue.

El sector constará de un galpón con un área de taller cubierta de 188m², provisto de las máquinas necesarias, con un sector de acopio inicial de NFU y un sector de acopio posterior a su tratamiento.

Se prevé la incorporación de una cortadora que los separará en 4 partes, de modo que los restos de neumáticos sean planos, permitiendo el acopio de superficies planas. El material cortado podrá ser utilizado como combustible en plantas cementeras o tener otros destinos de reutilización.



Foto 27: Ejemplo Cortadora de Neumáticos

Fuente: Made-in-china.com

Un neumático para un auto común tiene un volumen de 0,062m³ aproximadamente (Diámetro: 62cm y ancho 20,5cm). El área calculada para el acopio de NFU previo a su tratamiento será de 49m² (9,8m de largo X 5m de ancho). Esto permite acumular un máximo de 588 neumáticos (14 a lo largo, 7 a lo ancho y 6 en altura), acumulandolos de la siguiente manera:

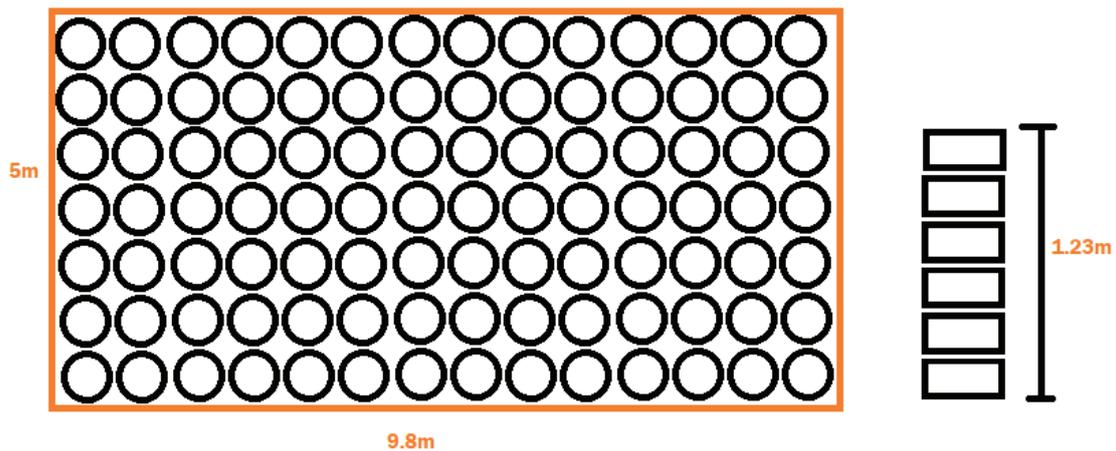


Figura 36: Esquema de acopio temporal de los NFU previo tratamiento.

De acuerdo a la **Tabla 29** en el **capítulo 7.2.4.**, por semana se recibirán un máximo de 313 neumáticos fuera de uso aproximadamente para el año 2043 (teniendo en cuenta que la

recolección será a demanda, una vez por semana en todas las localidades). A raíz de este cálculo, se pudo verificar que el espacio para el acopio de neumáticos es más que suficiente, dejando un margen de error grande de casi el 50%, para el caso que existan fluctuaciones en la generación, tamaño del neumático, frecuencia de recolección, etc.

En cuanto al espacio para el acopio de los neumáticos luego de ser procesados (es decir, una vez que ya han sido cortados), también se calculó teniendo en cuenta el volumen a acopiar previo a su venta (previo a la llegada del camión para su retiro del CA). Este espacio permite acopiar los NFU post-corte por casi 6 semanas, antes de su retiro para venta. A continuación se muestran los resultados del diseño del sector:

Tabla 34: Cálculo de acopio de NFU

Volumen mensual de acopio de neumáticos sin procesar	19,40	m3
Espacio disponible para acopio de neumáticos (h=2m)	98	m3
Reducción de volumen luego de procesamiento	25	%
Volumen semanal de neumáticos procesados	14,55	m3
Espacio disponible para acopio de neumáticos post tratamiento (h=2m)	80	m3

Cabe aclarar que los NFU no estarán más de una semana sin ser procesados, siempre y cuando se mantenga el correcto funcionamiento del CA.

Tabla 35: Maquinaria y Equipamiento necesario para la Planta de Tratamiento de NFU

Cantidad	Equipamiento	Descripción
1	Cortadora de Neumáticos	Guillotina de neumáticos de 24,5", sobre ruedas tipo "trailer" Como mínimo deberá poder cortar neumáticos de 24.5" Potencia: 12 Hp Tipo de corte: Mediante cizallas
1	Pala Mini Cargadora 60HP	Versión: Mini cargador montado sobre ruedas Peso Operativo: Mínimo 2600 Kg Cuchara: Capacidad mínima de 0,3m3 Carga de Vuelco: 1300kg Potencia Neta: 60HP

8.1.3. Sector de Tratamiento de Restos de Poda y Nave de Compostaje

8.1.3.1. Proceso de Compostaje con Residuos de Poda

Este sector al aire libre recibirá los residuos de poda del arbolado urbano y los espacios públicos, así como también los residuos de jardín, vivero y huertas particulares, del municipio de Ceres y las comunas de Hersilia, Arrufó, Ambrosetti y La Rubia, para producir compost.

El compost se define como el producto final del proceso de descomposición de los residuos orgánicos, en el cual la materia vegetal y animal se transforman en abono (Universidad de Quintana Roo, 2001). Mediante este proceso se obtiene un producto estable, de olor agradable y con multitud de propiedades beneficiosas para los suelos y las plantas. El compost se consigue a través de la biodegradación de la materia orgánica en presencia de oxígeno, llevada a cabo por múltiples organismos descomponedores que comen, trituran, degradan y digieren las moléculas que componen la materia orgánica (Amigos de la Tierra, 2015).

El proceso de compostaje generalmente se divide en diferentes fases según la temperatura (FAO, 2013):

- **Fase mesofílica:** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).
- **Fase termófila:** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta

meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.

- **Fase de Enfriamiento:** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.
- **Fase de Maduración:** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

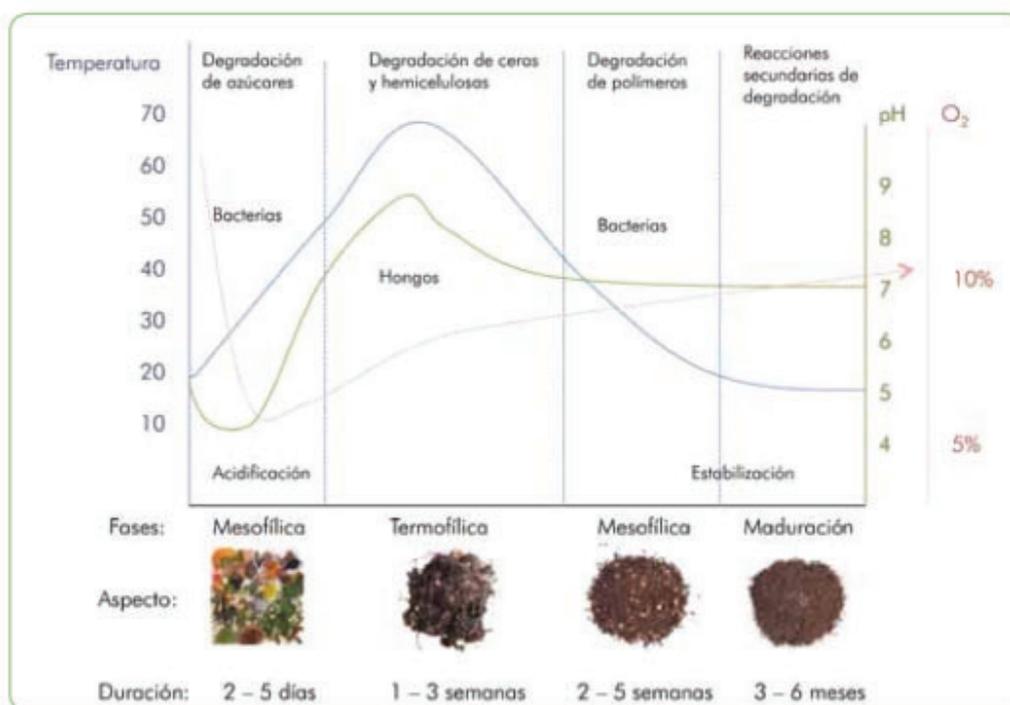


Gráfico 10: Fases del proceso de compostaje.

Fuente: FAO, 2013.

Durante el proceso de compostaje, se deben monitorear diferentes parámetros, como el pH, la temperatura, la humedad, la aireación y la relación C:N. Este monitoreo es necesario ya

que el compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, por lo que una modificación en estos parámetros puede afectar su crecimiento y reproducción.

Tabla 36: Parámetros ideales para el proceso de compostaje.

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

Fuente: FAO, 2013.

La relación C/N es determinante para la formación de compost, ya que el carbono es fuente de energía y, el nitrógeno es necesario para el crecimiento y funcionamiento celular de los microorganismos. Particularmente los residuos de poda poseen un nivel de C:N equilibrado de 44:1 según FAO, 2013, lo que representa un exceso de carbono, ya que el rango óptimo de C/N está entre 15:1-35:1. La solución para esto es la adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.

8.1.3.2. Diseño y Memoria de Cálculo del Sector de Compostaje

En primer lugar, se debe realizar una limpieza del sitio en donde se emplazará el sector de compostaje. Esta limpieza deberá retirar la capa orgánica del suelo y realizar una nivelación del terreno para obtener pendientes menores al 5%.

El sector de poda y compostaje contará con un playón de recepción (zona de recepción y acondicionamiento de la materia prima) donde personal municipal separará los distintos tipos de residuos en forma manual, con ayuda de una pala mecánica.

Los restos de poda serán recolectados para ser separados y procesados con una chipeadora, con ayuda de motosierras para aquellos troncos de mayor tamaño, con la finalidad de reducir su volumen y seguidamente favorecer la degradación de dicho material. El producto será almacenado temporalmente en un sector de acopio y tendrá como destino final un sector de compostaje para luego darle utilidad como abono, relleno, o cobertura.



Foto 28: Ejemplo de Chipeadora de Poda

Fuente: Agrofy.com

El proceso de compostaje iniciará derivando los residuos almacenados en el área de acopio de los residuos ya chipeados, con una pala cargadora, a la zona de descomposición. Esta zona será al aire libre sobre terreno compactado, y se acopiará la materia en pilas de sección rectangular de 28 m largo, dejando pasillos de 3m de ancho para el paso de la maquinaria, tal como se calcula más adelante.



Foto 29: Ejemplo de Pilas de Compostaje

Fuente: naturaservicios.com

Allí los residuos se almacenarán durante 5 semanas. Para airear el material será necesario el empleo de una volteadora mecánica propulsada por un tractor. Esta aireación se realizará una vez por día a cada pila del sector. Luego de las 5 semanas, el material será transportado por una pala cargadora hasta la zona de maduración, también al aire libre, donde el mismo se acopiará en pilas de sección trapezoidal. Allí los residuos se almacenarán durante 7 semanas. También será necesaria la aireación del material en esta zona realizada con un volteo periódico.



Foto 30: Ejemplo de Volteadora Mecánica para Compost

Fuente: Infoisla

Luego de transcurrido ese tiempo, el material listo será transportado a la zona de almacenamiento, en donde se utilizará una criba para tamizar el material y separar los restos de mayor tamaño que no hayan finalizado el proceso de compostaje y así lograr un producto de mejor calidad. Todo el material que no se convierte en compost se recirculará, es decir, comenzará el proceso nuevamente. En esta zona se almacenará el compost terminado hasta que sea retirado para su posterior utilización.



Foto 31: Ejemplo Criba para Compost

Fuente: Vermeer Corporation

Debe considerarse que esta actividad presenta ventanas de tiempo en cuanto a su operación, debido a que la corriente de este tipo de residuos no es constante, sino que se materializa por ventanas de tiempos según las épocas del año y frecuencias de recolección.

Este sector de compostaje recibirá los restos de poda y jardinería una vez por semana, ya que la recolección de los mismos es a demanda, una vez por semana por todas las localidades. En el *capítulo 7.2.3.* se pueden observar las cantidades a recibir por año, de acuerdo a la generación per cápita de este tipo de residuos. En la **Tabla 37** a continuación, se pueden observar las cantidades a recibir **por semana** en este sector, y el volumen acopiado antes de ser compostado, tomando una densidad de residuos de poda promedio de 300kg/m³ según Ing. Ftal. MSc. Francisco Cardozo, 2016:

Tabla 37: Cantidad de residuos de poda que ingresan al sector de compostaje en el CA por semana.

Año	Toneladas recibidas por semana en el sector de compostaje	Volumen acopiado previo al comienzo del proceso de compostaje (m3)
2024	86,87	142,18
2025	87,38	143,00
2026	87,88	143,83
2027	88,38	144,65
2028	88,88	145,47
2029	89,39	146,29
2030	89,89	147,12
2031	90,39	147,94
2032	90,89	148,76
2033	91,40	149,59
2034	91,90	150,41
2035	92,40	151,23
2036	92,91	152,05
2037	93,41	152,88
2038	93,91	153,70
2039	94,41	154,52
2040	94,92	155,35
2041	95,42	156,17
2042	95,92	156,99
2043	96,42	157,81

Estos volúmenes fueron utilizados para diseñar el sector de compostaje. El volumen máximo a acopiar por semana, según la **Tabla 37**, es el correspondiente al año 2043, con un volumen de 157,81m³. Se consideró que el acopio inicial se realizará en una pila de sección aproximadamente rectangular, empleando una altura de un metro y medio y un ancho de 12 metros, la longitud de la misma sería la siguiente:

$$\text{Longitud acopio residuos de poda} = \frac{157,81m^3}{12m * 1,5m} = 8.77m$$

Por lo tanto, el área de recepción de residuos de poda será, redondeando los números, de 12m X 9m (108m²). Se dejará un espacio de maniobra (pasillos) de 3,5 metros entre las pilas y alrededor de ellas, para el paso de personas y de la pala minicargadora.

El espacio destinado a los residuos de poda luego de ser chipeados, y previo a ser compostados se calculó en base a la reducción del volumen debido al chipeo. Para el cálculo, se utilizará el valor de la densidad de los residuos chipeados: La densidad de los residuos de poda chipeados puede variar dependiendo del tipo de material que se esté chipeando y de cómo se haya procesado. En general, se espera que la densidad sea menor que la de los residuos de poda sin chipear, debido a que el proceso de chipeado reduce el tamaño de los residuos. Sin embargo, la densidad exacta de los residuos de poda chipeados dependerá de varios factores, como la humedad del material, la cantidad de hojas y ramas, el diámetro de las ramas, el tipo de árboles, y otros factores. En general, se espera que la densidad de los residuos de poda chipeados oscile entre 150 y 350 kg/m³. Para los cálculos se tomará el promedio, es decir, una densidad de 250kg/m³. De esta manera, se determinó que el volumen de material chipeado máximo será de:

$$\text{Volumen máximo chipeado por semana} = \frac{96420 \text{ kg/semana}}{250 \text{ kg/m}^3} = 385,68m^3$$

La mezcla se formulará en una pila de forma de pirámide truncada con sección cuadrada de 12m. La altura se calculará de acuerdo a la siguiente ecuación para calcular el volumen de un tronco de pirámide, teniendo en cuenta que la sección superior será de 8mx8m:

$$\text{Vpirámide truncada} = \frac{h}{3} * A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2} \quad \text{Ec. 7}$$

El resultado de la ecuación, despejando h, con A1= 144m² y A2=64m² da que la altura debe ser igual a 3,6m de residuos chipeados, con un ángulo de talud de 60°. También se deberá contar con espacio para maniobrar (pasillos de 4 metros de ancho).

Luego, para el sector de compostaje propiamente dicho, considerando un tiempo de compostaje total de 12 semanas (5 semanas para la primera etapa del proceso y 7 semanas para la etapa de maduración), una mezcla con un 80% en masa aproximadamente de RSD compostables, y la densidad aparente de 600 kg/m³ de compost, se calculó el volumen total de materia prima:

$$V_{compost} = \frac{12 \text{ semanas} * 96,42 \text{ tn/semana}}{0,85 * 0,6 \text{ t/m}^3} = 2268,7 \text{ m}^3$$

Se construirán pilas de sección triangular de 1.8 metros de alto, 3 de ancho y 28 de largo aproximadamente, resultando que cada pila tendrá 151.2 m³ de mezcla. De esta manera se requerirá espacio suficiente para compostar 15 pilas, más el área requerida para maniobras (pasillos de 3 metros de ancho entre pilas y alrededor para permitir el paso de la pala minicargadora y el equipo de volteo del compost), dando un total del área de 2838 m². Se debe tener en cuenta que en la etapa de maduración el volumen del compost se reduce a la mitad, por lo que el espacio en la zona de maduración será más grande.

Por último, se considera que se realizará un retiro por semana, por lo que el área de acopio de compost cribado se calculó con el volumen cribado a partir de la generación semanal de compost (2268.7m³/12=189.05m³). Al igual que el área de chipeado, la forma que tomará el acopio del compost cribado será la de una pirámide truncada, y las dimensiones de la sección cuadrada de la base serán de 12m X 12m y las de la sección cuadrada de arriba serán de 8m X 8m. Utilizando la fórmula de volumen de una pirámide truncada, despejando la altura esta da un valor de 3,6m aproximadamente (con un ángulo de talud de 60°).

El detalle de este sector se puede ver al final del documento, en el **Anexo "Planos"**.

Uno de los aspectos más relevantes a tener en cuenta durante el compostaje es que se debe mantener una aireación periódica de la pila y un riego frecuente para lograr una humedad constante del 65 al 70%. Asimismo, se debe controlar la temperatura y el pH para lograr un compost maduro y de calidad (Mahiques, 2019). Para realizar el riego, se instalará un tanque que se llenará con el agua de red. El tanque tendrá un área de 30 m².

El terreno en donde se realizará el sector de Tratamiento de Restos de Poda debe ser arcilloso. Las pilas serán dispuestas en suelo compactado impermeabilizado con bentonita para evitar filtraciones a la napa. Como el compost generado corresponde solo a una fracción

vegetal, la etapa de descomposición de la materia orgánica se podría efectuar sobre una superficie de tierra, sin necesidad de un tratamiento de lixiviados adicional.

Tabla 38: Maquinaria y Equipamiento para Sector de Tratamiento de Restos de Poda y Nave de Compostaje

Cantidad	Equipo	Descripción
2	Pala Minicargadora 60 Hp	Versión: Mini cargador montado sobre ruedas Peso Operativo: Mínimo 2600 Kg Cuchara: Capacidad mínima de 0,3m ³ Carga de Vuelco: 1300kg Potencia Neta: 60HP
1	Chipeadora	Integrada en un conjunto único con tolva de alimentación y sistema neumático de expulsión de chips. Producción Aproximada: 15 t/hora Velocidad de rotación: 900 RPM. Potencia: 100CV
2	Motosierra	Potencia: 2,5 Hp Espada: 20" Cilindrada: 52 cc.
2	Volteadora mecánica propulsada por un tractor	Volteador de compost accionado por tractor, con avance hidráulico, La máquina volteadora consiste en un pórtico que aloja un eje central en tubo reforzado de acero al cual van abulonadas las paletas volteadoras recambiables de acero de alta resistencia al desgaste.
1	Criba	Trommel diámetro 900 mm, largo 3.5 m, con 3 secciones de pasaje de largo 1 m, cono de entrada y cono de salida.

8.1.4. Sector de Tratamiento de Áridos y Restos de Construcción y Demolición

El tratamiento de la corriente de residuos de la construcción y demolición (escombros), será atendido a través de la instalación de un sector de acopio de áridos y espacios para procesar el mismo con equipos de trituración y cinta transportadora para acopio de material picado.

Este sector recibirá los áridos separados a partir de la recolección diferenciada de estos residuos en un sector de recepción, desde donde se transportarán con una pala cargadora

hacia el sector de trituración. Para su proceso se utilizarán equipos de trituración para lograr distintas granulometrías. Se obtendrán materiales granulares de 3 fracciones de granulometría distinta, entre arena y cascotes. La trituración será realizada por una trituradora móvil, de tamaño máximo de material alimentado 700 mm, y de salida de tamaño nominal de 40 mm. Se separarán áridos por granulometría y se recuperarán materiales. Tendrá capacidad de procesamiento de 20 tn/h. Como la trituradora es móvil, los áridos triturados se trasladarán mediante la cinta transportadora hacia su sector de almacenamiento en containers para su posterior uso.



Foto 32: Ejemplo de Trituradora Móvil

Fuente: Franzoisrl.com

Todo lo producido será apto para emplearse en el mejoramiento y consolidación de calles de tierra, rellenos, o como complemento de hormigones livianos.

Teniendo en cuenta que los residuos áridos ingresarán al CA una vez por semana, dado que la recolección de los mismos será a demanda en un día determinado como se explicará posteriormente, se pudo calcular el espacio de acopio inicial y la cantidad de contenedores móviles necesarios para almacenar estos residuos post tratamiento. A su vez, se tuvo la cantidad de áridos a recibir para poder seleccionar el equipamiento más conveniente, según su capacidad de procesamiento:

Tabla 39: Volúmenes de residuos áridos y dimensiones del sector-

Residuos áridos		
Generación de Áridos por día por persona	1,25	kg/día
Generación máxima por año en las localidades del proyecto (2024)	16539	tn/año
Ingreso máximo semanal al Sector de áridos en CA	317,19	tn/semana
Densidad promedio tomada para análisis (áridos sin clasificar)	1	tn/m3
Volumen máximo a acopiar previo tratamiento	317,19	m3
Capacidad de procesamiento de equipo procesador	20	tn/h
Capacidad por semana de equipo procesador (jornada de 8hsX5días)	800	tn/semana
Densidad de material procesado	1,2	tn/m3
Volumen máximo a acopiar post tratamiento	380,63	m3

Tabla 40: Áreas de acopio de áridos.

Áreas de acopio: dimensiones de montículo áridos sin procesar	
Volumen a acopiar (m3)	317,19
h= altura del montículo (m)	2
k= talud del montículo (1V:kH)	3
La= largo de la superficie de acopio (m)	15
Lb=lancho de la superficie de acopio (m)	15
La*Lb superficie de acopio (m2)	225
Volumen sector (m3)	378,88

Nota*: el montículo será de forma trapezoidal.

Tabla 41: Cálculo de retiros de áridos procesados.

Retiros en función al volumen procesado		
Capacidad de contenedor	30	m3
Capacidad 6 contenedores	180	m3
Volumen máximo a acopiar post tratamiento	380,63	m3
Cantidad de contenedores necesarios	13	un
Cantidad de retiros (cada 5 contenedores) por semana	3	retiros

En el caso de que los contenedores se llenen y todavía no se ha realizado el retiro de los mismos, se generarán montículos de áridos ya procesados, y con la ayuda de la pala minicargadora serán depositados en el contenedor una vez vacío.

Tabla 42: Maquinaria y Equipamiento para Sector de Tratamiento de Áridos y Restos de Construcción y

Demolición		
Cantidad	Equipo	Descripción
1	Pala MiniCargadora 60Hp	Versión: Mini cargador montado sobre ruedas Peso Operativo: Mínimo 2600 Kg Cuchara: Capacidad mínima de 0,3m3 Carga de Vuelco: 1300kg Potencia Neta: 60HP
1	Trituradora móvil con cinta transportadora	Emplea 2 ejes contra-rotativos provistos de cuchillas. Velocidad variable de las revoluciones de los ejes (2-13rpm) Velocidad de Traslación: 4km/h Tamaño de alimentación ajustable hidráulicamente
5	Contenedores Roll Off	Capacidad 30m3

8.1.5. Área administrativa

El edificio administrativo contará con las instalaciones para el personal: oficinas abiertas, despachos, atención a proveedores, y sector de recepción. El edificio contará con un semicubierto perimetral y un sector de estacionamiento para vehículos y bicicletas del personal administrativo y autorizados.

8.1.6. Baños, vestuarios y comedor.

Al lado del Área administrativa, en el mismo edificio, se instalará un sector de sanitarios deberá estar conformado en dos sectores independientes por sexo provistos de artefactos sanitarios. En la misma unidad, se instalarán 2 duchas por sector independiente y cambiadores, para que los operarios de la planta y los administrativos puedan higienizarse luego de su jornada laboral.

Además, se contará con un sector de cocina y comedor, para brindarles a los trabajadores un espacio para su almuerzo y descanso.

8.1.7. Centro de Interpretación.

La edificación donde se ubicará el área administrativa, el sector de baños, vestuarios y comedor también contará con un salón de usos múltiples que servirá como Centro de

Interpretación y Educación Ambiental. El mismo servirá como espacio de promoción y comunicación ambiental, para que diferentes grupos de personas, sobre todo cursos de nivel primario y secundario, puedan visitar el Centro Ambiental y conocer los diferentes procesos que se llevan a cabo allí.

Cabe destacar que todas estas áreas (Administración, Baños, Vestuarios, Centro de Interpretación, Comedor y Cocina) serán provistas de paneles solares y colectores solares para agua caliente, los cuales serán instalados en los techos, permitiendo reducir los costos en materia energética, siendo una opción amigable con el ambiente en consonancia con el proyecto. Asimismo, se preverá la recolección de aguas de lluvias, para su reaprovechamiento.

8.1.8. Garita de Control de Ingreso

El ingreso al predio, contará con una dársena de espera para los vehículos que pretendan ingresar al predio, de manera que permita realizar el control de ingreso de los mismos en una garita de control de acceso y funcione como un puesto de vigilancia. En dicho puesto, se realizarán las actividades de control de accesos de vehículos de carga y recolección, del personal propio del CA, particulares, proveedores entre otros. El vigilante llevará un libro de actas donde se registrarán los datos respectivos de los accesos y egresos al sitio. El puesto de vigilante será ocupado por una persona, en un turno de 8 horas. De esta manera, se rotará entre 3 personas por día para tener una vigilancia 24hs.



Foto 33: Ejemplo de Garita de Control de Ingreso

8.1.9. Báscula y taller de mantenimiento.

A continuación del puesto de vigilancia se instalará una báscula de pesaje de camiones. Este sistema de pesaje se llevará a cabo a través de un sistema de balanza electrónica, con semaforización, que permita registrar dominio de la unidad, procedencia, peso bruto, tara, fecha y horario de ingreso, y la emisión de comprobante de pesaje. Deberá contar con la posibilidad de emisión de dicha información en tiempo real vía electrónica.

La báscula para pesaje de los vehículos que ingresen con carga, con las siguientes especificaciones:

- Tipo: Electrónica.
- Capacidad de carga: 60 toneladas mínimo.
- Precisión según normas nacionales para este tipo de dispositivos.
- Dimensiones mínimas: 20 m x 3 m.
- Estructura sobreelevada que permita la accesibilidad para su limpieza y mantenimiento.



Foto 34: Ejemplo de Báscula Electrónica

Fuente: Made in China

Por otro lado, en el mismo sector se instalará un galpón industrial para el mantenimiento de equipos, depósito, y acopio de herramientas, con superficie cubierta de 144 m². Contará con un sector de guardado de camiones y otros vehículos, y un sector designado como área de mantenimiento, en donde se ubicará un taller de mantenimiento con su correspondiente sector con estanterías para insumos, repuestos y herramientas.

8.1.10. Obras Complementarias

8.1.10.1. Alambrado Perimetral

El Centro Ambiental contempla la instalación de un alambrado perimetral. Se conformará la instalación de una barrera física de la totalidad del predio, a través de la provisión e instalación de un cerco olímpico perimetral. El mismo estará conformado por un alambrado del tipo denominado "olímpico", del tipo romboidal, de una altura de 2,4 m aproximadamente, con alambres de púas ubicado en la parte superior y postes cada 3 m. Los postes, esquineros y refuerzos serán de hormigón.



Foto 35: Ejemplo alambrado perimetral olímpico tipo romboidal.

Fuente: FACAV Premoldeados

El Alambrado contará con la instalación de portones de doble hoja en el acceso principal, complementado con cartelera indicativa de las actividades que se realizan en el CA.



Foto 36: Ejemplo de cartelería indicativa en el Acceso al predio.

Fuente: Diario 7 Lagos - Complejo GIRSU Villa La Angostura

8.1.10.2. Cortina Forestal

El predio tendrá una cortina forestal perimetral de especies nativas de rápido crecimiento en lo posible de hoja perenne, en dos hileras en tres bolillos. Su instalación permite reducir la velocidad del viento y el nivel de ruido, el movimiento del suelo y el material particulado suspendido y la dispersión de olores y residuos al entorno, asegurando una efectiva delimitación visual y una mejor convivencia con zonas aledañas destinadas a otros usos. Se deberá realizar el riego y poda periódicamente.



Foto 37: Ejemplo de Cortina Forestal

Fuente: Forestal Maderero

8.1.10.3. Caminos de Acceso y Viabilidad Interna

El camino de acceso será único, mano y contramano. Se realizará el mantenimiento periódico de este camino, ya que como no está pavimentado, puede deteriorarse con el paso del tiempo, o generarse hundimientos e inundaciones en los días de lluvia. El mismo será regado periódicamente para evitar el levantamiento de polvo por el paso de los vehículos.

Para la vías de circulación interna, se materializarán a través de vías de dos manos por donde circularán los camiones y los autos de los trabajadores del Centro Ambiental. Se materializarán en hormigón armado. Todos los caminos contarán con señalamiento para indicar la ubicación de los distintos sectores del Centro Ambiental, incluido el relleno sanitario. También se diseñarán playas de maniobra para permitir el correcto movimiento de camiones por los diferentes sectores. A su vez, deberán contemplarse caminos peatonales que comunicarán las diversas áreas.

8.2. Relleno Sanitario

8.2.1. Criterios de Localización

Previo a determinar las características constructivas y el diseño del relleno sanitario, se tuvo que confirmar, en primer lugar, si el predio elegido para su implantación cumple con las condiciones necesarias. Para esto, se tomó como referencia la Resolución N° 128/2004 de la Provincia de Santa Fe, que determina las pautas para la Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios en la provincia.

La Resolución establece los siguiente criterios para la ubicación del relleno sanitario:

1. El predio donde se efectúe el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos deberá situarse a más de 400 (cuatrocientos) metros de rutas nacionales o provinciales pavimentadas.
2. El predio donde se efectúe la disposición final de los residuos sólidos urbanos, deberá situarse a más de 3.000 (tres mil) metros de aeródromos o pistas de aterrizaje de aviones.
3. La base del relleno deberá estar a una distancia mínima de 1,5 metros (un metro y cincuenta centímetros) del nivel de la capa freática. Si esta condición no se puede cumplir la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, estudiará el caso y, si correspondiere, establecerá los requisitos a cumplir.

Luego, a partir de estos criterios se confeccionó la siguiente tabla, es donde se establecen las justificaciones que avalan la localización del relleno sanitario en el predio propuesto en el apartado 6.2.1.

Tabla 43: Justificación del cumplimiento de los criterios de la Resolución N°128

Criterio Resolución 128/2004	¿Cumple con el criterio?	Justificación
1- Rutas Nacionales	Sí	El predio se encuentra a 2,5km de la Ruta Nacional 34 y de la traza del Ferrocarril. A su vez, se encuentra alejado del tendido de redes de transmisión de energía eléctrica, acueductos y redes cloacales.
2- Aeródromos	Sí	El predio se encuentra a 3,5km del aeropuerto de la ciudad de Ceres.
3- Nivel Freático	Sí	Según un relevamiento realizado por la Provincia de Santa Fe, la profundidad de la napa freática en el municipio de Ceres es de 1,5m, con una dirección de flujo

		de NO - SE.
--	--	-------------

Además de estos criterios, que por la **Tabla 41** se puede observar que se cumplen, se consideraron también las recomendaciones de la CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado) y de otros estudios sobre localización óptima de rellenos sanitarios, a fin de asegurarse que no existan problemas posteriores durante su operación.

En primer lugar, la CEAMSE recomienda que el emplazamiento debe efectuarse a cierta distancia de centros densamente poblados, lo cual, si bien tiene el inconveniente de encarecer el transporte de los residuos, puede permitir que dos o más localidades cercanas, que cuenten con terrenos aptos entre ellas, realicen la disposición final de los residuos en forma conjunta, disminuyendo los costos por el efecto escala y disminuyendo cualquier molestia que pueda causarles a los vecinos cercanos. De este modo, el predio donde se planea la instalación del Relleno Sanitario en Ceres se encuentra ubicado a 3,9km de su ejido urbano; y entre Ceres y Hersilia, lo que favorece una disposición final de RSU en forma conjunta.

Por otro lado, para la ubicación del terreno se debe tener en cuenta la existencia de caminos de acceso de manera que el arribo de los camiones que transportan los residuos no tengan inconvenientes en cualquier época del año. En el caso del predio seleccionado, la mayor parte del recorrido de los camiones recolectores se realizará a través de la Ruta Nacional 34 y la Ruta Provincial 38, mientras que el último tramo se realiza por la misma calle a la que se accede a la planta de tratamiento de efluentes cloacales del municipio, por lo que la misma se encuentra en óptimas condiciones dado su uso regular.

En cuanto a la pendiente del terreno, muchos autores como Mariela Gimenez Vera et al. (2012) recomiendan que esta no supere el 3%. Para el caso del predio seleccionado, con la herramienta Google Earth se logró determinar el perfil de elevación del terreno de N-S y de E-O, como se muestra a continuación



Figura 37: Perfil de Elevación del predio de Relleno Sanitario de Norte a Sur

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

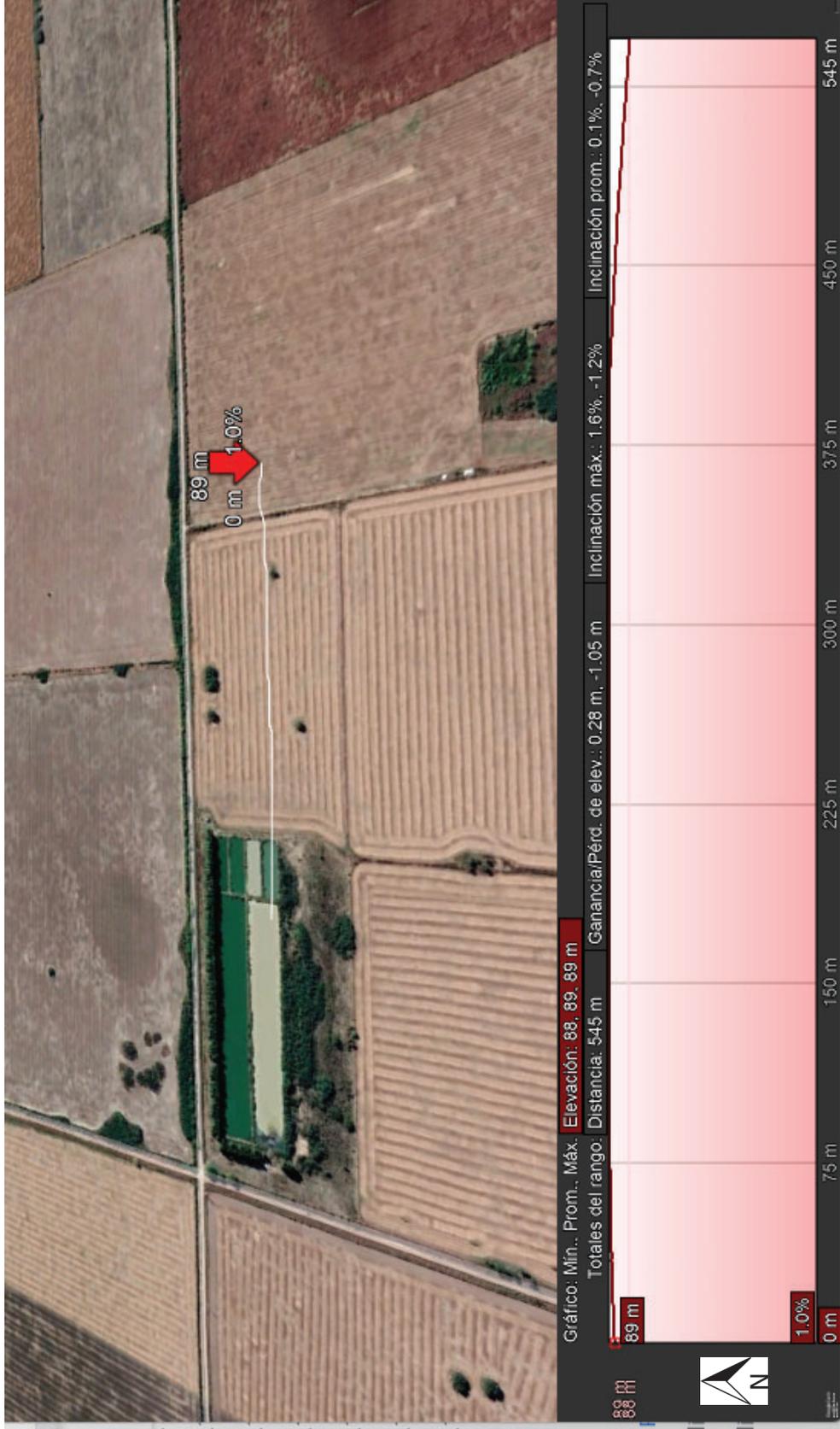


Figura 38: Perfil de Elevación del predio de Relleno Sanitario de Este a Oeste

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

Se puede observar que tanto en la dirección Norte-Sur como en la dirección Este-Oeste, la inclinación máxima no supera el 2%.

Además, para la instalación de un relleno sanitario es importante tener en cuenta las características y el tipo de suelo. Según Jaramillo (2002), *“un relleno sanitario debe estar localizado de preferencia sobre un terreno cuya base sean suelos areno-limo-arcillosos (arena gruesa gredosa, greda franco-arcillosa); también son adecuados los limo-arcillosos (franco-limoso pesado, franco-limo-arcilloso, arcillo-limoso liviano) y los arcillo-limosos (arcillolimoso pesado y arcilloso). Es mejor evitar los terrenos areno-limosos (francoarenosos) porque son muy permeables”*. En relación al predio seleccionado, se pudo determinar el tipo de suelo tomando como referencia el mapa básico de suelos de la Provincia de Santa Fe realizado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Según esta carta de suelos, el predio está ubicado sobre un suelo de Serie Colonia Rosa (CRO-11 3/4Ws52), cuyas características son las siguientes:

- Clasificación taxonómica: Argiudol ácuico
- Familia: arcillosa fina, térmica (mineralogía no determinada).
- Drenaje: moderado
- Textura del horizonte superficial: franco-arcillo-limosa.
- Índice de Aptitud: 75 (sin considerar el factor climático).

Dada las características del suelo, si bien no se tiene un dato exacto de la permeabilidad, se puede inferir que se trata de un suelo de baja permeabilidad. Sin embargo, será necesario la realización de un estudio de suelos que verifique esta condición.

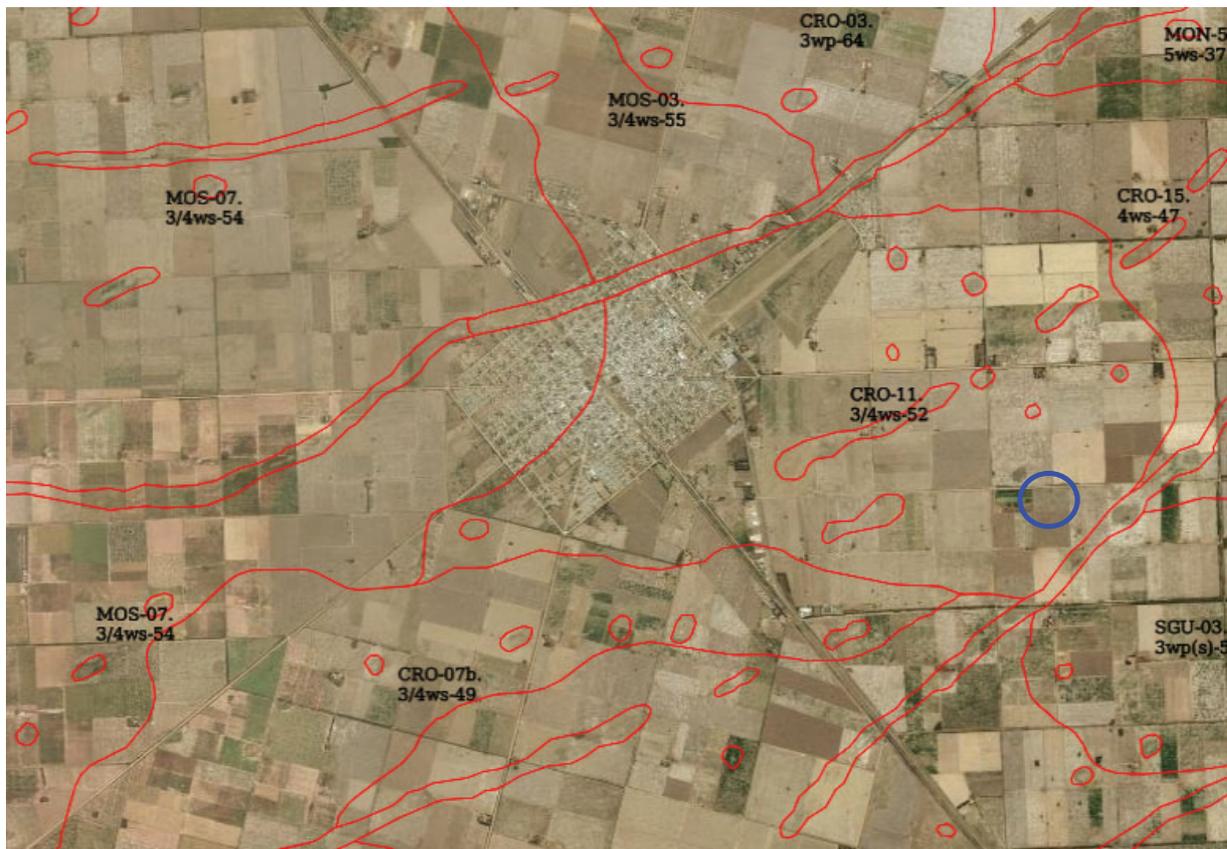


Figura 39: Carta de Suelos de Ceres. En azul, la ubicación del predio seleccionado para el relleno sanitario.

Fuente: Geovisor INTA

Otro factor a tener en cuenta según Jaramillo (2002) son las condiciones climatológicas del área. En cuanto al viento, el autor menciona: *“La dirección del viento predominante es importante debido a las molestias que puede ocasionar la descarga de los residuos y las labores de extracción de tierra y cobertura; a los papeles, el material liviano y el polvo que se levantan, y también al posible transporte de malos olores a las áreas vecinas. Por ello, el relleno sanitario deberá estar ubicado de tal manera que el viento circule desde el área urbana hacia él; en caso contrario, para contrarrestar esta molestia se deben sembrar árboles y vegetación espesa en toda la periferia del relleno. La vegetación, además, impide que los vecinos y transeúntes observen las operaciones de disposición de los RSM y le da una mejor apariencia estética a la obra”*. A raíz de esto, se buscó bibliografía y datos históricos sobre los vientos predominantes en Ceres, y se obtuvo el siguiente gráfico:

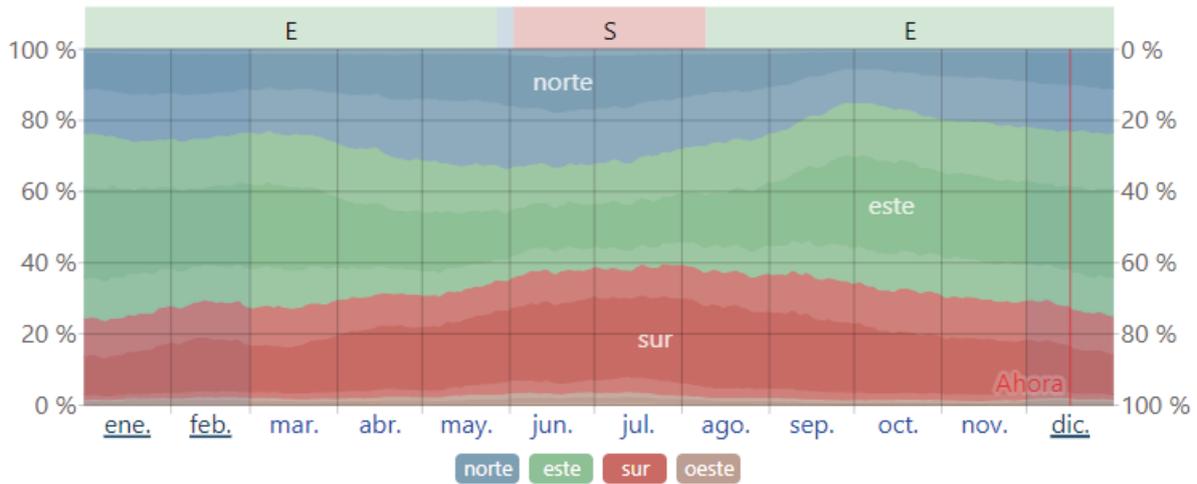


Gráfico 11: Dirección del viento en Ceres, promedio mensual (serie 1990-2020).

Fuente: weatherspark.com

Se puede observar que el viento con más frecuencia viene del Este, seguido por el viento del Sur. El ejido urbano de Ceres se ubica al noreste del predio, por lo que sería improbable que traslade olores hacia allí. Además, dada la lejanía con la ciudad, no es probable que el material liviano o el polvo que se pueda llegar a levantar durante la construcción y operación del relleno llegue hasta allí. Sin embargo, como se explicó previamente, el Centro Ambiental contará con una cortina forestal con el objetivo de reducir la velocidad del viento y el nivel de ruido, el movimiento del suelo y el material particulado suspendido y la dispersión de olores y residuos al entorno.

Por último, se puede destacar que el predio no se encuentra dentro de una reserva o parque natural provincial o nacional, y que no se encuentra próximo a ningún cuerpo de agua superficial que pueda ser impactado negativamente con las actividades del proyecto.

8.2.2. Análisis de alternativas de disposición final en relleno sanitario

En el presente apartado se analizarán dos alternativas de tipo de operación de relleno sanitario: **Relleno Sanitario Convencional** y **Relleno Sanitario de Alta Densidad por Balas**. Para el análisis de las siguientes alternativas fue necesario incluir en el estudio las variables y factores que condicionan el presente proyecto, como los aspectos económicos, el espacio disponible, las condiciones topográficas y tipo del suelo, la disponibilidad de equipos (maquinaria pesada) y su relación en base a las toneladas de residuos/diaria, sobre las cuales se ejercerá el tratamiento de disposición final.

Las tecnologías por analizar consisten en las mismas infraestructuras de relleno sanitario, variando el tipo de operación en cuanto a la disposición de los residuos. Ambas tecnologías, desde el punto de vista ingenieril, prestarán servicios de disposición final a los residuos provenientes de las localidades descritas en el presente estudio.

8.2.2.1. Alternativa 1: Relleno Sanitario Convencional

El método de disposición final por Relleno Sanitario Convencional es una técnica que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. El mismo debe contemplar obras conexas, instalaciones y procesos destinados a la gestión y tratamiento de los lixiviados y los gases generados en los procesos de descomposición anaeróbica de los residuos allí dispuestos.

Este tipo de relleno sanitario cuenta con un paquete de impermeabilización, tanto en fondo como en taludes internos, a fin de evitar la migración de líquidos y gases hacia el exterior del módulo, previniendo de esta manera la contaminación de suelos y aguas superficiales y subterráneas.

Durante la operación, este tipo de relleno contempla la distribución de residuos a modo de celdas conformadas por capas de residuos en un área reducida y delimitada, para que, a través del accionar de maquinaria pesada diseñada para la distribución y compactación de los residuos, se logre un adecuado y seguro compactamiento de los residuos a disponer, garantizando la estabilidad de éstos. Los residuos son descargados en una playa de descarga, en un sector denominado frente de trabajo y con el accionar de equipos topadores especialmente preparados para el trabajo con residuos, dispondrán uniformemente en la celda

en operación los residuos en capas de entre 0,50 y 0,60 m de altura, para que luego con el accionar de otro equipo compactador de residuos en no menos de 3 o 4 pasadas sobre los mismos, logre el mayor grado de compactación in situ. Sobre cada una de estas capas de residuos se realiza una tapada con suelo, cada vez que culmine una jornada. Dicho suelo preferentemente deberá ser de características de adecuada permeabilidad a fin de que las sucesivas capas de suelo aplicadas aporten condiciones indispensables para la migración vertical tanto de líquidos como de gases dentro del seno del relleno sanitario.

Esta última acción proporcionará un mejor control de vectores, minimizando olores y voladuras de material suelto, tales como papeles y/o bolsas plásticas. A este tipo de capas se las conoce como cobertura diaria y se realiza con el mismo equipo topador sobre orugas, de forma tal que se distribuya y compacte el suelo en el orden de los 0,20 m de cobertura compactado. Estas operaciones, se repetirán, hasta alcanzar las cotas de avance de las celdas según proyecto. Una vez alcanzada esta cota, se deberá ejecutar la cobertura final, cuya finalidad es aislar a los residuos allí dispuestos, de las acciones climáticas, brindando un cierre de baja permeabilidad a la masa de los residuos. La misma se ejecutará en capas:

- 1) Capa de ecuación de 0,30m de espesor, que nivelará la superficie de los residuos, y brindará a estos la capacidad soporte requerida para el ingreso de los materiales que constituirán las siguientes capas de la cobertura final.;
- 2) Membrana GCL de 3,5 kg/m².
- 3) Capa de suelo vegetal de 0,2 m de espesor, conformando las pendientes finales del relleno. Estas pendientes son tales que permiten el escurrimiento de agua de lluvia hacia las afueras del módulo, evitando que estas tomen contacto con los residuos dispuestos, minimizando de esta forma, la generación de líquidos lixiviados.

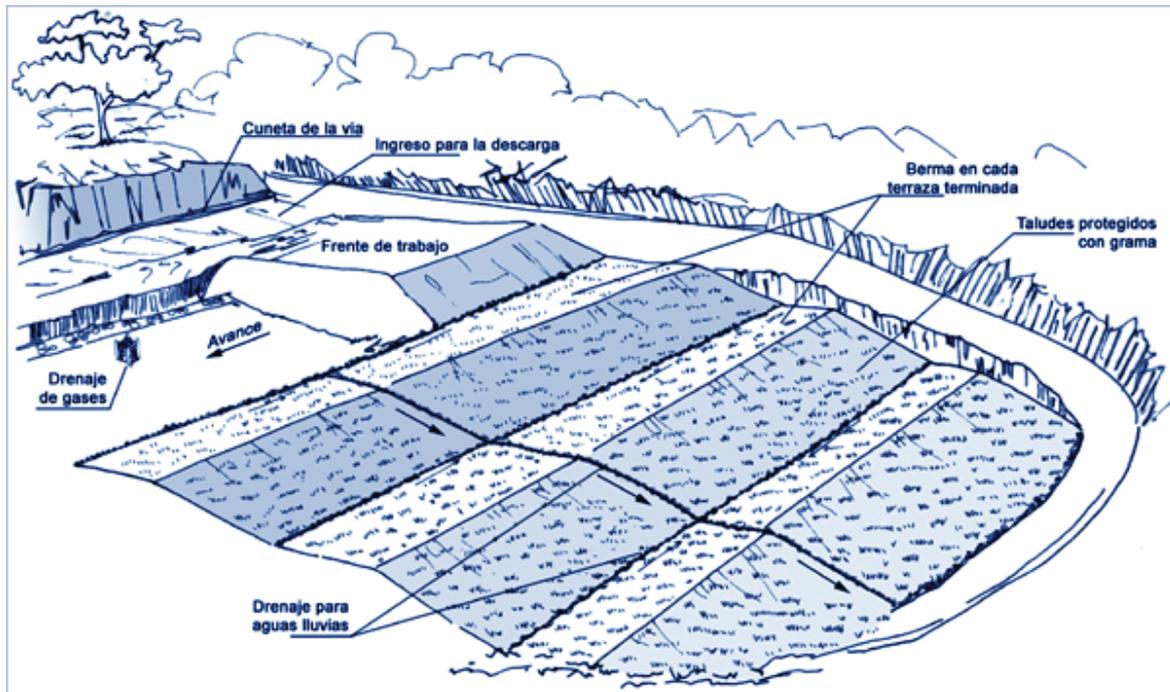


Figura 40: Esquema de Relleno Sanitario Convencional.

Fuente: Research Gate

Como se menciona en el apartado 2.3.6.2., los residuos dispuestos en el relleno sanitario están sujetos a reacciones biológicas, físicas y químicas, las cuales forman parte de la degradación de la materia presente. La degradación biológica de los componentes orgánicos empieza en condiciones aeróbicas, en el momento de la descarga y luego continúa consumiendo el oxígeno atrapado dentro del relleno hasta agotarse. Por el contrario, la descomposición a largo plazo sigue bajo condiciones anaeróbicas. La degradación de los residuos está directamente relacionada al grado de compactación de éstos, por lo que, en un relleno de adecuada compactación, se obtendrá una más rápida descomposición, la cual se verá reflejada en una mayor tasa de producción de biogás, que es el indicador principal de la actividad de las reacciones biológicas en un relleno. Sin embargo, al ser bajo el grado de compactación en este tipo de relleno, esto ocasionará una mayor percolación de aguas de lluvia produciendo una cantidad considerable de generación de lixiviados cuyo tratamiento representa un costo adicional además del propio mantenimiento del propio relleno sanitario.

La correcta operación de este relleno sanitario, garantizando la estabilidad mecánica de los residuos dispuestos, acompañado de un grado de compactación óptimo, proporcionará una

adecuada utilización de la infraestructura. Por tal motivo, resulta de suma importancia efectuar un exhaustivo seguimiento de los avances en la operación.

8.2.2.2. Alternativa 2: Relleno Sanitario de Alta Densidad por Balas

El objetivo de un relleno sanitario de alta densidad por balas es acelerar y facilitar el control de los rellenos sanitarios a través de la reducción del volumen de los residuos por su alta compactación con una prensa de fardos. Este proceso aumenta la cantidad de los residuos dispuestos en el relleno sanitario.

El sistema de enfardado permite la compactación de los residuos sólidos urbanos, sin necesidad de previa separación de las fracciones reutilizables. Al comprimir los residuos sobre una cámara cerrada mediante una prensa electrohidráulica, se les extraerá todos los fluidos dejando el material prácticamente seco. Estos líquidos resultantes deben ser regularmente recogidos y bombeados a planta de tratamiento de lixiviados. La cantidad de los escurrimientos es variable y depende de la capacidad de la planta procesadora y de la fracción orgánica en los residuos. Para este proceso de enfardado se deben contar con instalaciones adicionales y maquinaria especializada lo cual requerirá su mantenimiento periódico para evitar cualquier falla.



Foto 38 : Residuos prensados

Fuente: Mercado y empresa para servicios públicos

Los residuos una vez prensados, subirán de densidad desde 350 kg por metro cúbico a aproximadamente 1000 kg por metro cúbico conformando “balas” de forma rectangular. Estas

son atadas con sunchos de alambre o plástico, y posteriormente, son envueltas en forma firme con film de polietileno, lo que evitará la salida de olores y la entrada de líquidos. Estas balas serán trasladadas en camión a una celda de disposición final.



Foto 39: Prensado y enfardado en film de polietileno

Fuente: Mercado y empresa para servicios públicos

La metodología de trabajo será la de apilar los cubos hasta una altura de 3 m, sobre la cual se colocará una capa de 15 cm de suelo y se seguirá apilando, con la ayuda de un apilador telescópico operado por un operario calificado. Como el material está seco y envuelto en film, no hay voladuras, y la posibilidad de olores y proliferación de vectores se reduce notablemente. El frente de trabajo, zona de descarga, es más reducido que el de un relleno tradicional.

Este tipo de relleno elimina por completo la necesidad de maquinaria de compactación de residuos en el propio relleno, permitiendo el manejo más flexible de los fardos, los cuales, por cuestiones operativas, pueden ser almacenados temporalmente en la planta de enfardado para luego ser transportados al sitio de disposición, lo que proporciona mayor flexibilidad en las operaciones de disposición final, las que, según el tipo de relleno, pueden ser realizadas en horario con luz natural, evitando operar el relleno en horas nocturnas.



Foto 40: Frente de trabajo en relleno de alta densidad por balas.

Fuente: Mercado y empresa para servicios públicos

La alta densidad de los residuos causa la retardación de los procesos de degradación biológica, pudiendo alcanzar la descomposición completa (final) hasta cien años, que implica que las emisiones al aire y los contaminantes de los lixiviados en los rellenos sanitarios, deben ser controlados a largo plazo.

8.2.2.3. Selección de la alternativa más conveniente

A continuación se realiza una comparación cualicuantitativa para identificar cuál es la alternativa que desde las perspectivas técnica, económica, ambiental y social resultan más convenientes. La herramienta que se utilizará para la toma de decisión es el **Análisis Multicriterio mediante Puntuación**. Este es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones durante el proceso de planificación que permite integrar diferentes criterios en un solo marco de análisis para dar una visión integral. En este modelo, se definen y listan los criterios tenidos en cuenta para la toma de decisión, y se les asigna una ponderación según su importancia en el proyecto del 1 al 5, tal como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 44: Ponderación de los criterios según importancia

Ponderación	
1	Muy poco importante
2	Poco importante
3	Importancia media

4	Algo importante
5	Muy importante

Cabe aclarar que se les puede asignar el mismo valor a dos criterios diferentes. Luego, se establece en cuánto satisface cada alternativa a cada criterio asignando también un valor del 1 al 5 según la siguiente tabla:

Tabla 45: Ponderación de las alternativas según su nivel de satisfacción de los criterios.

Rating	
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

Finalmente, las alternativas son jerarquizadas según su puntuación, que surge de la suma de los productos entre la ponderación y el rating otorgado a cada criterio para cada alternativa. La alternativa con puntuación más baja reflejará a aquella que cumpla de la mejor manera posible con todos los criterios planteados.

Los criterios tenidos en cuenta para la selección de la alternativa más conveniente, junto con su ponderación se presentan a continuación:

Tabla 46: Criterios tenidos en cuenta para el análisis multicriterio

Categoría	Criterio analizado	Ponderación individual
Ambiental	Emisiones Gaseosas y Olores	5
Ambiental	Uso de energía	3
Ambiental	Impacto constructivo de la Alternativa sobre el Ambiente	5
Ambiental	Impacto operativo de la Alternativa sobre el Ambiente	5
Ambiental	Necesidad de monitoreo post clausura	4

Socioambiental	Contradicción con las Metas 3R	4
Social	Puestos de trabajo generados	3
Técnica	Dificultad de operación	4
Técnica	Necesidad de maquinaria	4
Técnica	Problemas frente a condiciones climáticas adversas	4
Técnica	Necesidad de espacio	3
Económico	Costos de inversión inicial de equipos	4
Económico	Costos de operación y mantenimiento	4

A continuación, se presenta la **Tabla 33** que muestra el análisis multicriterio realizado, donde se observa el impacto de cada alternativa en los distintos factores analizados y los puntajes obtenidos para cada una.

Tabla 47: Matriz Multicriterio

Categoría	Criterio	Ponderación Individual	Rating		Puntaje	
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 2
Ambiental	Emisiones Gaseosas y Olores	5	4	3	20	15
Ambiental	Uso de energía	3	3	3	9	9
Ambiental	Impacto constructivo de la Alternativa sobre el Ambiente	5	4	4	20	20
Ambiental	Impacto operativo de la Alternativa sobre el Ambiente	5	4	3	20	15
Ambiental	Necesidad de monitoreo post clausura	4	3	5	12	20
Socioambiental	Contradicción con las Metas 3R	4	1	3	4	12
Social	Impacto negativo sobre generación de empleo	3	5	3	15	9
Técnica	Dificultad de operación	4	4	3	16	12
Técnica	Necesidad de maquinaria	4	2	4	8	16
Técnica	Problemas frente a condiciones climáticas adversas	4	4	3	16	12
Técnica	Necesidad de espacio	3	4	3	12	9
Económico	Costos de inversión inicial de equipos	4	3	5	12	20
Económico	Costos de operación y mantenimiento	4	3	5	12	20
				TOTAL	176	189

A raíz de la matriz multicriterio, se observa que la Alternativa 1: Relleno Sanitario Convencional obtuvo un puntaje igual a 176, mientras que la Alternativa 2: Relleno Sanitario de Alta Densidad por Balas obtuvo un puntaje igual a 189. Por lo tanto, la alternativa elegida por haber obtenido menor puntaje es el **Relleno Sanitario Convencional**.

En efecto, en relación a la alternativa de realizar un relleno sanitario por el sistema de enfardado (alta densidad por balas), al margen de los beneficios indicados en los apartados anteriores, se tomaron en consideración los requerimientos propios del proyecto, en relación a avanzar hacia una tecnificación moderada dadas las características de las localidades involucradas. Si bien la Alternativa 2 representa una gran solución para la problemática de disposición de RSU, la misma se encuentra sujeta a la implementación de tecnologías que no fomentan una recuperación de materiales reciclables (ya que los mismos al ser enfardados y comprimidos no requieren necesariamente de una separación). Además, esta alternativa requiere de la construcción de una planta enfardadora, con toda la maquinaria necesaria y su mantenimiento constante, y que en caso de no funcionar, provocaría la acumulación de residuos y la discontinuidad del proceso de disposición final. Esto viene asociado a un costo de inversión alto, junto con un costo de operación y mantenimiento también elevado en comparación con el relleno convencional. A su vez, el uso del material film de polietileno para envolver los fardos representa un uso excesivo de este material, lo cual no sucede en un relleno sanitario convencional. Por su parte, este último si bien al principio puede generar mayor cantidad de gases y de lixiviados, como su descomposición es más rápida que dentro del relleno por balas, no es necesario el monitoreo ambiental post clausura pasados los 10 años, mientras que en el relleno de alta densidad por balas, la descomposición puede llegar a durar hasta 100 años.

Es por ello, y en virtud de las características del presente proyecto, que se ha contemplado la implementación de la disposición final de residuos a través de la tecnología de relleno sanitario convencional.

8.2.3. Memoria de Cálculo del Relleno Sanitario

Para el diseño del relleno sanitario convencional se optó por el **método constructivo de área**. Esta elección es debido a que no es posible excavar sobre el terreno, dado que el

nivel freático se encuentra a sólo 1,5 metros. Por lo tanto, los residuos serán depositados directamente sobre el suelo original, previa impermeabilización del terreno. Sobre un talud inclinado, se irán compactando los residuos en capas inclinadas de 60 cm para formar las celdas que después se cubrirán con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo. Para que se cumpla la condición de ser relleno sanitario, al finalizar el trabajo diario se deben cubrir las celdas para evitar la proliferación de fauna nociva, malos olores que invadan a todo el sector y que los residuos sean llevados por el viento fuera del relleno. Además, para la operación del relleno sanitario se optará por un método mecanizado, ya que se utilizará maquinaria especializada para el manejo de la disposición final y métodos constructivos.

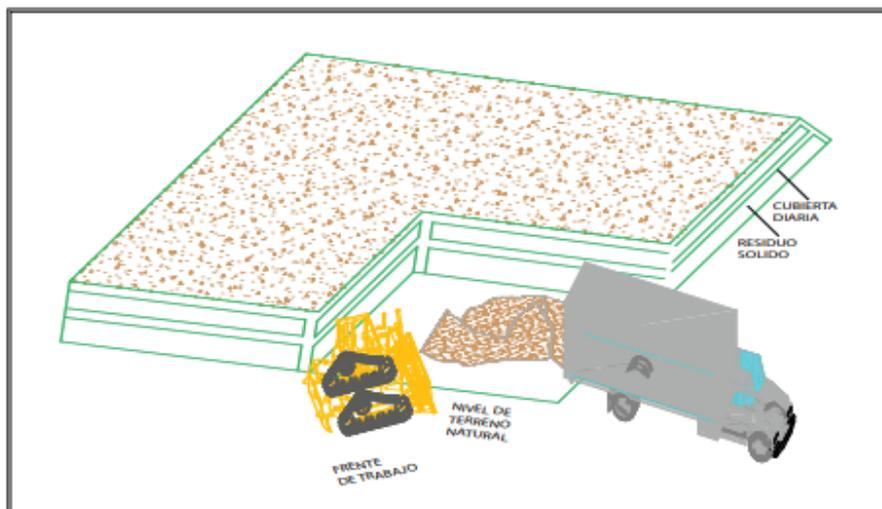


Figura 41: Método de área

Fuente: Ministerio de Ambiente de Perú.

Para el diseño, se seguirá la metodología presentada por la cátedra de Residuos Sólidos Urbanos de la carrera Ingeniería Ambiental, cursada por la alumna en 2021.

Para comenzar con el cálculo del área del relleno, fue necesario reunir todos los datos presentados en el capítulo 7, con el objetivo de determinar la generación acumulada de residuos sólidos en los 20 años de vida útil del relleno. Para esto, se confeccionó una Tabla que se presenta en el **Anexo 3** en donde se puede observar que la cantidad de residuos acumulados en el relleno sanitario en los 20 años del proyecto es de **258.686,17 toneladas**.

En cuanto a la compactación de los residuos, la densidad compactada de los residuos será de 600 kg/m³ (Jaramillo, 2002) recién descargados en el relleno. Con este dato se obtiene

que el volumen acumulado de residuos será de **431,150.17 m³** cuando apenas son dispuestos. Sin embargo, si tenemos en cuenta que los residuos se estabilizarán a lo largo del tiempo, gracias a todas las reacciones que suceden en el relleno, se puede volver a calcular el volumen final tomando como densidad estabilizada de los residuos un valor de 800 kg/m³ (Jaramillo, 2002), lo que da un valor de volumen de residuos estabilizados acumulados de **323,362.63 m³**. Tomando en cuenta el material de cobertura, que es aproximadamente un 20% del volumen de residuos sólidos a disponer, se obtiene un volumen total de **409,592.66 m³**.

El Área requerida será el total de área para los años proyectados para el funcionamiento del relleno sanitario, por consiguiente, el área para el volumen acumulado de residuos se determinará de la siguiente ecuación:

$$\text{Área Total para los } n \text{ años de funcionamiento (m}^2\text{)} = \text{VRA} + \text{MC (m}^3\text{)} / h. \text{ Ec. 8}$$

Donde VRA= Volumen de residuos acumulados en los 20 años

MC= Volumen del material de cobertura

h= altura del máxima de la celda.

Se debe considerar que, cómo se utilizará el método de área para el relleno sanitario, la altura será de 8,5 metros, contando la cobertura final. Esto es debido a que se optará por un relleno mecanizado, en donde la alta compactación de los residuos permitirá una gran estabilidad de los mismos. De esta forma, se obtiene un área requerida de **51,199.08 m²**, lo que equivale aproximadamente a **5,12 hectáreas**. Sin embargo, según Jaramillo 2002, se debe considerar entre un 10 y 20% extra de terreno necesario para construir las obras complementarias. En este caso se utilizará un 10%, teniendo en cuenta que mucha de la infraestructura auxiliar se compartirá con el resto del Centro Ambiental, por lo que no debe calcularse el área dos veces. Por lo tanto, el Área Total del relleno será: **61,438.90 m²**, lo que equivale a **6,14 hectáreas**. En la siguiente Tabla se resumen los resultados obtenidos:

Tabla 48: Datos de diseño de relleno sanitario

Toneladas Residuos Acumulados	Volumen residuos compactados (m ³)	Volumen residuos estabilizados (m ³)	Volumen residuos estabilizados + Material de Cobertura (m ³)	Área requerida (ha)	Área total (ha)
258.686,17	431,150.17	323,362.63	409,592.66	5,12	6,14

A continuación se presentan los cálculos para obtener las dimensiones de cada celda. Se llama celda diaria a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos y al material de cubierta (tierra/suelo) debidamente compactados mediante un equipo mecánico. Las celdas se diseñan conociendo la cantidad de residuos sólidos recolectados diariamente que llegan al sitio del relleno sanitario seleccionado. Los elementos de una celda son: su altura, largo, ancho del frente de trabajo, pendiente de los taludes laterales y espesores del material de cubierta diario y del último nivel de celdas tal como se muestran en la siguiente imagen:

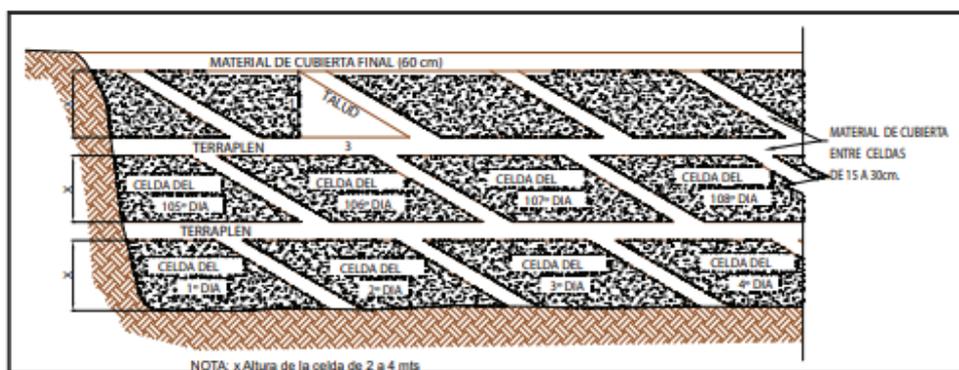


Figura 42: Corte de un relleno sanitario. Por más que el esquema corresponda al método de trinchera, la conformación es similar para el método de área.

Fuente: Ministerio de Ambiente de Perú.

La altura de la celda depende de la cantidad de los residuos que se depositen, del espesor de material de cubierta, la estabilidad de los taludes, y las especificaciones técnicas de la maquinaria empleada para la compactación de los residuos sólidos. Se recomienda una altura de la capa de residuos de 0,60 metros. El ancho mínimo de la celda, o mínimo frente de trabajo, dependerá del número de vehículos recolectores que llegan en la hora pico, es decir, la hora del día en que arriba al relleno al máximo número de vehículos recolectores que depositan los residuos para su disposición final. Se recomienda que el ancho mínimo sea de 2 a 2.5 veces el largo de la cuchilla de la maquinaria. Este factor de aumento es considerado para facilitar las maniobras de la maquinaria. El talud de la celda es el plano inclinado en donde se apoyan los residuos y los equipos compactadores. Su inclinación se especifica mediante un ángulo o una relación que indica el número de unidades que avanza en dirección vertical por cada unidad que se avanza horizontalmente. Se recomienda que las celdas tengan un talud máximo de 1 a 3, es decir, que por cada metro de altura se avancen 3 metros horizontalmente.

El material de cubierta es la tierra necesaria que cubre los residuos después de haberlos depositado, esparcido y compactado. Este material evita la proliferación de animales como ratas; insectos; moscas y mosquitos; malos olores al descomponerse los residuos y la dispersión de los residuos fuera del relleno por el viento. Se recomienda un espesor de 15 a 20 cm compactados de tierra entre los niveles de celdas y una cobertura final con material apropiado en un espesor no menor de 0.50 m.

Para este caso, se utilizará una altura de celda de 0,60 metros, que es la máxima altura para eficiencia de compactación de la maquinaria, adicionando 0,20 m de altura de cobertura diaria, lo que da una altura total de celda de 0,80 m. Tomando como referencia el volumen de residuos diarios que se compactarán en la celda (cociente entre cantidad de residuos generados que van a disposición final y la densidad de compactación, adicionando el material de cobertura), es posible obtener el valor del área de cada celda.

El ancho de la celda dependerá de los equipos de compactación utilizados, y debe ser no menor a la longitud total de la máquina de compactación, que para este caso se tomará un valor de 5 m. Por último, realizando el cociente entre el área de la celda y el ancho, podemos obtener el largo, lo cual representa el frente de trabajo. Se debe tener en cuenta que cada celda tendrá un talud máximo de de 1 a 3, es decir, que por cada metro de altura se avancen 3 metros horizontalmente. Las tablas completas con los resultados obtenidos se encuentran en el **Anexo 3**.

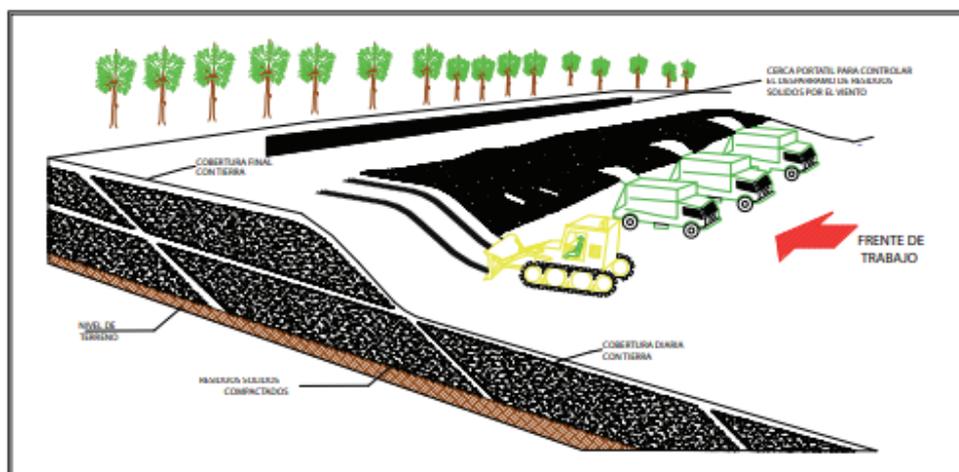


Figura 43: Frente de trabajo

Fuente: Ministerio de Ambiente de Perú

Si bien se verá en capítulos posteriores que los residuos no ingresarán a diario, ya que la recolección será diferenciada, se tomó para los cálculos como si ingresara la misma cantidad de residuos todos los días, ya que se partió de la PPC. Esto resulta válido ya que la cantidad de residuos acumulada será la misma al final de la vida útil del relleno, por lo que las dimensiones calculadas serán las mismas en ambos casos. Lo que cambiará serán las dimensiones de las celdas que se duplicarán, en el caso de que se recolecten día por medio los residuos húmedos.

A medida que se vayan formando las celdas diarias, estas conformarán franjas. Una franja es el conjunto de celdas alineadas en un sentido y a un mismo nivel. La longitud de una franja dependerá de las características topográficas del relleno en cuanto a dimensiones y método de construcción. El diseño de una franja está de acuerdo a la topografía del terreno, iniciando la primer celda de la franja en el extremo de menor nivel, con el propósito de lograr control sobre los líquidos lixiviados que tienden a escurrir hacia el extremo de cota menor, lo cual facilita su conducción hacia la planta de tratamiento. Al conjunto de celdas que se ubican en un solo nivel (no necesariamente el mismo), se le denomina capa. Las celdas en conjunto forman franjas, y éstas a su vez forman capas. El número de capas se determina por la altura que se proyecte el relleno sanitario, que para este caso particular, será de 8,5 metros teniendo en cuenta la cobertura final de 0,5 metros. De esta manera, entrarían dentro del relleno sanitario unas 10 capas, ya que la altura de cada celda es de 0,8 m. Como la vida útil del relleno es de 20 años, entonces cada 2 años se completaría una capa.

Por otro lado, se puede observar en la **Tabla 48**, que el área requerida para el relleno (sin contar instalaciones auxiliares) es de 51,199.08 m², la cual se redondeará a 52,200 m² para trabajar con número más exactos. A su vez, dados los laterales del predio, se tomarán las siguientes dimensiones para el relleno sanitario:

Tabla 49: Dimensiones del relleno sanitario y cantidad de celdas

Ancho	Largo	Altura	Área	Cantidad de celdas en el ancho	Cantidad de celdas en el largo	Cantidad de celdas a lo alto	Total celdas
208 metros	250 metros	8,5 metros	52.000 m ²	40	18,5	10	7400

Se puede observar que el relleno tendrá la capacidad de construir 100 celdas más (7300 celdas deberían ser las construidas en 20 años) luego de acabada su vida útil. Esto es debido a que se consideró un margen de error en el caso de que la generación supere el valor esperado, o que la separación en origen no sea satisfactoria.

8.2.4. Consideraciones Constructivas del Relleno Sanitario

A continuación, se presenta el detalle constructivo de las obras que involucran relleno sanitario.

8.2.4.1. Construcción de las Celdas

Se define teóricamente a una celda como un paralelepípedo. Su largo equivale al frente de trabajo necesario para que los vehículos recolectores puedan descargar la basura. El ancho está definido por la cantidad de basura que llega al relleno en un día y la altura se limita a unos 60 cm para lograr una mayor compactación. La primera celda se construye delimitando el área que ocupará, basándose en las dimensiones estimadas del cálculo de la cantidad de residuos sólidos y su grado de compactación como se muestra en el capítulo anterior. Los residuos se descargarán en el frente de trabajo, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y además evitar su acarreo de larga distancia. Los residuos se esparcen en capas delgadas y se compactan hasta obtener la altura recomendada para la celda en el frente de trabajo. La cobertura diaria se efectúa con un espesor suficiente para tapar completamente y rellenar las irregularidades de la superficie (aproximadamente 20 cm). Al final de la jornada se compacta la celda hasta obtener la superficie lo más uniforme posible. Se recomienda una vez terminada la primera plataforma de celdas, hacer circular sobre ellas a los vehículos recolectores de modo que se logre una mayor compactación (CEPAL, 2016).

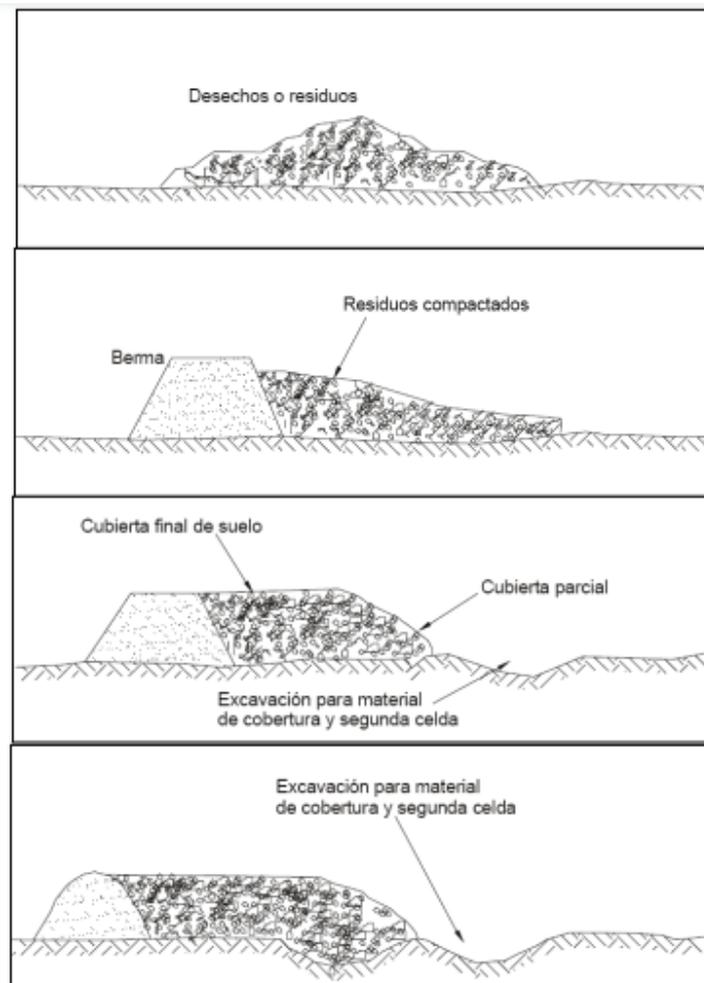


Figura 44: Construcción de celdas sobre talud.

Fuente: CEPAL, 2016

8.2.4.2. Operación en el frente de trabajo

Al ser descargados los residuos sobre el frente de trabajo, el personal en operación los esparce sobre el talud de las celdas ya terminadas en capas sucesivas de 0.20 a 0.30 metros., empleando para ello horquetas o rastrillos. Luego se nivela la superficie superior y se la compacta con un rodillo, excepto las superficies laterales que son compactadas por medio de los pisones de mano hasta darles una relativa uniformidad. El drenaje de las aguas del sector debe ser inmediato y conducido al sistema de drenaje.

El esparcimiento y compactación se realiza en capas horizontales o inclinadas con una pendiente 1:3 lo cual proporciona mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial,

menor consumo de tierra, mejor contención y estabilidad del relleno. Sobre la superficie la pendiente será de 1 a 2 grados.

8.2.4.3. Cobertura diaria y final

Para concluir la celda, se cubre con una capa de tierra del orden de 0,20 metros, la cual se esparce por medio de carretillas de mano, pala y azadón y se la compacta empleándose el rodillo y pisonos de mano, con el mismo sistema efectuado para comprimir la capa de residuos. Vale recordar que la cobertura diaria evita la presencia de insectos, roedores y otros vectores sanitarios, así como el fuego, los gases y malos olores, la humedad y la basura dispersa. De este modo, al terminar la jornada no debe quedar ningún residuo sólido expuesto. En cuanto a la calidad del material de cobertura para un relleno sanitario se recomienda emplear 1 m³ de tierra por cada 4 a 5 m³ de desechos sólidos, es decir, entre 20% y 25%. Al utilizarse el método de área, el material de cobertura deberá ser trasladado desde otro sitio, lo cual incrementará los costos de operación.

Alcanzada la cota final del proyecto, se deberá ejecutar la cobertura final, cuya finalidad es aislar a los residuos allí dispuestos, de las acciones climáticas, brindando un cierre de baja permeabilidad a la masa de los residuos. La misma se ejecutará en capas, las cuales se describen a continuación, desde abajo hacia arriba:

- Primeramente, se deberá ejecutar una capa de ecualización, de 0.30 m de espesor, que nivelará la superficie de los residuos, y brindará a estos, la capacidad soporte requerida para el ingreso de los materiales que constituirán las siguientes capas de materiales de la cobertura final.
- Seguidamente, se colocará una membrana GCL de 3,5 kg/m².
- Por último, la misma se conformará con una capa de suelo vegetal- La misma tendrá 0,2 m de espesor, con pendiente de 1,5% Estas pendientes son tales que permiten el escurrimiento de agua de lluvia hacia las afueras del módulo, evitando que estas tomen contacto con los residuos dispuestos, minimizando de esta forma, la generación de líquidos lixiviados.

8.2.4.4. Impermeabilización de fondo

Dado que el nivel freático se encuentra muy cercano (a 1,5 metros), lo más recomendable es la impermeabilización con materiales de polietileno de alta densidad denominados geomembranas y geotextiles, de modo de evitar cualquier infiltración de líquidos lixiviados hacia el suelo y las aguas subterráneas, e igualmente proteger al relleno sanitario de posibles infiltraciones de agua subsuperficial hacia la masa del relleno.

En primera instancia, la impermeabilización del fondo y taludes internos se materializará, con la capa de asiento de membranas. La misma deberá estar perfectamente nivelada en las cotas de proyecto. Una vez realizada la capa de asiento, se procederá a la colocación de una manta GCL (Geosynthetic Clay Layer) de 3,5 kg/m², que conformará la capa de baja permeabilidad de material mineral. Sobre esta manta GCL, se deberá colocar una segunda capa de impermeabilización, geosintética, constituida por una geomembrana de polietileno de alta densidad, (PEAD) de 1,5 mm. Esta membrana será lisa, en el fondo de celdas, y texturada ambas caras, en taludes, para garantizar un mejor coeficiente de fricción del suelo de protección. Ésta debe anclarse al suelo por fuera del módulo, en una zanja perimetral, de manera de que quede fija en la posición colocada; luego la zanja debe ser tapada con suelo compactado. La geomembrana de PEAD deberá ser cubierta por una capa de suelo de protección, de suelo seleccionado y compactado, de 0,30 m de espesor. Esta sirve para permitir el tránsito de vehículos y maquinaria pesada. Finalmente, sobre este sistema de impermeabilización, se materializará el sistema de drenaje de fondo de líquidos lixiviados.

8.2.4.5. Red de Drenaje interno para Líquidos Lixiviados

La colección de los lixiviados se realizará mediante el diseño de fondo con tuberías. La zona del fondo se dividirá en franjas rectangulares (secciones) con barreras de arcilla (bermas) colocadas a distancias que permitan la conformación de celdas diarias. Las bermas permiten la separación de las aguas pluviales de las áreas que no posean residuos dispuestos, de aquellas áreas que sí poseen.

El fondo del relleno, entre cada berma, será diseñado mediante un sistema de drenaje interno denominado “espina de pescado”. Este consta de una red de evacuación de lixiviados

diseñada con un ramal principal y varios ramales secundarios. El ramal principal confluye en el punto más bajo del relleno sanitario.

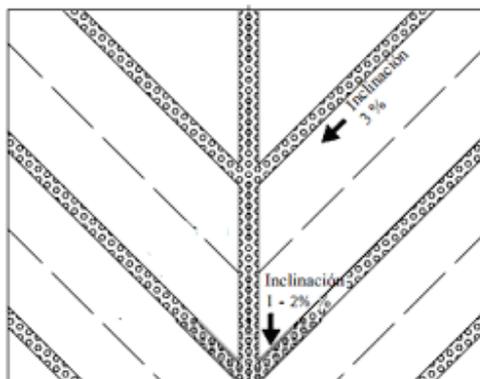


Figura 45: Red de drenaje según el sistema "espina de pescado"

Fuente: Diseño del sistema de drenaje del reservorio de plataforma alta. Edec.gob

Se colocarán para los ramales secundarios y principales unas tuberías plásticas de PVC apoyadas sobre la geomembrana. Este material fue elegido debido a que presenta bajos coeficientes de rugosidad, lo que implica una mayor eficiencia hidráulica. Los tubos de los ramales secundarios serán de 110 mm de diámetro externo con perforaciones de 10 mm, espaciadas cada 10 cm, sobre la mitad inferior de su circunferencia, de manera de permitir la colección de lixiviados y evitar la obstrucción de los agujeros con sólidos. Las líneas de conducción serán a gravedad, con una pendiente mínima recomendada hacia el colector mayor de aguas lixiviadas del 3%. El tubo colector principal tendrá una pendiente de entre 1 y 1,5%, un diámetro externo de 250mm y se encontrará en una zanja de 60 cm de ancho y 40 cm de alto. El colector principal estará conectado a los ramales secundarios mediante ramales de PVC a 45° de 110 x 250 cada 25m. Los tubos se cubrirán con la capa de mezcla de grava, arena y suelo de 60 cm para protegerlos y filtrar los lixiviados. Los tubos colectores principales transportarán el lixiviado hacia la planta de tratamiento (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1994).

8.2.4.6. Red de Drenaje Externo

Con el fin de interceptar y desviar el escurrimiento de aguas de lluvia, se construirá un canal perimetral fuera del relleno sanitario, lo que constituye un elemento fundamental de su infraestructura, que contribuirá a reducir el volumen del líquido lixiviado y mejorará las condiciones de operación.

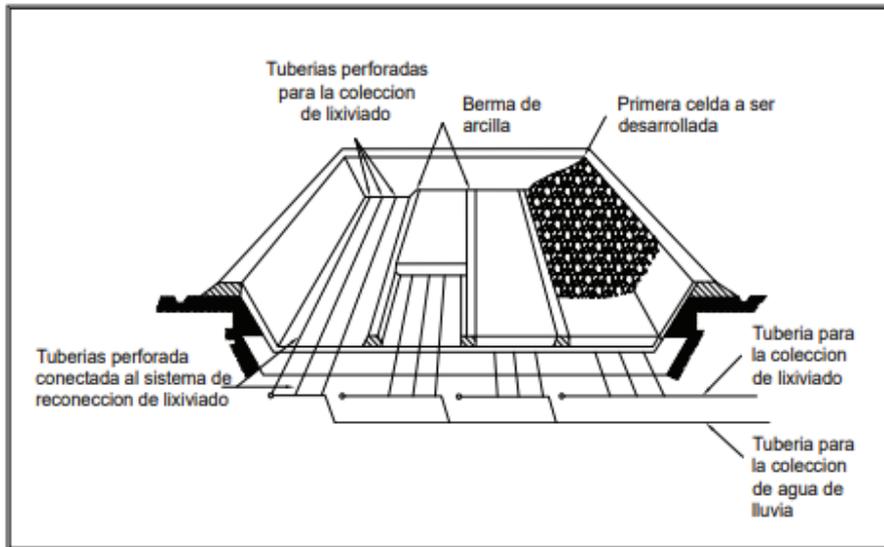


Figura 46: Diagrama del diseño con tuberías en la base del relleno sanitario.

Fuente: Ministerio de Ambiente de Perú

Para obtener las dimensiones de la canaleta será necesario calcular el tamaño de desagüe utilizando la fórmula de Manning:

$$Q\left(\frac{m^3}{s}\right) = \frac{A \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

- Q: Caudal de desagüe (m³ /s) ·
- A: Área de sección del canal (m²) ·
- S: Pendiente longitudinal del canal (se asume una pendiente del 2%) ·
- n: Coeficiente de Manning= 0,023 para canales de tierra rectos y bien conservados (Ven Te Chow, 1959) ·
- Rh: Radio hidráulico

En primer lugar, el cálculo del caudal que influirá sobre el relleno sanitario por efecto de las aguas de lluvias se calculó utilizando el **Método Racional**, que es el método que se utiliza en hidrología para estimar el Caudal Instantáneo Máximo de descarga de una cuenca hidrográfica. Este método tiene muchas limitaciones, como:

- Solo entrega caudal pico
- Supone lluvia uniforme en el tiempo y lluvia uniforme en la cuenca

- Escorrentía proporcional a la precipitación
- Ignora almacenamiento o retención temporal
- Asume que el periodo de retorno de precipitación y escorrentía es la misma.
- Area máxima 200 Ha

Sin embargo, este método es útil ya que se asume que la “cuenca” es únicamente el área del relleno sanitario, lo cual elimina muchas de estas limitaciones.

El caudal máximo de diseño se calcula a través de la ecuación empírica:

$$Q\left(\frac{m^3}{s}\right) = \frac{C \cdot I (mm/h) \cdot A(ha)}{360} \text{ Ec. 10}$$

la cual está en función del coeficiente de escorrentía del suelo (C), la intensidad pluvial máxima de la zona (I) y el área de la cuenca (A). El coeficiente de escorrentía se puede calcular a través de la siguiente tabla, considerando un suelo sin vegetación, suelo semipermeable, con pendiente de 1,5%, tal como se explicó previamente.

Tabla 50: Coeficiente de escorrentía

Coeficiente de escorrentía (Zonas Rurales).						
Cobertura Vegetal	Permeabilidad del Suelo	Pendiente del Terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Sin Vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50

Fuente: Ingeniería civil - Tutoriales al día

El valor de C en este caso será de 0,55. El valor de A se corresponde al valor del área del relleno, que es de 5,2 ha.

La intensidad fue calculada a partir de la curva IDF de la ciudad de Rafaela, ubicada a 168km de Ceres. Si bien no es lo ideal, no se encontraron curvas IDF para lugares más cercanos. Se utilizó un tiempo de recurrencia de 50 años, y una duración de tormenta de 60 minutos. De esta forma se obtuvo un valor de intensidad de 93mm/h.

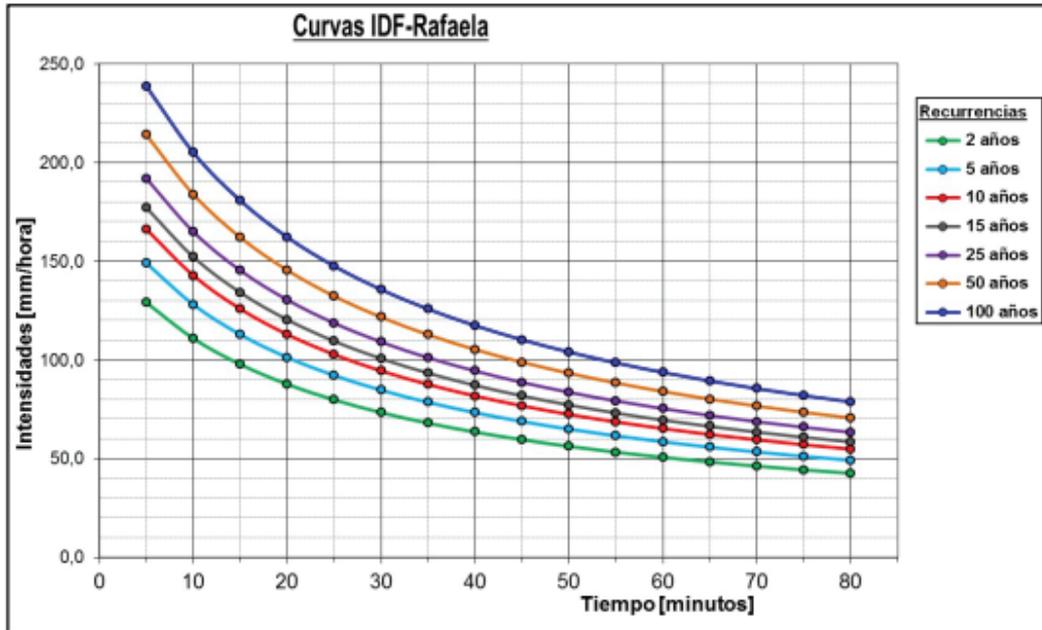


Gráfico 12: Curva IDF ciudad de Rafaela.

Fuente: Eproin, 2019

Con estos datos fue posible calcular el valor de Q mediante el método racional, el cual dio un valor de 0,74m³/s.

En cuanto al área del canal y el radio hidráulico, los mismos pueden ser calculados con las siguientes ecuaciones, teniendo en cuenta que se trata de un canal trapezoidal de talud 1/2:

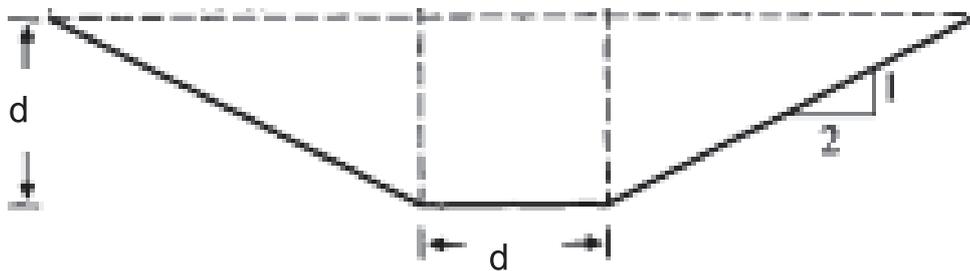


Figura 47: dimensiones del canal pluvial

Fuente: Elaboración propia

$$A = \frac{3}{2} * d^2 \text{ Ec. 11}$$

$$Rh = 0,4635 * d \quad \text{Ec. 12}$$

Reemplazando A y Rh en la fórmula de Manning, y el valor de Q se obtiene:

$$0,74 = \frac{\frac{3}{2} * d^2 * (0,4635 * d)^{2/3} * 0,02^{1/2}}{0,023} \quad \text{Ec. 13}$$

Despejando d, se obtiene un valor de 0,22m, un Área de 0.07m² y un Radio Hidráulico de 0,10m.

8.2.4.7. Equipamiento

. El equipamiento y maquinaria a utilizar dependerá del tipo y cantidad de residuos recibidos, del material de cobertura y de los métodos de operación dentro del vertedero. Los requerimientos de equipo atienden el manejo de los residuos, en compactación, la cobertura, la construcción de terraplenes y el acondicionamiento de celdas. De forma orientativa, se muestran a continuación datos sobre los diferentes equipos a utilizar, obtenidos de la “*Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*” de la CEPAL (2016):

Tabla 51: Equipamiento necesario para el funcionamiento del relleno sanitario

Cantidad	Equipo	Función
1	Tractor de cadenas modelo D6G marca Caterpillar o equivalente, con una potencia de 155 HP.	Desmonte y/o despalme de las áreas de trabajo. Corte o excavación en las celdas del proyecto para utilizar el material de corte como material de cubierta. Esparcir y compactar los residuos sólidos en capas. Compactar el material de cubierta sobre las celdas del relleno sanitario.
1	Cargador frontal marca Caterpillar con una potencia de 105 HP.	Carga del material de desmonte y/o despalme. Carga y colocación del material de cubierta sobre las celdas del relleno sanitario. Carga del material requerido para caminos interiores
1	Vehículo con caja de volteo con capacidad de 6 m ³ .	Acarreo de materiales en general.
1	Vehículo para remolque de pipa de abastecimiento de agua	Riego de caminos interiores y de acceso exterior. Humectación del material de cubierta antes de su colocación.
1	Vehículo pick-up Ford F-150	Supervisión general de operaciones.

Fuente: CEPAL, 2016

8.2.5. Memoria de Cálculo Generación y Colección de Lixiviados

Considerando que tanto la generación de líquidos lixiviados y la de biogás dependerá del grado de compactación de la masa de residuos dispuestos, se tuvo en cuenta un diseño de relleno sanitario factible para la disposición final de RSU (planteado en función de las dimensiones propias del terreno), que desde el punto de operativo, minimice el área de disposición diaria, obteniéndose una menor cantidad de residuos expuestos sobre frente de descarga, conllevando a una menor afectación de aguas de lluvias sobre los sectores operativos. Por lo tanto, con la gestión de aguas superficiales llevada en forma adecuada durante la fase operativa, se minimizará la percolación de aguas de lluvia sobre los residuos, obteniendo como resultado una menor generación de líquidos lixiviados.

El conocimiento de la estimación del volumen potencial de lixiviados que se generará anualmente en el relleno es de suma importancia para establecer los parámetros de diseño de los sistemas de tratamiento de líquidos lixiviados. Para determinar la generación de lixiviados, debe tomarse en cuenta los factores climatológicos, así como las características de los residuos, las características del material de cobertura, las características del cerramiento final y el mantenimiento a largo plazo del relleno.

La naturaleza de los líquidos lixiviados tiene dos orígenes principales:

- a) Lixiviados producidos por la humedad propia de los residuos y la descomposición de la materia orgánica presente en los mismos.
- b) Lixiviados provenientes de fuentes externas, principalmente del ingreso de aguas pluviales al relleno.

En la presente memoria de cálculo se utilizó el **Modelo Suizo** para estimación del caudal medio de lixiviados, teniendo en cuenta las condiciones e información con la cuales se contaba para la realización del estudio. Este modelo considera que un cierto porcentaje de la precipitación que atraviesa los residuos llega al fondo impermeabilizado del relleno y debe ser recogido y tratado. El mismo depende de la cantidad de precipitación y del grado de compactación de los residuos.

El modelo suizo permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado mediante la ecuación:

$$Q = \frac{P.A.K}{t} \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

Q = Caudal medio de lixiviado o líquido percolado (L/s)

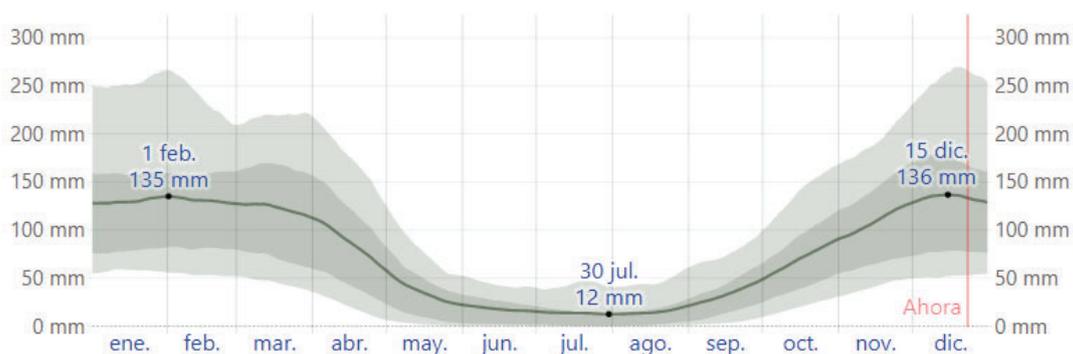
P = Precipitación media anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno sanitario (m²)

t = Número de segundos en un año (31.536.000 s)

K = Coeficiente que representa la proporción de precipitación que se convierte en lixiviado y depende del grado de compactación de la basura, cuyos valor para rellenos fuertemente compactados como en este caso (con peso específico > 0,7 t/m³), se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25 % (k = 0,15 a 0,25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno (Castillo, 2014).

Por lo tanto, para obtener el valor *P* fue necesario reunir información sobre la precipitación media anual en el municipio de Ceres. Los datos presentados a continuación representan el promedio de la precipitación de lluvia acumulada por mes, entre los años 1996 y 2018. Las precipitaciones fueron medidas en el Aeródromo de Ceres, a 3,5km del relleno sanitario.



La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo de 31 días en una escala móvil, centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. La línea delgada punteada es la precipitación de nieve promedio correspondiente.

	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Lluvia	129,1mm	130,9mm	124,3mm	88,6mm	34,3mm	17,6mm	13,6mm	13,9mm	31,9mm	70,7mm	108,1mm	136,4mm

Gráfico 13: Promedio mensual de lluvia acumulada en Ceres Aerodrome, período 1996 y 2018.

Fuente: weatherspark.com

Se puede observar que el mes con más lluvia en el Ceres es diciembre, con un promedio de 136,4 milímetros de lluvia mientras que el mes con menos lluvia es julio, con un promedio de 13.6 milímetros de lluvia. El promedio anual de precipitaciones es la suma de todos los promedios mensuales presentados en el **Gráfico 13**, lo que da un valor de **899,4 milímetros** de lluvia anual.

Por otro lado, el valor A ya fue calculado previamente, y es igual a **52.000m²**. Por último, se optó por un valor de K promedio a los recomendados, igual a **0,20**. Con estos datos, fue posible calcular el caudal medio de lixiviados (Q), que se presenta a continuación:

$$Q = \frac{P.A.K}{t} = \frac{899,4\text{mm/año} \cdot 52.000 \text{ m}^2 \cdot 0,20}{31.536.000 \text{ s/año} \cdot 1000 \text{ mm/m}} = 2,97 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,3 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Por lo tanto, el caudal total medio de lixiviado aportado por lixiviados producidos por la humedad propia de los residuos más los lixiviados provenientes de fuentes externas nos da un total de **0,3 L/s** equivalente a **25.920 L/día** y **9.460.800 L/año**.

Conociendo el caudal de lixiviados por día, se puede diseñar la red de colección de lixiviados. Para eso, se utilizó el software *HCANALES Versión 3.0*. Este es un programa que permite simular el diseño de canales, variando cualquier parámetro hidráulico. En este caso, para el modelado de los canales secundarios, además del diámetro ($d=110\text{mm}$), se usaron los siguientes datos:

- Caudal= 0,3 L/s
- Rugosidad del PVC= 0,0015mm (Computer Applications in Hydraulic Engineering, Haestad Methods)
- Pendiente= 0,03 m/m (3%)

Los resultados del modelado de los ramales secundarios, según el software HCANALES fueron los siguientes:

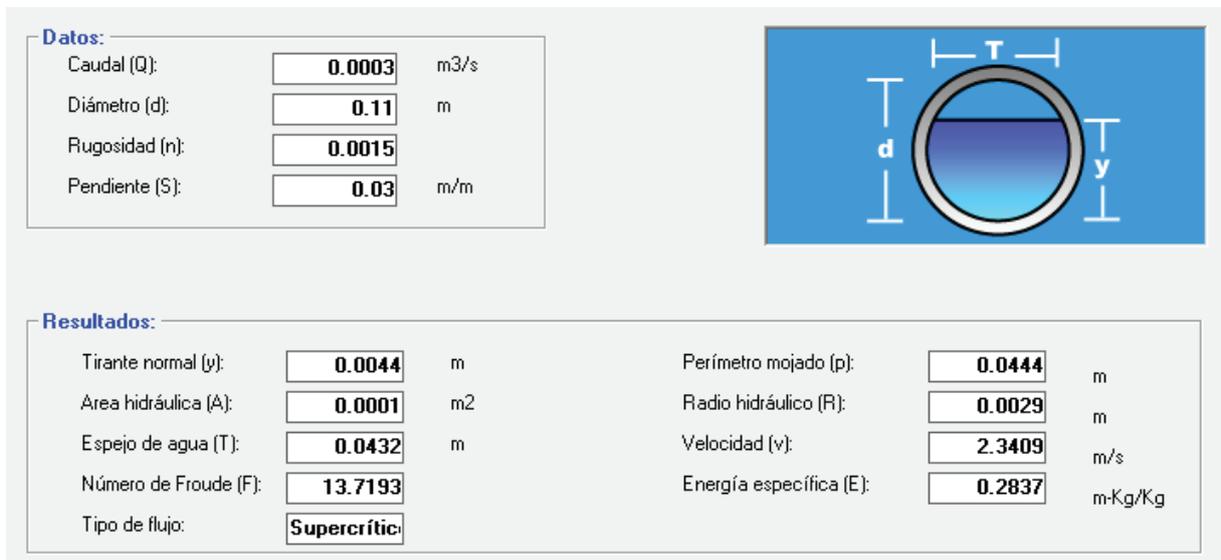


Figura 48: Cálculo del flujo sobre el dren secundario transversal utilizando Hcanales.

Cabe aclarar que para la elección del diámetro de la tubería más adecuado se tuvo en cuenta el siguiente criterio:

- Se debe respetar la velocidad máxima admisible. La velocidad máxima para tuberías de PVC es de 5 m/s, aunque generalmente se adopta un coeficiente de seguridad que lleva a fijar una velocidad media máxima admisible de 3 m/s o menor (ENOHSA).

Un diámetro de 110mm cumple con estas condiciones dado a que la velocidad resultó ser de 2,3m/s.

Asimismo, el diámetro para los drenes principales longitudinales será de 250mm, por lo que según el software, estas serán las condiciones de flujo:

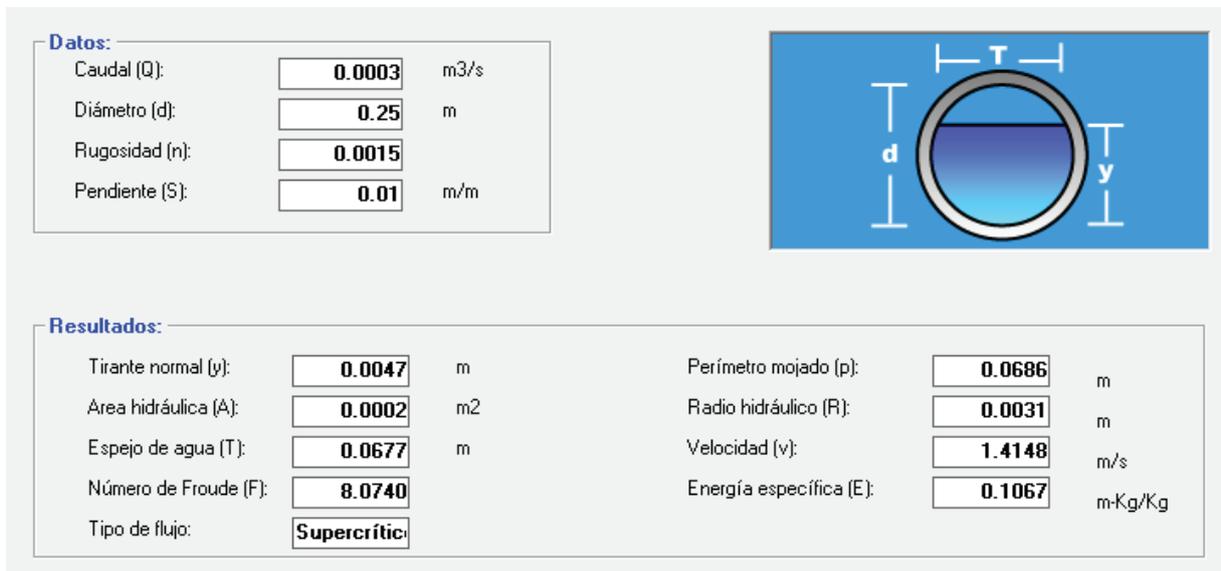


Figura 49: Cálculo del flujo sobre el dren principal utilizando Hcanales.

Por otro lado, para poder plantear un tratamiento del volumen de lixiviados calculado, primero se debe tener en cuenta cuál es su composición. Si bien la misma varía ya que los residuos ingresados en el predio son heterogéneos, y las lluvias varían según la estación, se considerará la siguiente composición:

Tabla 52: Composición de líquidos lixiviados de un relleno sanitario con residuos sólidos urbanos.

Parámetro (unidad)	Relleno de reciente creación (menor a 5 años)	Relleno maduro (mayor a 10 años)
DBO ₅ (mg/L)	2 000 - 30 000	100 - 200
Carbono Orgánico Total (mg/L)	1 500 - 20 000	80 - 160
DQO (mg/L)	3 000 - 60 000	100 - 500
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	200 - 2 000	100 - 400
N-org (mg/L)	10 - 800	80 - 120
NO ₄ (mg/L)	10 - 800	80 - 120
NO ₃ (mg/L)	10 - 100	5 - 10
P total (mg/L)	5 - 100	5 - 11
Ortofosfato (mg/L)	4 - 80	4 - 8
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	1 000 - 10 000	200 ? 1 000
pH	4,5 - 7,5	6,6 ? 7,5
Dureza total	300 - 10 000	200 - 500
Ca (mg/L)	200 - 3 000	100 - 400
Mg (mg/L)	50 - 1 500	50 - 200
K (mg/L)	200 - 1 000	50 - 400
Na (mg/L)	200 - 2 500	100 - 200
Cl (mg/L)	200 - 3 000	100 - 400
SO ₄ (mg/L)	50 - 1 000	20 - 50
Fe total (mg/L)	50 - 1 200	20 - 200

Fuente: Tchobanoglous y Kreith (2002)

En el caso del relleno sanitario en cuestión, este se encuentra ubicado al lado de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Ceres, por lo que es posible descargar el lixiviado para su tratamiento en esa planta. Para esto, es importante evaluar si la planta de tratamiento es capaz de tratar la cantidad y la calidad del lixiviado; por ejemplo, la carga orgánica adicional. El lixiviado será conducido por gravedad hasta la planta de tratamiento.

8.2.6. Memoria de Cálculo Generación de Biogás

En el presente apartado se verificará la necesidad o no de la instalación de una Planta de Biogás para la generación de energía a partir del metano liberado por la descomposición de los residuos en el relleno. Para el cálculo de generación de biogás se utilizó el Programa LandGem 2020 de la EPA. El LandGEM es una herramienta de estimación automatizada con una interfaz de Microsoft Excel que se puede utilizar para estimar las tasas de emisión del gas del relleno sanitario totales, y también de metano, dióxido de carbono, compuestos orgánicos distintos del metano y contaminantes individuales del aire. La generación total de gases y de metano obtenida a través de esta herramienta se presenta en el siguiente gráfico y siguiente tabla:

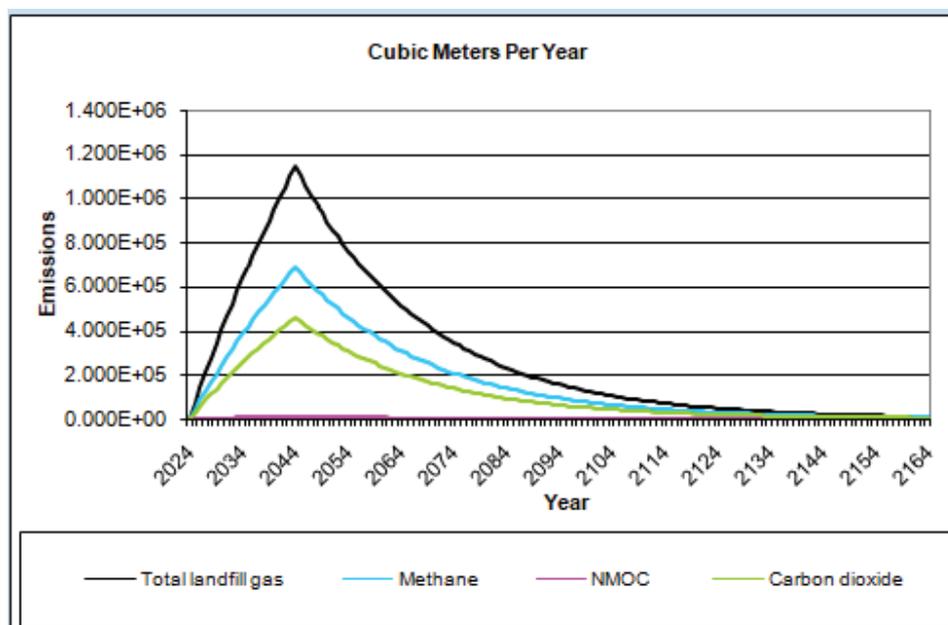


Gráfico 14: Generación de biogás en el relleno sanitario.

Tabla 53: Generación de gases en el relleno sanitario

Year	Waste Accepted		Total landfill gas		Methane		Carbon dioxide		NMOC	
	(Mg/year)	(short tons/year)	(Mg/year)	(m3/year)	(Mg/year)	(m3/year)	(Mg/year)	(m3/year)	(Mg/year)	(m3/year)
2024	10,848	11,933	0	0	0	0	0	0	0	0
2025	10,974	12,071	2,25E+05	1,80E+08	6,02E+04	9,02E+07	1,65E+05	9,02E+07	2,59E+03	7,21E+05
2026	11,101	12,211	4,42E+05	3,54E+08	1,18E+05	1,77E+08	3,24E+05	1,77E+08	5,08E+03	1,42E+06
2027	11,229	12,352	6,51E+05	5,21E+08	1,74E+05	2,61E+08	4,77E+05	2,61E+08	7,47E+03	2,09E+06
2028	11,359	12,495	8,52E+05	6,83E+08	2,28E+05	3,41E+08	6,25E+05	3,41E+08	9,79E+03	2,73E+06
2029	11,489	12,638	1,05E+06	8,38E+08	2,80E+05	4,19E+08	7,67E+05	4,19E+08	1,20E+04	3,35E+06
2030	11,621	12,783	1,23E+06	9,88E+08	3,30E+05	4,94E+08	9,04E+05	4,94E+08	1,42E+04	3,95E+06
2031	11,753	12,928	1,42E+06	1,13E+09	3,78E+05	5,67E+08	1,04E+06	5,67E+08	1,63E+04	4,53E+06
2032	11,887	13,076	1,59E+06	1,27E+09	4,25E+05	6,37E+08	1,17E+06	6,37E+08	1,83E+04	5,09E+06
2033	12,022	13,224	1,76E+06	1,41E+09	4,70E+05	7,04E+08	1,29E+06	7,04E+08	2,02E+04	5,64E+06
2034	12,159	13,375	1,92E+06	1,54E+09	5,14E+05	7,70E+08	1,41E+06	7,70E+08	2,21E+04	6,16E+06
2035	12,296	13,526	2,08E+06	1,67E+09	5,56E+05	8,34E+08	1,53E+06	8,34E+08	2,39E+04	6,67E+06
2036	12,435	13,679	2,24E+06	1,79E+09	5,97E+05	8,95E+08	1,64E+06	8,95E+08	2,57E+04	7,16E+06
2037	12,575	13,833	2,39E+06	1,91E+09	6,37E+05	9,55E+08	1,75E+06	9,55E+08	2,74E+04	7,64E+06
2038	12,716	13,988	2,53E+06	2,03E+09	6,76E+05	1,01E+09	1,85E+06	1,01E+09	2,90E+04	8,10E+06
2039	12,858	14,144	2,67E+06	2,14E+09	7,13E+05	1,07E+09	1,96E+06	1,07E+09	3,07E+04	8,55E+06
2040	13,002	14,302	2,81E+06	2,25E+09	7,50E+05	1,12E+09	2,06E+06	1,12E+09	3,22E+04	8,99E+06
2041	13,147	14,462	2,94E+06	2,35E+09	7,85E+05	1,18E+09	2,15E+06	1,18E+09	3,38E+04	9,42E+06
2042	13,293	14,622	3,07E+06	2,46E+09	8,20E+05	1,23E+09	2,25E+06	1,23E+09	3,52E+04	9,83E+06
2043	13,44	14,784	3,20E+06	2,56E+09	8,54E+05	1,28E+09	2,34E+06	1,28E+09	3,67E+04	1,02E+07

En función de estos resultados, se toma como base de cálculo el año 5 (2028), ya que es la ventana de operación que usualmente se utiliza en este tipo de instalaciones. La generación al año 5 es $3,41 * 10^8$ m³/año, asumiendo una captación del 100%. Si dicho valor se lo afecta por una captación promedio del 60% (promedio utilizado en el diseño), se cuenta con un potencial de:

- Volumen Anual Metano 204.600.000 m³/año
- Volumen diario Metano 560.548 m³/día
- Volumen horario Metano 23.356 m³/hora

La potencia disponible para una planta de biogás se puede calcular como:

$$\text{Potencia disponible [kW]} = \eta_t * PCI \text{ biogás} * Q_{\text{biogás}} \quad \text{Ec. 15}$$

donde:

η_t : rendimiento térmico de la generación eléctrica. En este caso, y en base a datos de fabricantes de motores de biogás se utiliza 38,7%.

PCI biogás: poder calorífico inferior del biogás: se asume 10 kWh/m³.

Q biogás: caudal de biogás, unos 23.356 m³/hora aproximadamente.

En base a ello la potencia disponible [kW] se un valor de = **90.389 kW**

Esta potencia obtenida es reducida, no justificándose la inversión requerida y los costos de operación y mantenimiento necesarios para la correcta operación de una planta de biogás.

Es importante remarcar que el compostaje previsto en el Centro Ambiental reducirá el potencial de generación de biogás del relleno, ya que la corriente de orgánicos utilizada en este proceso es la principal generadora de biogás.

Debido a esto es que no se recomienda la adopción de un sistema de aprovechamiento de biogás y se propondrá un venteo pasivo del mismo.

8.2.6.1. Venteo Pasivo de Biogás

Los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno; aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir, pudiendo originar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosión en las áreas vecinas. Por

lo tanto, es necesario llevar a cabo un adecuado control de la generación y migración de estos gases. Este control se realizará empleando chimeneas las cuales se construyen a una altura de un nivel de residuos durante la adecuación inicial y se continúan construyendo a medida que la altura del relleno sanitario se va incrementando, instaladas en una densidad de 14 unidades/Ha. De esta forma se aprovecha de la difusión horizontal del gas del relleno. El gas se difunde hacia la próxima chimenea y por ella de manera controlada hacia la atmósfera. Las chimeneas tienen una alta permeabilidad para el gas y por consecuencia es muy baja la cantidad de gas que no se difunde por ellas.

Las chimeneas para captación del biogás estarán compuestas de una tubería de polietileno ranurada tipo PE de 630mm de diámetro nominal. Esta tubería tendrá como mínimo el 10% de su superficie con perforaciones o ranuras con un diámetro de 2cm. La chimenea estará rellena de piedra bola con un diámetro <16cm, lo que impide una rápida congestión por causa de material espeso o sólido ingresando a la chimenea. Es importante que las piedras sean pequeñas debido a que las que son grandes se rompen bajo la influencia del calor extremo de la incineración del biogás. La distancia entre chimeneas será de 25m que es lo recomendado en rellenos compactados donde el cuerpo de residuos tiene una altura < 15m. En el drenaje pasivo con chimeneas, es muy importante que se quemé el gas de relleno que sale de éstas, debido a que los gases del relleno salen casi sin dilución y presentan un peligro importante para los trabajadores del relleno sanitario. La chimenea donde se incinera el gas no debe ser más elevada que la altura máxima de la celda, para evitar que se mezcle el aire ambiental con el gas combustible. Con la incineración controlada del gas puro del relleno se evita también el peligro de explosión, que siempre existe cuando se mezcla el metano con la atmósfera. Por lo tanto, para quemar el gas de relleno dentro de la chimenea, se colocará un tubo de hormigón de 160 mm a una altura de 6m por encima del relleno ya completo.

Teniendo en cuenta la superficie del relleno se necesitarán en los 20 años de operación unas 72 chimeneas (aproximadamente 14 chimeneas por ha).

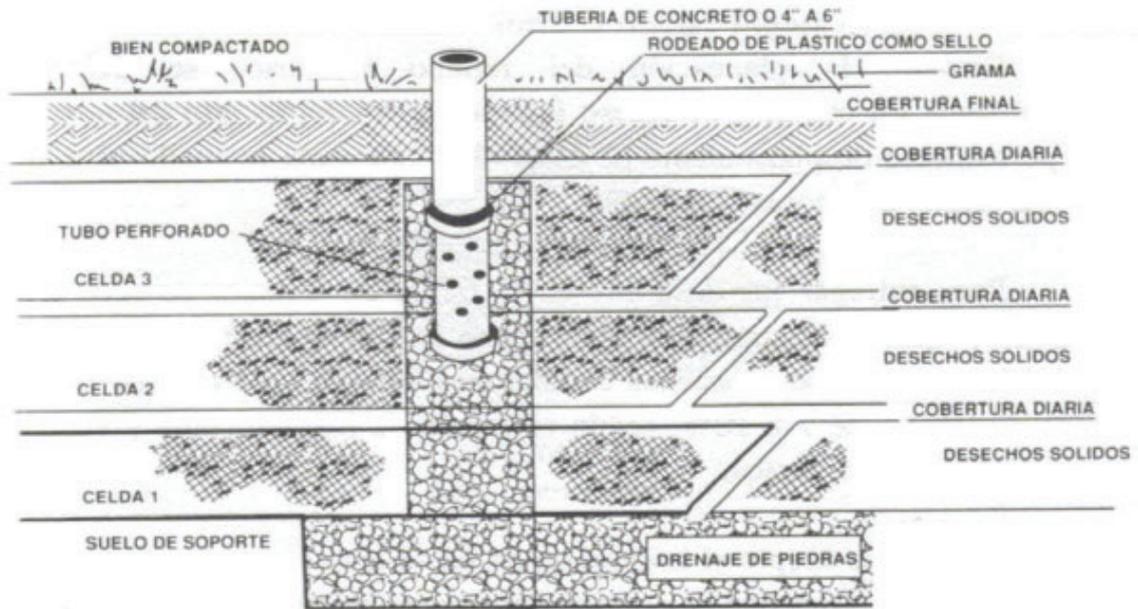


Figura 50: Chimenea para drenaje pasivo

Fuente: Grupo EPM

9. Cierre Técnico del Basural de Ceres

En el actual BCA de Ceres (ver ubicación en el *apartado 4.1.7.*) se ha previsto su clausura y cierre técnico definitivo, el cual consiste en la suspensión definitiva de la disposición final de los residuos sólidos en el basural, para eliminar los impactos ambientales negativos que pudiera estar causando. Conlleva todas las actividades técnicas de remediación y reparación que utilizan principios de ingeniería y que garantizarán que los residuos que han sido depositados en el lugar no continúen provocando impactos negativos al ambiente y la salud, de forma que el sitio quede integrado con el entorno. El cierre técnico integra también las actividades de mantenimiento y monitoreo post- cierre técnico (Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia, 2012).

9.1. Objetivos del Cierre Técnico del Basural de Ceres

Los objetivos del cierre del basural existente son:

- Minimizar la exposición de RSU y la potencial presencia de vectores sanitarios;
- Minimizar la potencial infiltración o dispersión de lixiviados y contaminación asociada;
- Evitar la dispersión de RSU por arrastre de aguas de escorrentía y por los vientos;
- Acotar los potenciales impactos sobre la salud humana asociados al contacto con RSU o residuos peligrosos/patogénicos presente en el basural.
- Mejorar la calidad paisajística del sitio afectado por los RSU.
- Generar un cierre con una cobertura adecuada de manera de confinar los residuos y evitar el ingreso del agua pluvial, de modo de reducir la formación de líquidos lixiviados y proveer, paralelamente, una superficie para el escurrimiento adecuado de las aguas pluviales;
- Ventear pasivamente los gases generados en el interior de la masa de residuos de manera de evitar condiciones que deriven en incendios;
- Establecer la infraestructura de monitoreo ambiental del predio.

9.2. Metodología Técnica del Cierre Técnico del Basural

El procedimiento, en forma general, consistirá en la conformación de sectores que abarquen la menor cantidad de superficie posible en cada caso, denominados Módulos de

Cierre, de acuerdo a la distribución en el predio de los residuos actualmente dispuestos, tal de minimizar el potencial de exposición a la atmósfera, así como el requerimiento de suelos, insumos y servicios requeridos para la cobertura, y los costos económicos asociados. De esta manera, se materializarán recintos encapsulados, los cuales estarán delimitados por canales perimetrales de colección de pluviales. A grandes rasgos, la metodología consiste en confinar al máximo los residuos, de forma de extraer los lixiviados y gases generados en el basural e incorporar la cobertura que impida la entrada de agua de lluvia. Se debe lograr la integración del basural cerrado con el medio que lo rodea.

El método para la confinación de los residuos que se seleccionó es el de área, dada su versatilidad para ser aplicado en distintos tipos de terreno, y en este caso, a que la excavación de zanjas del método de trinchera no sería viable dado los altos niveles freáticos. Por lo tanto, se proyecta únicamente el movimiento, compactación, y sellado de los residuos sólidos a nivel superficial.

Los residuos dispersos en el predio, serán cargados con cargador frontal o excavadora y transportados con camión volcador hasta los módulos. Los módulos serán definidos por las áreas en donde existan mayor cantidad de residuos acumulados. En el nuevo módulo a generarse se buscará igualar la altura de la basura de forma de generar una meseta en el sitio, con una altura final similar a la más alta en ese lugar, de manera de minimizar lo máximo posible el movimiento de residuos. En el caso de residuos que se encuentren contiguos a su posición final, los mismos podrán ser transportados por medio de topador.

Una vez ubicados en el sector correspondiente a cada módulo, serán perfilados y compactados. El propósito es realizar una operación similar a la que se desarrolla en el relleno sanitario: Se perfilará la superficie de cada módulo conformando una superficie nivelada, lisa y con leve pendiente (5%) hacia el contorno, a fin de conducir hacia estos puntos las aguas pluviales. Para esto se prevé la ejecución de la infraestructura de gestión del agua pluvial, la cual se realizará mediante una cuneta perimetral a cada sector, las que desaguarán mediante el uso de alcantarillas, al canal de desagüe general del predio. El tamaño de estos canales de drenaje pluvial se calculará con la información topográfica e hidrológica disponible.

Durante la confinación de los residuos se debe garantizar la estabilidad de los taludes originados, la misma depende directamente de la resistencia al esfuerzo cortante del tipo de basura que se está conformando, cuando ésta se ve sobrepasada pueden presentarse fallas en la estructura. A modo de prevención se debe evitar la conformación de taludes con

inclinaciones mayores de 1:3, y que la superficie de contacto del talud quede apoyada sobre materiales limosos o sobre arenas finas uniformes de granos redondeados. Además, tanto los residuos como el material de cobertura final deben estar muy bien compactados y no encontrarse muy hidratados (Merino, 2022).

No se prevé realizar impermeabilización de fondo, dado a que su ejecución sería inviable ya que requeriría del movimiento de la totalidad de los residuos. Los lixiviados que se continuarán generando por la descomposición de los residuos orgánicos allí dispuestos seguirán migrando al subsuelo, sin embargo, la tasa de generación de estos irá disminuyendo con el tiempo, debido a que se impedirá el ingreso de agua pluvial, por efecto de la cobertura final, por lo que, consumida la humedad inicial de dichos residuos, la degradación de la materia orgánica irá disminuyendo paulatinamente, hasta detenerse finalmente.

No obstante, se materializará una cubierta final superior con capas de materiales de baja permeabilidad para evitar el ingreso e infiltración de aguas pluviales una vez cerrado cada módulo proyectado. A esta técnica se la conoce como técnica de **Capping**. La cobertura final de los residuos dispuestos se compondrá de una serie de capas, de abajo hacia arriba, según se detallan a continuación:

- Capa porosa de 30 cm de espesor medio, conformada por arena gruesa mezclada con grava. Esta capa sirve como sistema de recolección de gas y como cimiento para soportar la carga de la cobertura superior. La misma está compuesta por un 70% grava y un 30% arena.
- Capa de suelo de emparejamiento de 30 cm de espesor medio. Esta capa tiene por finalidad corregir la rugosidad de la parte superior de los residuos, y evitar la infiltración de agua en la masa de residuos; y es la adecuada para darle la debida conformación de pendientes a la cobertura final. Esta capa estará conformada por suelo de baja permeabilidad (limo loésico) sumado a un 10% de bentonita, con el fin de alcanzar los valores objetivo de conductividad hidráulica.
- Manta GCL. Esta capa limitará el ingreso de aguas de lluvia al macizo de residuos, minimizando de ese modo la generación de líquidos lixiviados y evitando su percolamiento hacia las aguas subterráneas o afloramiento externo.
- Capa de suelo vegetal de 60 cm de espesor medio. La conformación de la cobertura final de suelo sobre las capas subyacentes de baja permeabilidad permitirá la revegetación natural, atenuando la velocidad de escurrimiento y consecuentemente la

potencial erosión, y aportando un factor de retención de suelos por las raíces de las plantas, a la vez que favoreciendo la evaporación por las mismas. Para promover la escorrentía, la superficie terminada del módulo debe tener una pendiente mínima de 5%.

El CH₄ y el CO₂ serán los constituyentes principales del gas a generarse en la descomposición de la masa de residuos dentro de los módulos, y son producidos por microorganismos que se encuentran dentro del basural, bajo condiciones anaeróbicas. La generación de gas dentro del basural pasa por cuatro fases a lo largo de la vida del basural:

- Primera fase: aeróbica, produce CO₂
- Segunda fase: disminución del O₂, condiciones anaeróbicas, donde se producen grandes cantidades de CO₂ y algo de hidrógeno.
- Tercera fase: anaeróbica, comienza la producción del CH₄. Las emisiones de N₂ son altas al principio y luego disminuyen fuertemente.
- Cuarta Fase: la producción de CH₄, CO₂ y N₂ llega a ser estacionaria.

La duración de las fases depende de las condiciones del basural, como la composición de basura, recubrimiento utilizado en el cierre técnico, etc.). Cuando la generación de gas alcanza la cuarta fase, o la fase estacionaria, se puede considerar que el gas consiste aproximadamente en un 40% CO₂, 55% CH₄, 5% N₂, y trazas de NMVOC (compuestos orgánicos no volátiles que no son metano) (menos de 2%).

Para evitar la acumulación de estos y el aumento de presión en los módulos de confinamiento y los peligros de explosión y difusión lateral del mismo se le debe dar salida a través de un sistema de extracción. La gestión del biogás se realizará mediante un sistema de venteo pasivo, que será materializado mediante la colocación de chimeneas a razón de dos por hectárea. Las mismas serán instaladas, previo a la instalación de la manta GCL en correspondencia con sus ubicaciones definidas en proyecto. Estas chimeneas se materializarán mediante una malla olímpica rellena con piedra manzana en una sección circular de 0,6 m de diámetro. Estas chimeneas se introducirán en forma vertical, en un pozo excavado a 1 m de profundidad, y concluirán por encima del nivel de cobertura final en un quemador, con el objetivo de convertir el gas metano a dióxido de carbono, reduciendo así los niveles de emisión de este gas de efecto invernadero y en consecuencia la contribución al cambio climático. Se procederá a sellar el perímetro de cada chimenea con una capa de suelo compactado manualmente de 30cm de espesor y 1,0m de ancho.

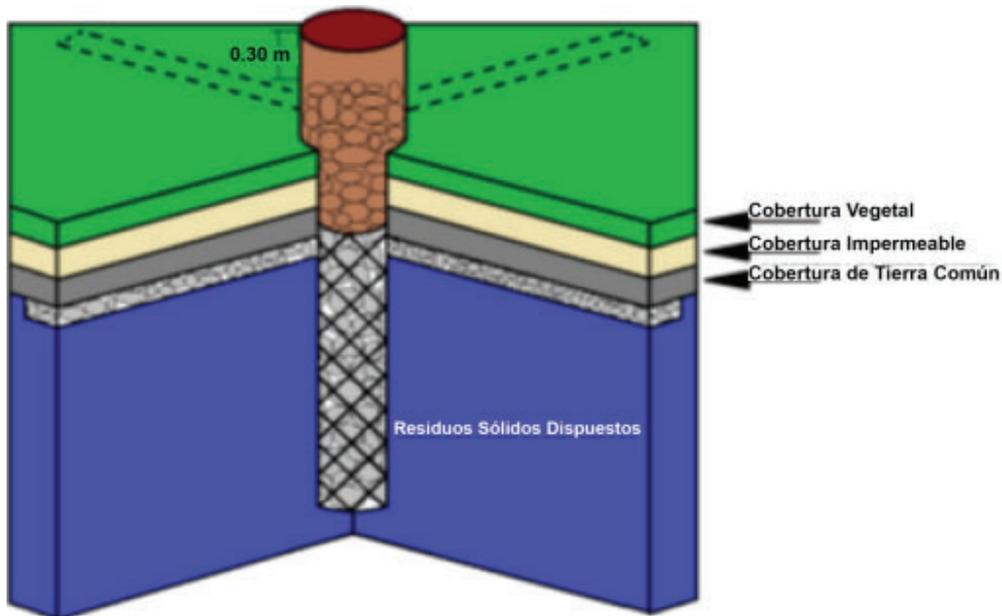


Figura 51: Chimeneas de biogás a instalar en el cierre técnico del basural de Ceres.

Fuente: Plan de saneamiento y cierre del botadero municipal de Santibáñez, Manejo de Residuos Sólidos en el Eje Conurbano del Departamento de Cochabamba.

Las obras de cierre del actual basural comenzarán con el inicio de la etapa constructiva y culminarán 30 días después de la entrada en operación de la primera celda proyectada. Durante la construcción del relleno sanitario, será necesario un tiempo de transición durante el cual todos los residuos que ingresen al predio se dispondrán en una zona de sacrificio dentro del actual basural, continuando con las actuales prácticas hasta tanto el relleno sanitario entre en operación. Una vez ocurrido esto, se cesará completamente con el ingreso de RSU al actual basural y se cerrará definitivamente el mismo.

9.3. Memoria de Cálculo de Cierre Técnico

9.3.1. Dimensionamiento de módulos

Para definir los módulos, se escogieron los lugares que mayor acumulación de residuos mostraban a partir de las imágenes brindadas por las autoridades del municipio de Ceres. Según se consultó con Dianela Bertorello, la actual coordinadora de medioambiente de la ciudad de Ceres, en estas zonas la altura de los residuos llega a ser de hasta 3 metros.

En la imagen siguiente se muestra la sectorización actual del predio. En la esquina Este, aproximadamente 1 ha fue cedida a una planta cementera. A su vez, en el predio también funcionaba una perrera municipal, pero con los incendios constantes en el basural hicieron que la misma se tenga que relocalizar a otro predio, por lo que esta superficie se encuentra al momento sin uso y sin residuos. El predio cuenta con un ingreso controlado al lado de la planta de clasificación actual, y otros dos accesos secundarios sobre los vértices, que no poseen ningún control.



Figura 52: Basural a cielo abierto de Ceres.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

En base a la distribución actual de los residuos en el predio, se definieron tres módulos en donde se materializarán recintos encapsulados, los cuales estarán delimitados por canales perimetrales de colección de pluviales. Allí se confinarán al máximo los residuos, alcanzando una cota de 3m de altura, buscando que sea similar a la altura actual máxima en ese sitio.



Figura 53: Disposición de módulos de cierre.

Tabla 54: Dimensiones proyectadas de los módulos de cierre.

	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
Largo (m)	117	153	224
Ancho (m)	57,4	74,2	50,2

El volumen de dichas celdas se calculó utilizando la ecuación del volumen de un prisma trapezoidal, fijando una altura de 3 metros. Se utilizaron las medidas de cada módulo, y un talud de 1:3.

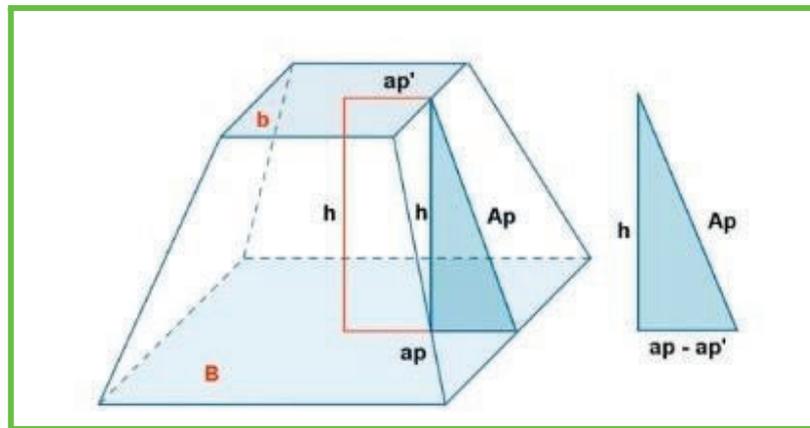


Figura 54: Dimensiones de un prisma trapezoidal truncado.

$$V = \frac{1}{3}h * (B + b + \sqrt{B * b}) \quad \text{Ec. 16}$$

Tabla 55: Volumen de los módulos de cierre.

	Área B	Área b	Volumen
Módulo 1	6715,8 m2	3900,6 m2	15733,9 m3
Módulo 2	11352,6 m2	7587 m2	28219,5 m3
Módulo 3	11244,8 m2	6633,2 m2	26514,5 m3

Para verificar que el volumen de los módulos alcance para reunir y compactar todos los residuos del predio, se tuvo que calcular el volumen aproximado de residuos que existe en el predio (sin compactar). Como este dato no se conoce, ya que se trata de un basural sin control de ingreso y actividades informales, el volumen de residuos fue calculado a partir de las imágenes satelitales en Google Earth. Para esto, se tomó una altura promedio de todo el predio de 2,5 m (hay sectores con mayor altura y sectores con menor altura, por lo que se optó por un promedio), y se trazaron los sectores que se encuentran cubiertos con residuos a fin de obtener un valor de área aproximado. Se hizo la suposición de que los taludes son verticales, a fin de facilitar la cuenta.



Figura 55: Área cubierta con residuos.

Se logró determinar un área cubierta por residuos de 50.528 m² (área verde - área rosada). Utilizando un promedio de altura de 2,5m, el volumen de residuos es de unos 131,320 m³. Para verificar que este volumen de residuos entre en los módulos propuestos, se debe tener en cuenta que los residuos serán compactados, lo cual reduce su volumen entre un 60 y un 70% según Jaramillo, 2002. Por lo tanto, el volumen compactado de residuos será de 45.962m³ (tomando una reducción promedio del 65%). Por lo tanto, el volumen propuesto de los módulos alcanza y sobra para contener los residuos dispuestos en el predio, y deja un margen de error del 35%. Al momento de la realización de las tareas, en el caso de que el volumen propuesto para los módulos exceda mucho el volumen compactado de residuos, se modificará la cota de altura, pero no las dimensiones de ancho y largo de los módulos.

9.3.2. Volumen de cobertura

El volumen de material necesario para la cobertura de los módulos se calculó en base a las dimensiones establecidas previamente para cada uno de los módulos. Para el cálculo del volumen necesario de material para la capa porosa de 30cm y la capa de suelo de emparejamiento también de 30cm, se tomaron como referencia las superficies de cada cara de cada módulo. Las caras laterales corresponden a un trapecio, y la cara superior corresponde a un rectángulo. Conociendo las dimensiones de los módulos, fue posible calcular el volumen de

material necesario. Para el caso de la capa porosa, la misma estará compuesta por 70% grava y 30% arena, mientras que la capa de emparejamiento corresponde a un 90% de suelo de baja permeabilidad (limo loésico) sumado a un 10% de bentonita. A continuación se muestran los resultados obtenidos para estas dos capas:

Tabla 56: Volúmenes de material a utilizar para capa porosa y capa de suelo de emparejamiento.

Capa Porosa de 30cm			
	<i>Módulo 1</i>	<i>Módulo 2</i>	<i>Módulo 3</i>
<i>Cara Lateral (Largo) (m3)</i>	97,20	129,60	193,50
<i>Cara Lateral (Ancho) (m3)</i>	43,56	58,68	37,08
<i>Tapa (m3)</i>	1170,18	2276,10	1989,96
<i>Volumen Módulo (m3)</i>	1451,70	2652,66	2451,12
<i>Total (m3)</i>	6555,48		
<i>Total Grava (70%) (m3)</i>	4588,84		
<i>Total Arena (30%) (m3)</i>	1966,64		
Capa de suelo de Emparejamiento de 30cm			
	<i>Módulo 1</i>	<i>Módulo 2</i>	<i>Módulo 3</i>
<i>Cara Lateral (Largo) (m3)</i>	97,74	130,14	194,04
<i>Cara Lateral (Ancho) (m3)</i>	44,10	59,22	37,62
<i>Tapa (m3)</i>	1195,20	2310,62	2032,94
<i>Volumen Módulo (m3)</i>	1478,88	2689,34	2496,26
<i>Total (m3)</i>	6664,49		
<i>Total suelo (90%) (m3)</i>	5998,04		
<i>Total Bentonita (10%) (m3)</i>	666,45		

En cuanto a la capa de geotextil (manta GCL), que se ubicará entre el suelo de emparejamiento y la capa de suelo vegetal, se calculó el área requerida de la misma, de manera similar a las capas anteriores, solamente que el valor a calcular es la superficie (o área) y no el volumen, dado a que el espesor es insignificante comparado al largo y ancho de la manta. De la misma forma que en las capas previas, la superficie necesaria se calculó sumando el área superior del módulo, o “tapa” y las áreas de las 4 caras trapezoidales:

Tabla 57: Dimensiones Manta GCL.

Manta GCL			
	<i>Módulo 1</i>	<i>Módulo 2</i>	<i>Módulo 3</i>
<i>Cara Lateral (Largo) (m2)</i>	324,36	432,36	645,36

<i>Cara Lateral (Ancho) (m2)</i>	145,56	195,96	123,96
<i>Tapa (m2)</i>	3917,22	7609,96	6661,80
<i>Volumen Módulo (m2)</i>	4857,06	8866,60	8200,44
<i>Total (m2)</i>	21924,10		

Por último, se calcularon los volúmenes necesarios para completar la última capa de suelo vegetal. La misma se calculó de igual manera que las anteriores, con la salvedad de que la cara superior, o “tapa”, fue calculada con la fórmula del volumen de una pirámide de base rectangular, dado a que la misma debe tener una pendiente del 5%. Por lo tanto, la altura se determinó como 1/20 del lado superior más largo de la celda:

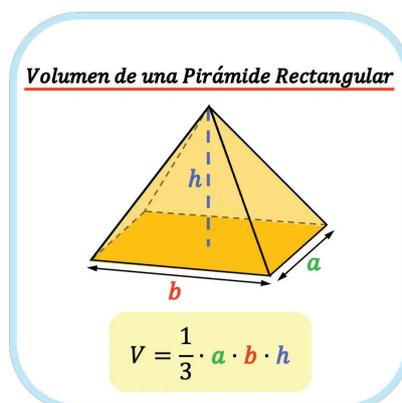


Figura 56: Volúmen pirámide de base rectangular

Tabla 58: Volumen de suelo vegetal a utilizar para cobertura final de los módulos.

Capa de suelo vegetal (60cm)			
	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
<i>Cara Lateral (Largo) (m3)</i>	194,62	259,42	387,22
<i>Cara Lateral (Ancho) (m3)</i>	87,34	117,58	74,38
<i>Tapa (m3)</i>	8821,58	21703,60	26882,58
<i>Volumen Módulo (m3)</i>	9385,49	22457,59	27805,76
<i>Total (m3)</i>	59648,84		

9.3.3. Sistema de venteo pasivo

En esta sección, para estimar la generación de gases a producirse por la descomposición de los residuos dentro de los módulos, se utilizará el procedimiento establecido en la “Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones del Aire”, de la Fundación Labein para IHOBE S.A. (2005).

Para estimar las emisiones controladas de CH₄, hay que estimar la eficiencia del sistema de recogida de gas. La eficiencia del sistema elegido en este caso, las chimeneas, va desde un 60% a un 85%, con una media del 75%. Además hay que tener en cuenta la eficiencia del sistema de control (quemador), que se estima que es de un 95%. La fórmula para calcular las emisiones de CH₄ que se liberarán a la atmósfera, restando el metano que será quemado y liberado a la atmósfera como CO₂, se pueden calcular como:

$$CM_{ch4} = [Um_{ch4} * (1 - \eta_{col}/100)] + [Um_{ch4} * \eta_{col}/100 * (1 - \eta_{cnt}/100)] \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

CM_{ch4}=emisiones controladas de CH₄ (kg/año)

Um_{ch4}=emisiones no controladas de CH₄ (kg/año)

η_{col} = eficiencia del sistema de gas → se utilizará un 75%

η_{cnt} =eficiente del sistema de control → se utilizará un 95%.

Para determinar el valor de Um_{ch4}, fue necesario calcular el caudal de las emisiones de CH₄ generadas en los módulos en caso de no contar con ningún sistema de recogida y control de gas, a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_{ch4} = Lo * R * (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

Q_{CH4} = ratio de generación de CH₄ en el tiempo (m³/año)

Lo = potencial de generación de metano (m³/Tn de basura)

R = Media anual de basura (tn basura/año)

K= Ratio de generación de metano (1/año)

C= Tiempo desde la clausura del basural (años)

T= n° de años desde la primera deposición de basura.

Si no se conoce el valor de R, es posible estimarlo:

$$R = \text{Área del basural} * \text{profundidad del basural} * \text{densidad de la basura} \quad \text{Ec. 19}$$

La densidad de la basura se puede estimar como:

- Basura compactada: 653 - 831 kg/m³
- Basura degradada o asentada: 1009 - 1127 kg/m³

Como la basura en los módulos será compactada, pero a su vez hay residuos que se encuentran en el basural hace largos años, se usará que un 50% corresponde al promedio de la densidad de residuos compactados y el otro 50% corresponde al promedio de los residuos asentados, dando una densidad de 905 kg/m³.

Como se vio anteriormente, el área ocupada con residuos es de 50.528 m² y la altura promedio es de 2,5m. Estos valores dan como resultado un valor de R de 114.319.600 kg.

En cuanto a Lo, dicho valor depende del contenido orgánico de la basura y de la humedad. Por otro lado, K depende de la humedad, el pH, temperatura y otros factores ambientales, así como de las condiciones de operación de los basurales. Se utilizarán para los cálculos los valores de K y Lo estimados por EPA:

Tabla 59: Valores de Lo y K estimados por EPA.

Valores estimados	EPA
Lo (m ³ /tn de basura)	100
K (1/año) → para áreas de tipo lluvioso	0,04

Por último, se tomará un valor de C = 0 años, dado a que las emisiones comenzarán apenas se clausure el basural (que hoy en día sigue activo), y un valor de t = 40 años según estiman las autoridades del municipio. Con estos datos, el valor de Qch₄ resultó ser de:

$$Q_{ch4} = 100m^3/tn * 114319,6tn/año * (e^{-0,04/año*0años} - e^{-0,04/año*40años}) = 1.919.191,5 m^3/año$$

Utilizando la densidad del gas metano (0,657kg/m³) se obtiene un valor de Umch₄ = 1.260.908,5 kg/año. Reemplazando este valor en la **Ec. 17**, se obtiene que las emisiones netas de CH₄ (CMch₄), luego de su quema en la chimenea serán de **331.007,4 kg/año**.

En cuanto al dióxido de carbono generado, el mismo se calcula como si no tuviera ningún tratamiento, ya que la función del quemador al final de la chimenea es solo para quemar el metano y transformarlo a CO₂. Por lo tanto, al valor de la cantidad de CO₂ generado dentro de los módulos debe sumarse la cantidad de CO₂ proveniente de la combustión del metano.

La cantidad de CO₂ que se genera dentro de los módulos, procedente de la descomposición de la materia orgánica, puede calcularse como:

$$UCO_2(kg/año) = QCH_4 * 40/55 * densidad CO_2 \quad \text{Ec. 20}$$

$$UCO_2 = 1.919.191,5 m^3/año * 40/55 * 1,8kg/m^3 = 2.512.396,15 kg/año$$

A este valor hay que sumarle las emisiones de CO₂ producto de la quema de metano. Lo que se quemó de metano, en moles (utilizando la masa molar del metano = 16g/mol) son 58.118.818,75 moles. Como la ecuación de combustión del metano es la siguiente:



Entonces 1mol de CH₄ se convierte en 1 mol de CO₂. Por lo tanto, utilizando la masa molar del CO₂ (44g/mol) se obtiene el valor en kg/año de CO₂ producido por la quema de: 2.557.228,025 kg/año. El total de las emisiones de CO₂ entonces será de: **5.069.624,17 kg/año**

La cantidad de chimeneas necesarias para quemar el metano que se genera en los módulos depende de varios factores, como la cantidad de metano producido, la concentración del metano y el tamaño del módulo. En general, se recomienda instalar al menos una chimenea por cada hectárea de relleno sanitario, aunque puede ser necesario colocar más si la producción de metano es mayor. Además, por lo general el caudal de gas que pasa por cada chimenea puede oscilar entre unos pocos metros cúbicos por hora a varios cientos de metros cúbicos por hora. En algunos casos, el caudal de gas puede incluso superar los 1000 metros cúbicos por hora.

En este caso se instalarán 2 chimeneas en el módulo 1, y 3 chimeneas en el módulo 2 y 3, lo que dará un total de **8 chimeneas**, con un caudal aproximado de **48m³/hora** cada una.

9.3.4. Red de Drenaje Pluvial

Al igual que para el relleno sanitario, fue posible calcular las dimensiones de la canaleta de desagüe pluvial perimetral, que se diseñarán con el fin de interceptar y desviar el escurrimiento de aguas de lluvia. Para obtener las dimensiones de la canaleta será necesario

calcular el tamaño de desagüe utilizando la fórmula de Manning expresada en la **Ec. 9** del capítulo 8.2.4.6.:

A su vez, el cálculo del caudal que influirá sobre el basural a cerrar por efecto de las aguas de lluvias se calculó utilizando el **Método Racional**, de forma similar al utilizado para el relleno sanitario.

El valor de C en este caso será también de 0,55. El valor de A se corresponde al valor del área del basural completo, que es de 146.570m².

La intensidad fue calculada también a partir de la curva IDF de la ciudad de Rafaela, obteniéndose un valor de intensidad de 93mm/h para un tiempo de recurrencia de 50 años.

Con estos datos fue posible calcular el valor de Q mediante el método racional, el cual dio un valor de 2,07m³/s.

En cuanto al área del canal (A) y el radio hidráulico (Rh), los mismos pueden ser calculados mediante las **Ec. 11 y 12**, teniendo en cuenta que se trata de un canal trapezoidal de talud 1/2. Reemplazando A y Rh en la fórmula de Manning, y el valor de Q se obtiene:

$$2,07 = \frac{\frac{3}{2} * d^2 * (0,4635 * d)^{2/3} * 0,02^{1/2}}{0,023} \quad \text{Ec. 21}$$

Despejando d, se obtiene un valor de 0,48m, un Área de 0.34m² y un Radio Hidráulico de 0,16m.

9.4. Actividades Previas al Cierre

Previa a la ejecución del proyecto de cierre técnico del basural de Ceres se deben llevar a cabo algunas actividades que son de gran importancia y que se detallan a continuación:

1) Difusión del cierre técnico

Se debe informar a la población en general y las autoridades ambientales competentes, sobre el cierre técnico del basural. Para eso se debe explicar a través de los medios de comunicación local que es urgente eliminar la práctica de arrojar residuos en un BCA y destacar, en cambio, las ventajas de poder contar con un relleno sanitario regional.

2) Comunicación con los recuperadores del basural.

Si bien este tema se tratará en capítulos posteriores del presente informe, es importante destacar que previo a las actividades de cierre del basural, se debe informar debidamente las actividades del proyecto a todos los recuperadores informales identificados, ya que serán ellos mismos quienes, bajo su voluntad, trabajarán en el nuevo centro ambiental. Si bien pueden ofrecer resistencia al comienzo, ya que por miedo o desconfianza al cerrar el basural pueden pensar que se perdería su fuente de ingresos, se espera que a través de un diálogo constante y claro, logren entender que tanto sus condiciones laborales como de salud se verán mejoradas sustancialmente. El objetivo es promover la inclusión y/o formalización de los recuperadores bajo condiciones diferentes a las que normalmente desarrollaban. Una de las principales estrategias es apoyarlos en organizar cooperativas, de forma que trasladen su labor de separación en el basural al centro ambiental.

3) Construcción de un cerco perimetral y puerta de acceso.

Para limitar el acceso de personas ajenas que puedan seguir llevando al lugar sus residuos y también para impedir el ingreso de animales se debe construir un cerco perimetral. El mismo se construirá con alambre de púas de cinco hilos de 1.50 m de alto, a partir del nivel del suelo con postes de madera, hormigón o tubos galvanizados, debidamente empotrados y colocados a cada 2,50 o 3 m entre sí.

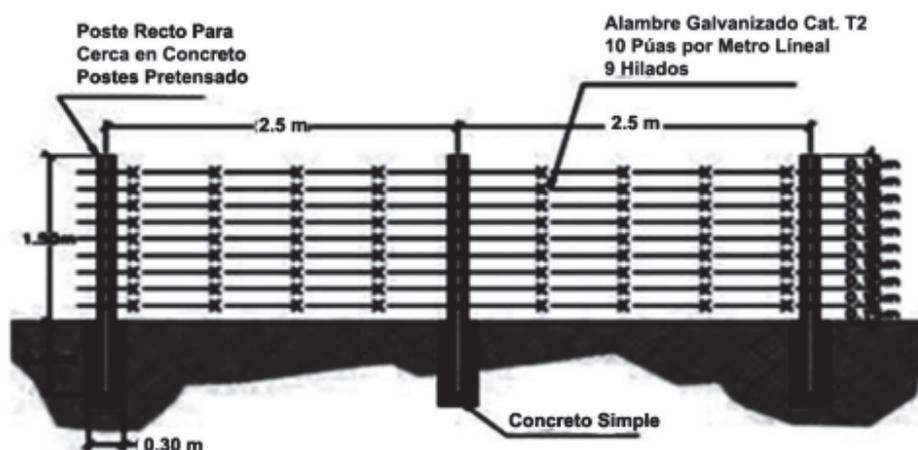


Figura 57: Ejemplo de cerco perimetral

Fuente: Guía Ambiental para el saneamiento y cierre de botaderos a Cielo Abierto, Ministerio de Medio Ambiente, Colombia, 2002

4) Colocación de cartelería informativa

La colocación de cartelería informativa tiene la función de informar a la población que el basural está en proceso de cierre, indicando la localización del nuevo relleno sanitario.

9.5. Gestión ambiental post-cierre

El cuidado posterior al cierre debe llevarse a cabo hasta que el relleno sanitario ya no represente una amenaza para la salud humana y el medio ambiente. El objetivo de la atención de la gestión post-cierre incluye lo siguiente:

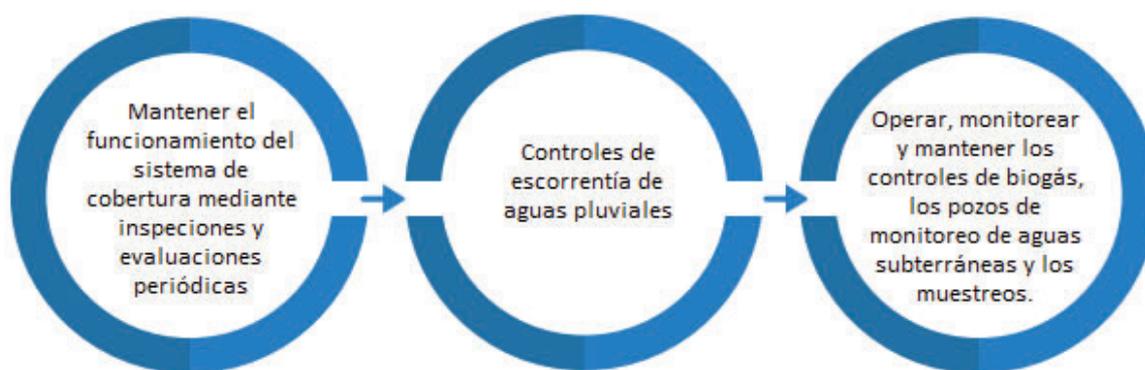


Figura 58: Objetivos de la gestión ambiental post cierre técnico

Fuente: Elaboración propia

A efectos de poder controlar la posible contaminación del basural a las aguas subterráneas, se debe diseñar e implementar una red de control de pozos de monitoreo. El comportamiento de los contaminantes en el medio subterráneo es un fenómeno complejo, dadas las características físico químicas del propio contaminante cómo por la heterogeneidad del medio. Disponer de puntos de control que permitan obtener muestras representativas de las aguas subterráneas, es un elemento clave para las tareas de caracterización y control de la posible contaminación (Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia, 2012).

Para el monitoreo de aguas subterráneas por lo tanto, se prevé la instalación de freáticos mediante una máquina de perforación con la ayuda de empresas especializadas. Para la correcta instalación y uso de los freáticos, es necesario conocer con exactitud la situación del nivel o niveles permeables que se quieren monitorear y ubicar. Se deberá muestrear los freáticos, de forma de obtener muestras representativas para su análisis. Para el purgado y el mantenimiento de las condiciones de conservación de las muestras hasta

su llegada al laboratorio, se deberán cumplir normas internacionales de referencia como ASTM u otras de reconocido prestigio. A fin de evaluar el comportamiento de la freática se llevará adelante el proyecto de distribución de los pozos de monitoreo para conformar una red freaticométrica que permita el seguimiento de la posible variación de calidad del agua freática y la dirección del flujo subterráneo. Se instalarán 3 freaticómetros, uno en cada vértice del predio, tal como se muestra en la siguiente Figura:

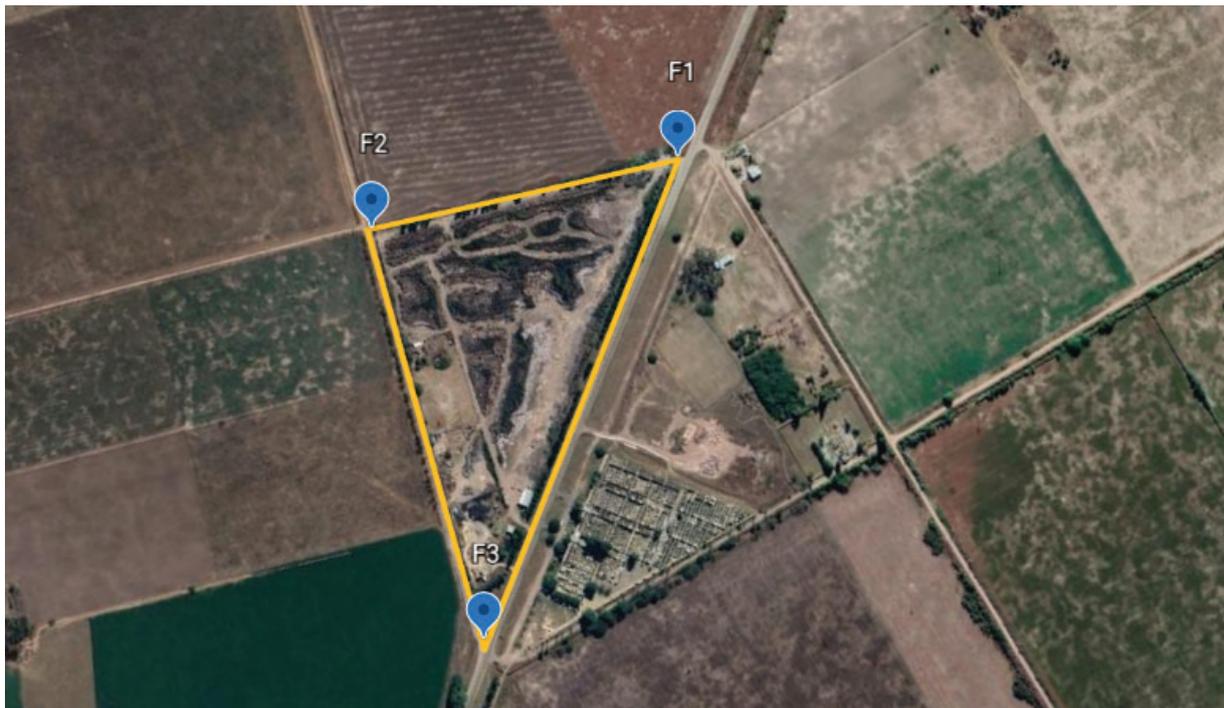


Figura 59: Ubicación de freaticómetros.

El detalle constructivo de dichos pozos es el que se muestra a continuación:

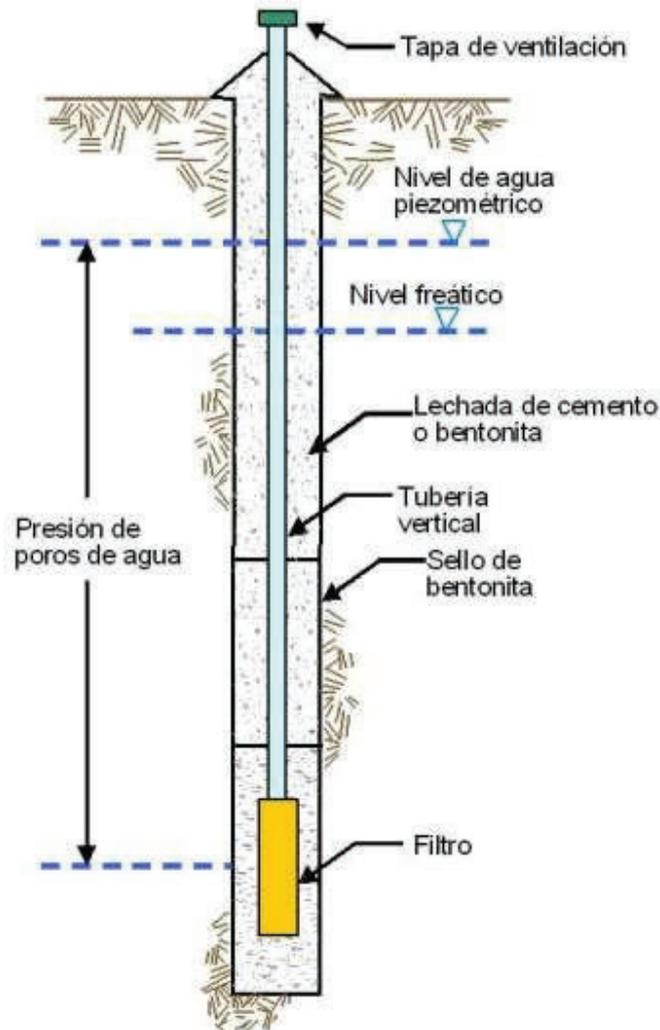


Figura 60: Ejemplo de freatímetro

Fuente: Facultad de Ingeniería, Universidad Ricardo Palma

Dichos pozos deberán contar con condiciones de acceso a los mismos, en todo momento y bajo cualquier condición climática, mediante el uso de un vehículo liviano. Los parámetros a analizar para el monitoreo de aguas subterráneas serán los siguientes: Conductividad, Nitrógeno Amoniacal, Potasio, Manganeso, Sulfatos, Fosfatos, Níquel, pH, Alcalinidad total, Hierro total, Plomo, Cloruros, Dureza total, Cobre, Arsénico, Turbidez, Calcio, Cadmio, Cianuro, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Magnesio, Zinc, Mercurio, Nitrógeno total, Sodio y Cromo total. La frecuencia de monitoreo será trimestral para el primer año, semestral durante los 2 años subsiguientes, y anual hasta cumplir los 20 años de duración del proyecto.

En cuanto al monitoreo de biogás, se deberá monitorear su composición (CH₄, CO₂, O₂, N₂, H₂S, etc.), su explosividad y toxicidad y su cinética de emisiones (velocidad, temperatura, humedad y caudal volumétrico). Se tomarán 2 muestras por campaña con frecuencia trimestral en los sistemas de venteo y migración en superficie durante el primer año post cierre, semestral durante los dos años siguientes y anualmente hasta cumplir los 20 años del proyecto a excepción del metano y el dióxido de carbono que serán monitoreados mensualmente durante los primeros 5 años. Estas frecuencias teniendo en cuenta que el nivel de generación de biogás al inicio del periodo de mantenimiento será elevado y considerando que la cantidad irá en descenso a lo largo del tiempo debido a los procesos de descomposición de la materia orgánica en los residuos.

Por otro lado, con respecto al mantenimiento de la cobertura final de residuos, debido a las precipitaciones pluviales como también a las corrientes de aire fuertes, la cobertura final podría sufrir deterioros con el pasar del tiempo, es por eso que se debe de realizar trabajos manuales que consistirán en el rellenado de grietas y depresiones a fin de contrarrestar los daños producidos por estos fenómenos naturales en taludes y plataforma que producen asentamientos y agrietamientos. A su vez, con el fin de preservar la cobertura vegetal en taludes, se recomienda extender sobre la capa vegetal un manto de restos de poda que sirve de protección en la época seca y al mismo tiempo se incorpora materia orgánica al suelo. Esta práctica garantiza el prendimiento y sostenibilidad de la parquización en el tiempo.

Otros controles y monitoreos a implementarse posterior a la culminación del cierre técnico del basural son:

- Como medida de control de la eficacia del sellado, debe realizarse semestralmente el monitoreo de las aguas superficiales que son evacuadas en las cunetas perimetrales.
- Debido al proceso de degradación de los residuos sólidos confinados, los taludes de los módulos podrían experimentar deformaciones. Los mismos deberán ser solucionados de acuerdo a su magnitud, manualmente o con apoyo de maquinaria pesada manteniendo las pendientes de construcción para evitar deslizamientos y erosiones.
- Se deberá realizar una vez al año, una fertilización orgánica (estiércol, compost, humus, etc.) en las áreas parquizadas. Esta fertilización preferentemente deberá ser realizada con las primeras lluvias de la época lluviosa.
- Se deberán realizar un mantenimiento del sistema de captación y extracción del biogás, que consiste en la revisión visual y limpieza manual rutinaria del sistema de captación y

quemadores de biogás instalados para verificar su buen funcionamiento. También se deberá inspeccionar debidamente el sitio para la detección de fugas en las capas superficiales para su inmediato sellado.

- Se deberán inspeccionar visualmente una vez por mes la cerca perimetral para identificar daños o deterioros en la misma.

9.6. Uso final del sitio

Luego de efectivizar el cierre técnico del basural, se debe esperar un tiempo prudente lo suficiente para que se establezca la generación de lixiviados o gases, aproximadamente entre 10 a 15 años para destinar el sitio para un nuevo uso. Es decir, se deberá tener certeza de la estabilización efectiva de los residuos y la no generación de biogás y de lixiviados. De todas formas, las actividades a implementar para el uso final del suelo deben considerar: Iniciativas que garanticen la no erosión de la cubierta final a fin de garantizar la no infiltración del agua de lluvia; Iniciativas que no comprometan la estabilidad de la masa de residuos. No se debe permitir la construcción de edificaciones, viviendas, escuelas ni infraestructura pesada sobre la superficie del relleno, debido a su poca capacidad para soportar estructuras pesadas, además de los problemas que pueden ocasionar los hundimientos y la generación de gases.

Por lo tanto, pasado el periodo de estabilización, en el predio basural de Ceres se planea la construcción de un centro de interpretación y concientización sobre el Plan GIRSU al aire libre, con la instalación de un punto verde para recibir materiales reciclables. Para su diseño, se debe considerar los relieves provenientes de la masa de residuos sólidos compactados ya estabilizados para evitar el recorrido de personas por esas zonas.

10. Estación de Transferencia en Hersilia

La estación de transferencia (ET) de residuos sólidos urbanos en Hersilia, se define como el conjunto de equipos e instalaciones donde se lleva a cabo el transbordo de dichos residuos, de los vehículos recolectores a vehículos de carga en gran tonelaje, para transportarlos hasta el sitio de destino final en Ceres. El objetivo fundamental de la ET, es incrementar la eficiencia global de los servicios de manejo de los RSU, a través de la economía que se logra con la disminución del costo general de manejo, así como por la reducción en los tiempos de transporte y la utilización intensiva de los equipos y el recurso humano.

Las principales ventajas que presenta un sistema de transferencia se describen a continuación (Carablas Lillo y de la Torre, 1996):

- Disminución de los costos globales de transporte y de horas improductivas de mano de obra empleada en la recolección.
- Reducción del tiempo improductivo de los vehículos de recolección en su recorrido al sitio de disposición final.
- Aumento de la vida útil y disminución en los costos de mantenimiento de los vehículos recolectores.
- Incremento en la eficiencia del servicio de recolección, por medio de una cobertura más homogénea y balanceada en las rutas de recolección.
- Mayor regularidad en el servicio de recolección, debido a la disminución de desperfectos de ejes, muelles, suspensiones y llantas que sufrían al transitar hasta el sitio de disposición final.

10.1. Justificación Económica de la Estación de Transferencia

Para la evaluación económica de una estación de transferencia es necesario determinar los costos de inversión y operación de todo el proceso. Para esto, se tomó como referencia los costos estimados por Carablas Lillo y de la Torre (1996):

Tabla 60: Costos fijos y variables de la ET.

Costo de operación del equipo de recolección	0.042 U.S.\$/ton-min
--	----------------------

Costo de operación del equipo de transferencia	0.005 U.S.\$/ton-min
Costo de inversión de la estación de transferencia	0.1 U.S.\$/ton
Costo de operación de la estación de transferencia	1.01 U.S.\$/ton

Con estos valores se construyó un gráfico en donde se establecen dos rectas, una que calcula el costo en US \$/ton para una GIRSU sin ET, y otra que calcula el costo con ET, utilizando los datos presentados en la tabla anterior. Para el segundo caso se tienen en cuenta los costos de inversión y de operación de la ET.

Justificación económica de la ET

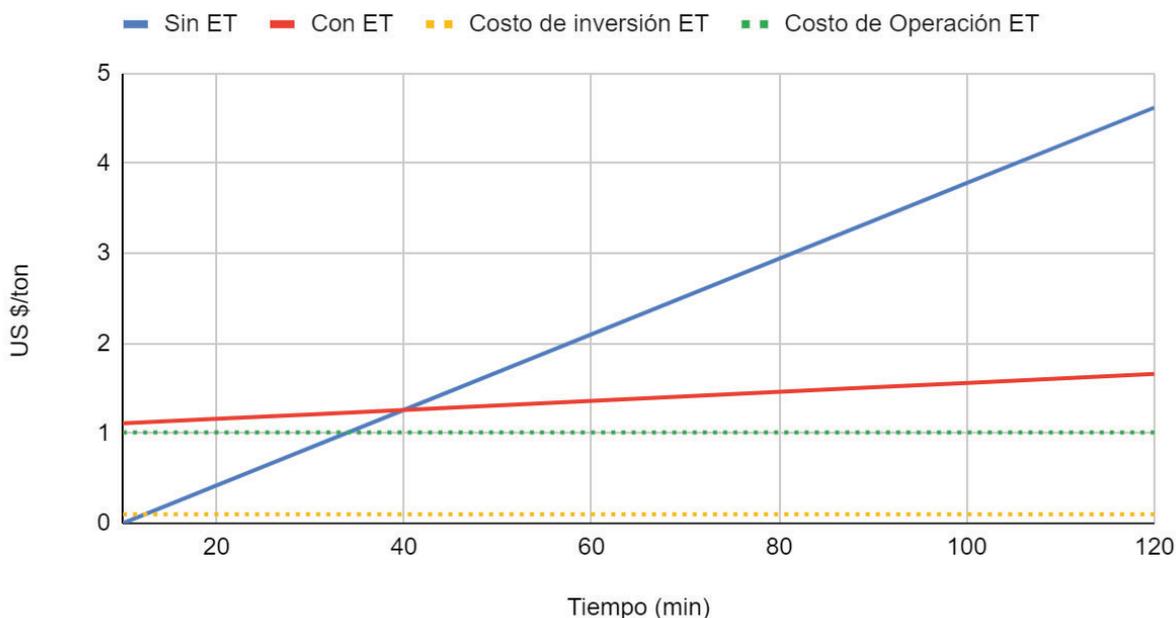


Gráfico 15: Justificación Económica de la ET

El punto de equilibrio del gráfico (cruce entre las rectas roja y azul), el cual establece el tiempo de transporte a partir del cual debe considerarse la posibilidad de contar con una estación de transferencia, se ubicó sobre los 40 minutos, superando el tiempo máximo

aceptable para que un vehículo recolector realice un viaje de ida y vuelta hasta el relleno sanitario, que según Carablas Lillo y de la Torre (1996) es de 30 minutos.

Ahora bien, si se toma un valor promedio de 21 minutos para un viaje de ida de cualquier vehículo recolector desde donde estaría ubicada la estación de transferencia en Hersilia hasta el relleno sanitario, y 21 minutos de vuelta (ver **Figura 61**), la operación con vehículos de recolección costará alrededor de 1,764 U.S \$/ton; valor que se vería reducido en 0,44 U.S. \$/ton mediante el empleo de la citada estación, ya que el traslado de los residuos desde allí se realizará con vehículos de alta carga y menor costo operativo, es decir, costaría 1,324 U.S. \$/ton; lo cual significa un ahorro de US \$2,905 por día para la situación actual que implica el traslado de la fracción húmeda de Hersilia, Arrufó, Ambrosetti y La rubia, que va a disposición final, que tiene un valor de 6 ton/día para el año 2024.

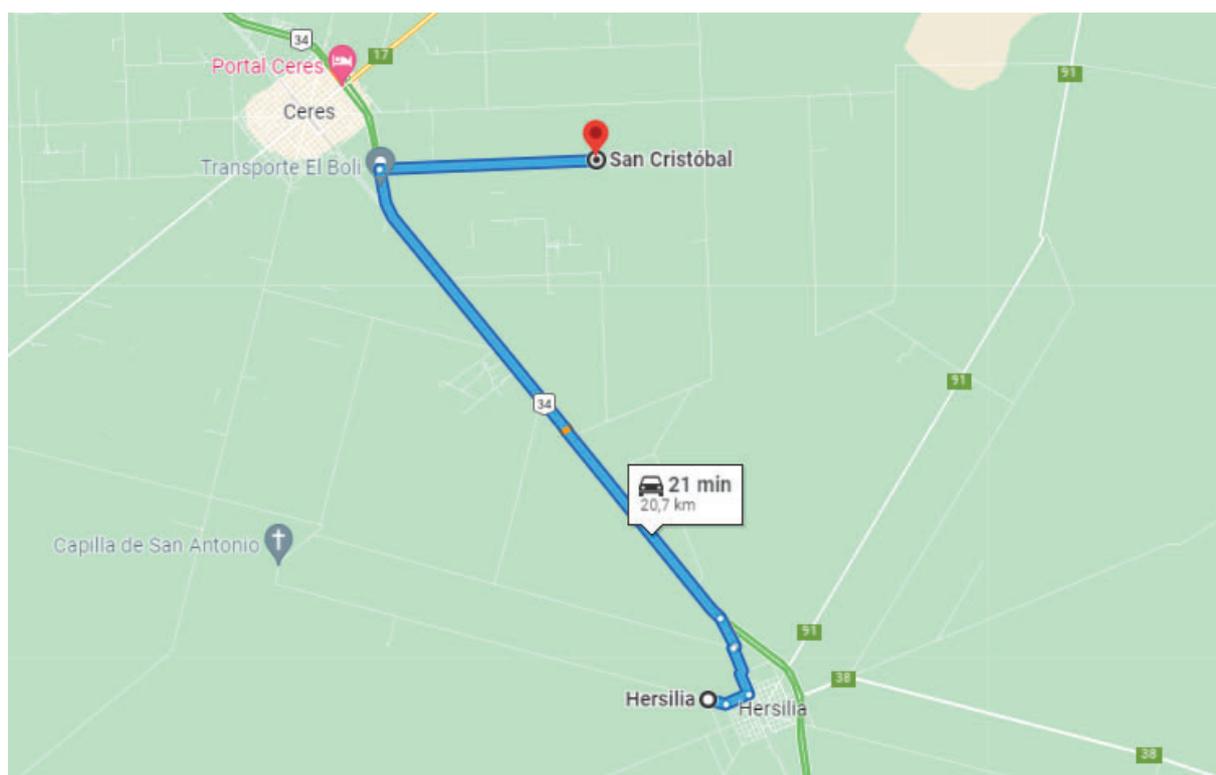


Figura 61: Distancia y tiempo de viaje desde la ET de Hersilia hasta el CA en Ceres

Cabe aclarar que estas estimaciones de costos no consideran el recorrido previo de los camiones recolectores hasta la ET, ya que en ambos casos sería el mismo recorrido (recordar que la ET se encuentra en el extremo del ejido urbano en Hersilia, por lo que los camiones recolectores no se desviarían mucho en su recorrido hacia el centro de disposición final). Si

bien el ahorro monetario no es muy grande, los beneficios asociados con la estación de transferencia son muy significativos. Entre ellos se pueden mencionar:

- 1) El tiempo no-productivo de los vehículos de recolección se reduce, ya que estos vehículos no transitan de ida y vuelta al sitio de disposición final.
- 2) Cualquier reducción en el kilometraje recorrido por los vehículos de recolección, origina un ahorro en los costos de operación.
- 3) El costo de mantenimiento que se aplique a los vehículos de recolección, puede reducirse cuando estos vehículos no transiten más al sitio de disposición final, ya que muchos de los daños a suspensiones, ejes y llantas ocurren en los sitios de disposición final.
- 4) El periodo de vida útil de los vehículos se incrementa, puesto que la flota de recolección estará transitando por calles y caminos, generalmente en buenas condiciones, gracias a poder efectuar un trabajo más ligero al no transitar con carga hasta el sitio de disposición final.

10.2. Diseño de la Estación de Transferencia

Para el diseño de la estación de transferencia en Hersilia, se optó por el sistema de transferencia de descarga directa. El mismo consiste en el transbordo de los residuos sólidos de los vehículos recolectores mediante vaciado por gravedad a un trailer descubierto, con una capacidad que varía de 20 a 25 toneladas, es decir, los residuos son vertidos directamente desde los vehículos de recolección al remolque de transferencia en espera. En la ET se recibirán a los vehículos recolectores provenientes de sus recorridos específicos en Hersilia, Arrufó, Ambrosetti y La Rubia, los cuales son registrados y pesados, y posteriormente se dirigen a unas rampas de acceso en el patio de maniobras donde se ubican las líneas de servicio, las cuales contarán con un número determinado de servidores (tolvas), que descargarán los residuos al vehículo de transferencia. Paralelamente los vehículos de transferencia se colocarán en el patio de carga, y una vez llenos, se realizará el despunte para posteriormente colocar la lona que cubre los residuos y no se dispersen en el traslado al sitio de disposición final.

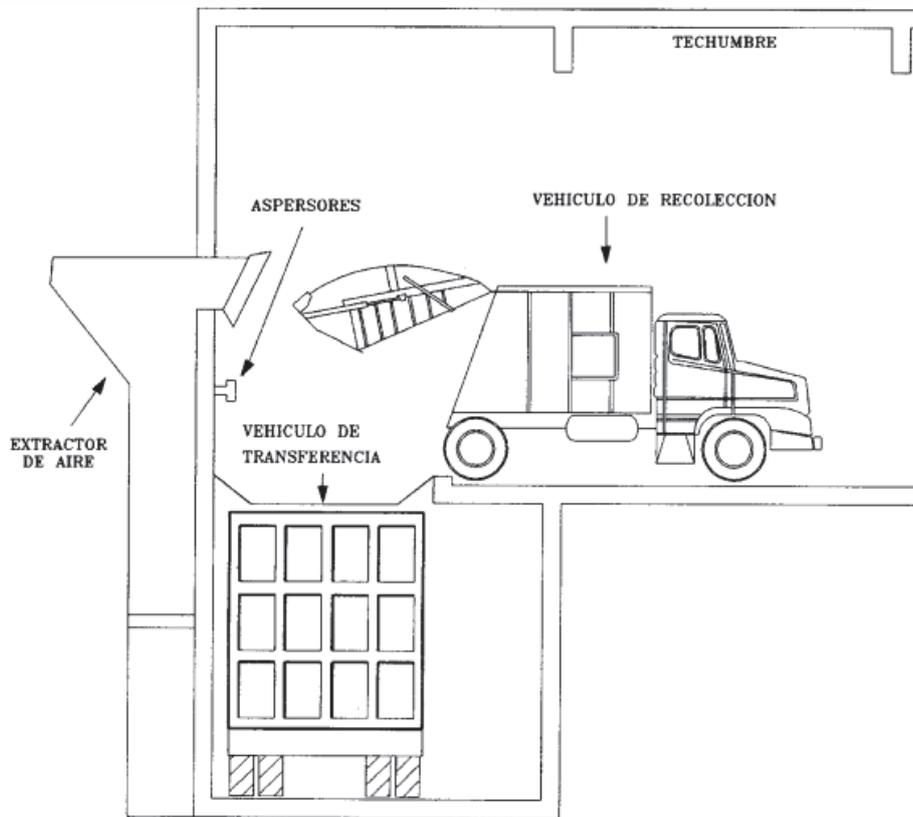


Figura 62: Operación de la estación de transferencia directa.

Fuente: Carablas Lillo y de la Torre (1996)

Esta estación tiene la característica de no almacenar los residuos, lo que exige que siempre haya un vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos de los vehículos recolectores. Esto es viable ya que la recolección de residuos húmedos será diferenciada día por medio, es decir, que no todos los días se recibirán residuos en la ET, lo que le da el tiempo suficiente al camión de transferencia hacer el recorrido hasta el CA y volver.

La estación de transferencia contará además con toda la infraestructura complementaria necesaria para su correcto funcionamiento. En primer lugar, al igual que en el CA, la ET contará con una garita de control y una báscula de pesaje para los vehículos recolectores que ingresen al predio, con el fin de tener un estricto control de la generación de cada localidad. El tipo de báscula a emplear es el de plataforma, en la cual el vehículo se coloca y por medio de dispositivos electrónicos la lectura llega a una computadora, la que a su vez almacena los datos en su memoria.

A su vez, debe contar con aspersores de agua para el control del polvo en las tolvas, junto con sistemas de ventilación mecánica, ya que el lugar físico donde se realizará la transferencia será techado.

Adicionalmente, se deberá diseñar correctamente los patios de maniobras tanto de los camiones recolectores como de los vehículos de transferencia. Estas son zonas en las cuales se realiza la circulación y posicionamiento de los vehículos de transporte y transferencia. Debe ser amplio y diseñado para soportar las fuertes cargas ya que sobre él actuarán los vehículos de transferencia. La dimensión de estos patios estará en función del número de líneas de atención existentes en la estación, más un carril adicional para la circulación de los vehículos de transferencia. Los accesos a este patio se deberán diseñar de manera que no se realicen movimientos innecesarios para entrar a las zonas de cargas.

La edificación además contará con un sector de oficinas, baño, comedor y garage para los camiones recolectores.

Cabe aclarar que en la ET sólo se recibirán los residuos húmedos provenientes de las localidades de Hersilia, Arrufó, Ambrosetti y La rubia, ya que los residuos húmedos generados en Ceres irán directo hacia el Centro Ambiental. Por otro lado, los residuos secos provenientes de estas localidades (menos de Ceres), es decir, el cartón, papel, plástico, vidrio y aluminio, tendrán como destino la planta de separación ya existente en Hersilia, donde serán clasificados y tratados para luego comercializarlos. Si bien la planta de separación actual en Hersilia no cuenta con toda la maquinaria necesaria para el tratamiento de estas corrientes, se prevé en el marco del proyecto, la compra de tal maquinaria, y en el caso de necesitarse, la expansión de la planta para ampliar el espacio disponible. Sin embargo, se tiene que tener en cuenta que es poco el volumen de residuos generado en estas localidades, dada la poca población, por lo que los residuos adicionales que ingresarían a la planta no serían muchos más de los que ya se procesan actualmente. Los rechazos de la planta de separación se trasladarán a la ET, ubicada a pocos metros. Los NFU, áridos y restos de poda generados en las localidades involucradas irán directo al CA, tal como se explica en el capítulo siguiente.

11. Recolección

Habiendo establecido, diseñado y localizado los puntos de transferencia y destino tanto de la corriente seca de RSU como la corriente húmeda, se puede proceder al diseño de todo el sistema de recolección de los residuos. Dado que no se tienen datos específicos sobre las rutas de recolección, se diseñó desde cero este sistema, adaptándose a las realidades de las localidades, teniendo en cuenta la cantidad de residuos secos y húmedos por día generados, y la población existente y proyectada.

En primer lugar, como el proyecto en cuestión viene respaldado por un Plan de Inclusión Social, en donde se espera trabajar en conjunto con los recuperadores informales y los cooperativizados para incorporarlos dentro del proyecto GIRSU, no se espera que exista una corriente de recolección informal, o por lo menos, que no sea significativa. Por lo tanto, toda la recolección estará a cargo y será realizada bajo el servicio municipal/comunal, con una cobertura del 100% en todas las localidades.

En segundo lugar, atendiendo a la forma y/o sitio de recolección, se optó por una recolección puerta a puerta. Esta elección se debe a la baja cantidad de población presente en las localidades, que no justifica la compra de contenedores ni camiones recolectores especializados para manipularlos. Los vecinos depositarán sus residuos en bolsas plásticas y estas serán depositadas diariamente en cestos privados de cada vivienda:



Foto 41: Ejemplo de cesto en vereda.

Por otro lado, tal como se explicó en capítulos anteriores, la recolección será diferenciada, es decir, que los residuos se recogen separadamente, según su tipo, características y propiedades; en función de su posterior tratamiento y valoración. Mediante un proceso de concientización, se pretende que la población separe sus residuos en fracción “seca” y fracción “húmeda”, tal como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 63: Separación de residuos

Fuente: Municipalidad de Zapala

Cabe aclarar que en esta separación en origen, que tendrá una frecuencia determinada que será explicada y justificada posteriormente, no se tienen en cuenta los restos de jardinería y poda (“Residuos Verdes”), ni los residuos áridos o restos de recolección y demolición, ni los neumáticos fuera de uso. Estas corrientes tendrán su propio circuito de recolección.

Por último, cabe recordar que los residuos secos y húmedos recolectados en Ceres irán directo al Centro Ambiental, mientras que los residuos húmedos de Ambrosetti, Arrufó, Hersilia y La Rubia pasarán primero por la Estación de Transferencia en Hersilia y los secos tendrán como destino final la Planta de Separación de Hersilia.

11.1. Equipos de Recolección

Los principales medios para transportar residuos sólidos son los vehículos de motor. Para la elección del vehículo a utilizar en cada localidad, se debe analizar el equipamiento ya disponible para su gestión actual de residuos.

En el caso de Ceres, el municipio posee 3 camiones compactadores y 4 camiones volcadores para la recolección de residuos. En el análisis posterior de rutas de recolección se determinará si esta cantidad de vehículos es suficiente para transportar todos los residuos hasta el Centro Ambiental o es necesaria la compra de otro camión.

En Hersilia la recolección, tanto la de húmedos como la de secos, se realiza con un tractor y dos acoplados. Como no es lo ideal, ya que los residuos húmedos no ingresarían compactados al relleno sanitario, se prevee la compra de un camión compactador.

Ambrosetti sí posee un camión compactador, mientras que en Arrufó y La Rubia no se cuenta con tal información, por lo que en el marco del proyecto se prevé la compra de un camión compactador para ambas localidades.

Los camiones compactadores están preparados especialmente y poseen una tolva donde se compactan los residuos. Los residuos son vertidos en la parte trasera del camión, el cual después de lleno es empujado al interior de la tolva por medio de una placa móvil, accionada por un sistema eléctrico o manual, a cargo del trabajador, mientras otra impide que se devuelva la basura. Estas placas no sólo empujan la basura dentro de la caja, sino que la van compactando (Nippon Koei, 2017). En el caso de las localidades en cuestión, la carga de residuos se realizará de forma manual por la parte trasera del camión, lo cual requiere de 3 personas por camión, dos que realizan la recolección en sí de las bolsas de residuos, y uno que maneja el camión. El volumen de caja de cada camión compactador suele rondar en los 14m³, y son capaces de comprimir los residuos de forma tal que los mismos lleguen a una densidad compactada de 600kg/m³ (ver capítulo 8.2: Relleno Sanitario)



Foto 42: Camión Compactador de carga manual trasera de Ceres.

Fuente: Gobierno de la Ciudad de Ceres

Los vehículos que realizan las tareas de recolección en Hershilia, Arrufó, Ambrosetti y La Rubia depositarán sus residuos húmedos en la Estación de Transferencia en Hershilia, y desde allí, se trasladarán mediante un equipo de transferencia hasta el Centro Ambiental en Ceres; y los residuos secos a la Planta de Separación en Hershilia. Los vehículos de transferencia deben tener una capacidad para 20 a 25 toneladas. Estos camiones deben poder recibir la carga por arriba y descargar los residuos por atrás. Una vez llenos, se les coloca una lona que cubre los residuos y evita que se dispersen en el traslado al sitio de disposición final. En cuanto al número de vehículos de transferencia, este estará en función de la capacidad de los vehículos, del tiempo de ida y vuelta de la estación de transferencia al sitio de disposición, del tiempo de carga de los vehículos de transferencia y del horario de llegada de los recolectores.

La cantidad de camiones recolectores a utilizarse, como de vehículos de transferencia se determinará en las siguientes secciones.

11.2. Frecuencia de Recolección

Tal como se explicó previamente, la recolección será diferenciada, por un lado los residuos secos y por otro lado los húmedos. Los días Lunes, Miércoles y Viernes en todas las localidades se recolectarán los residuos húmedos, mientras que los días Martes y Jueves los secos.

11.3. Rutas de recolección

Una fase importante del sistema de recolección de residuos sólidos municipales, es la que comúnmente se conoce como ruta, la cual no es otra cosa que los recorridos específicos que deben realizar diariamente los vehículos recolectores en las zonas de la localidad, donde han sido asignadas con el fin de recolectar en la mejor forma posible los residuos generados por los habitantes de dicho sector. El diseño de rutas trata de aumentar la distancia productiva en relación a la distancia total.

Si bien son muchos los criterios que se deben tener en cuenta para el diseño de rutas, a continuación se detallan los que se consideraron más importantes:

- a) Los recorridos no deben fragmentarse ni traslaparse. Cada uno debe consistir en tramos que queden dentro de la misma área de la ciudad o localidad en estudio.
- b) El inicio de una ruta debe estar cerca del garaje y el final cerca del lugar de disposición final de residuos sólidos.
- c) Evitar los giros a la izquierda y las vueltas en U, porque hacen perder tiempo, son peligrosos y obstaculizan el tránsito.
- d) Las calles con mucho tránsito deben recorrerse en las horas en que este disminuye.
- e) En las calles muy cortas o sin salida, es preferible que los vehículos recolectores no entren en ellas, sino que esperen en la esquina y que el personal vaya a buscar los receptáculos con los residuos, o en su caso el público lo deposite en la esquina más cercana a la ruta de recolección.

Para el diseño, se tomará en cuenta una frecuencia de 3 días, que es la frecuencia de recolección de la corriente húmeda. Sin embargo, una vez definidas las rutas se utilizarán las mismas también en los días de recolección de residuos secos.

11.3.1. Sectorización

La primera actividad a realizar es la sectorización, la cual consiste en dividir el área de cada localidad de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad apropiada de trabajo, utilizando toda su capacidad. Los sectores (o macrorutas) pueden ser divididos en subsectores, donde cada uno de ellos corresponde a un viaje/ruta de recolección, en el caso de que se exceda la capacidad del camión.

Un diseño preliminar de macrorutas se puede hacer partiendo de la población **P** de una zona de la ciudad, de la producción de residuos sólidos en kg/hab/día **G** y de la cantidad de días de acumulación normal **F_n** y *días de acumulación máxima* **F_m** (en el caso de los lunes, se acumulan los residuos del sábado, domingo y del propio lunes).

Por lo tanto, la producción de residuos sólidos por día en kg en la zona elegida será:

$$Prod_{día} = P \times G \quad \text{Ec. 22}$$

La cantidad de residuos sólidos que se deben recoger en la zona que corresponde el servicio, con una frecuencia de 3 días por semana se puede expresar como:

$$Tonelaje\ normal = P \times G \times F_n \quad \text{Ec. 23}$$

$$Tonelaje\ máximo = P \times G \times F_m \quad \text{Ec. 24}$$

Este valor debe ser igual o mayor a la cantidad de residuos que puede recoger el vehículo:

$$C_v = N \times C \quad \text{Ec. 25}$$

Donde:

N= Número de viajes por vehículo

C= Capacidad del vehículo en kg.

En cuanto a **G**, se debe tener en cuenta que este valor no corresponde a la PPC, sino para la PPC multiplicado por el porcentaje de residuos húmedos enviados a disposición final (95% en el primer año, con aumento progresivo hasta llegar a 70% en el año 5).

En cuanto a **C** teniendo en cuenta que los camiones compactadores a utilizarse en el proyecto tienen un volumen de caja de 14m³ y se llega a una densidad compactada de 600kg/m³ de residuos, se puede expresar la capacidad del vehículo compactador como:

$$C = V_{Caja} \times D_c = 14m^3 \times 600kg/m^3 = 8400 kg \quad \text{Ec. 26}$$

Para el caso de las localidades de Ambrosetti y La Rubia, al ser tan pequeñas, no hay necesidad de sectorizarlas, por lo que todo el ejido urbano de estas localidades corresponderá a un solo sector. A su vez, se analizó y verificó la posibilidad de utilizar un solo camión recolector, en un solo viaje, que pase a recolectar los residuos generados en ambas localidades, es decir, que el camión recolector salga desde La Rubia, realice su ruta en dicha localidad, luego pase por Ambrosetti, para realizar su ruta y finalizar en la ET. Esta opción se verificó utilizando las ecuaciones de arriba, ya que se observa que en ningún momento a lo largo del proyecto supera la capacidad máxima de un camión compactador:

Tabla 61: Parámetros de Sectorización Ambrosetti y La Rubia

	Año	P (Hab)	G (kg/hab/día)	Fn (días/semana)	Fm (días/semana)	Tonelaje normal (kg)	Tonelaje máximo (kg)	Área S1 Ambrosetti (ha)	Área S1 La Rubia (ha)
Ambrosetti + La Rubia	2024	1675	0,87	2	3	3399,12	4370,29	80,8	65,7
	2028	1648	0,66			2539,30	3264,81		
	2033	1615	0,68			2563,13	3295,45		
	2038	1581	0,70			2586,07	3324,95		
	2043	1547	0,72			2607,48	3352,47		

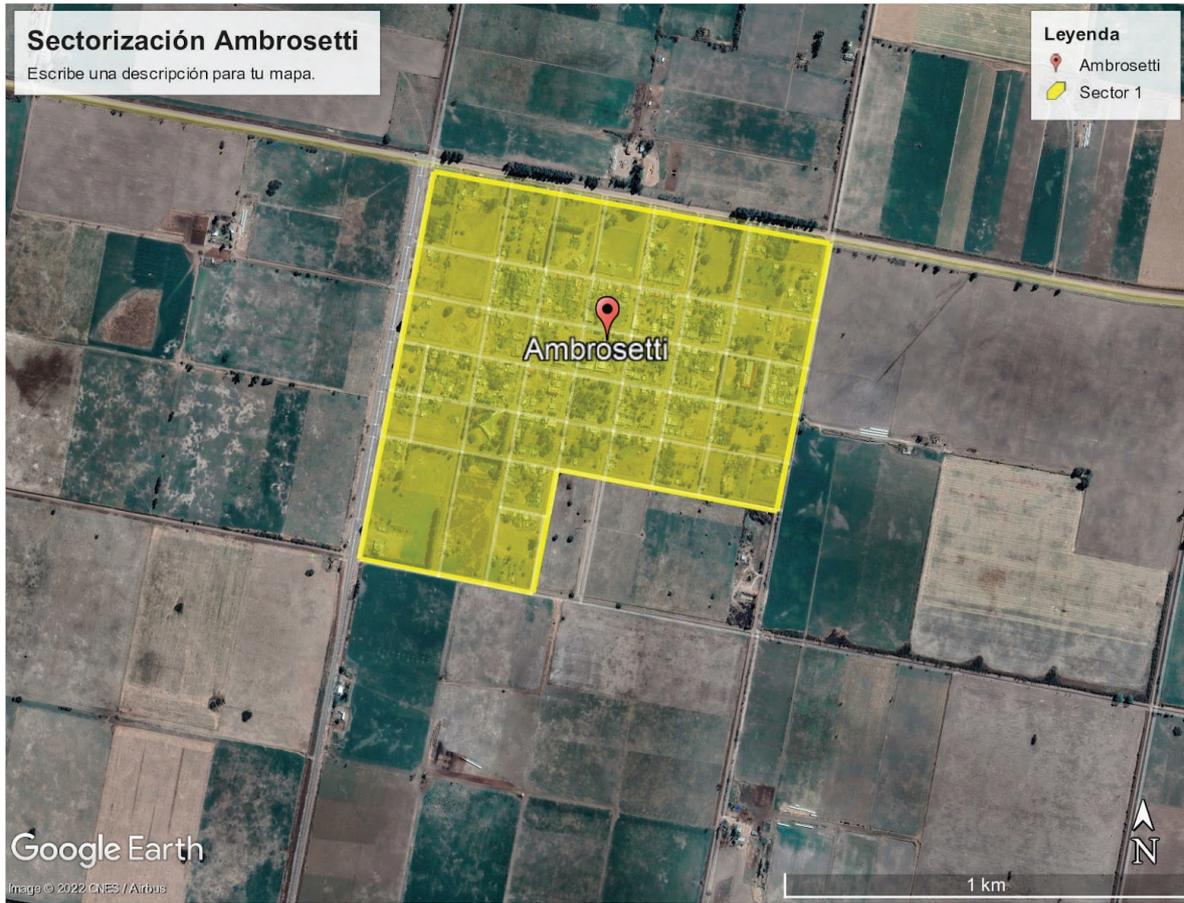


Figura 64: Sectorización Ambrosetti.



Figura 65: Sectorización La Rubia.

Por otro lado, para el caso de Arrufó, se optó en un principio por dos sectores: el sector centro (en rosa) y el sector periférico (azul), tal como se muestra en la **Figura 59**. Cabe aclarar que tanto Arrufó como las demás comunas son localidades con mucha actividad rural, por lo que existen viviendas y por lo tanto, generación de residuos, en los campos. Sin embargo, no son tenidos en cuenta para el diseño ya que, según se reporta, gestionan sus propios residuos aparte.

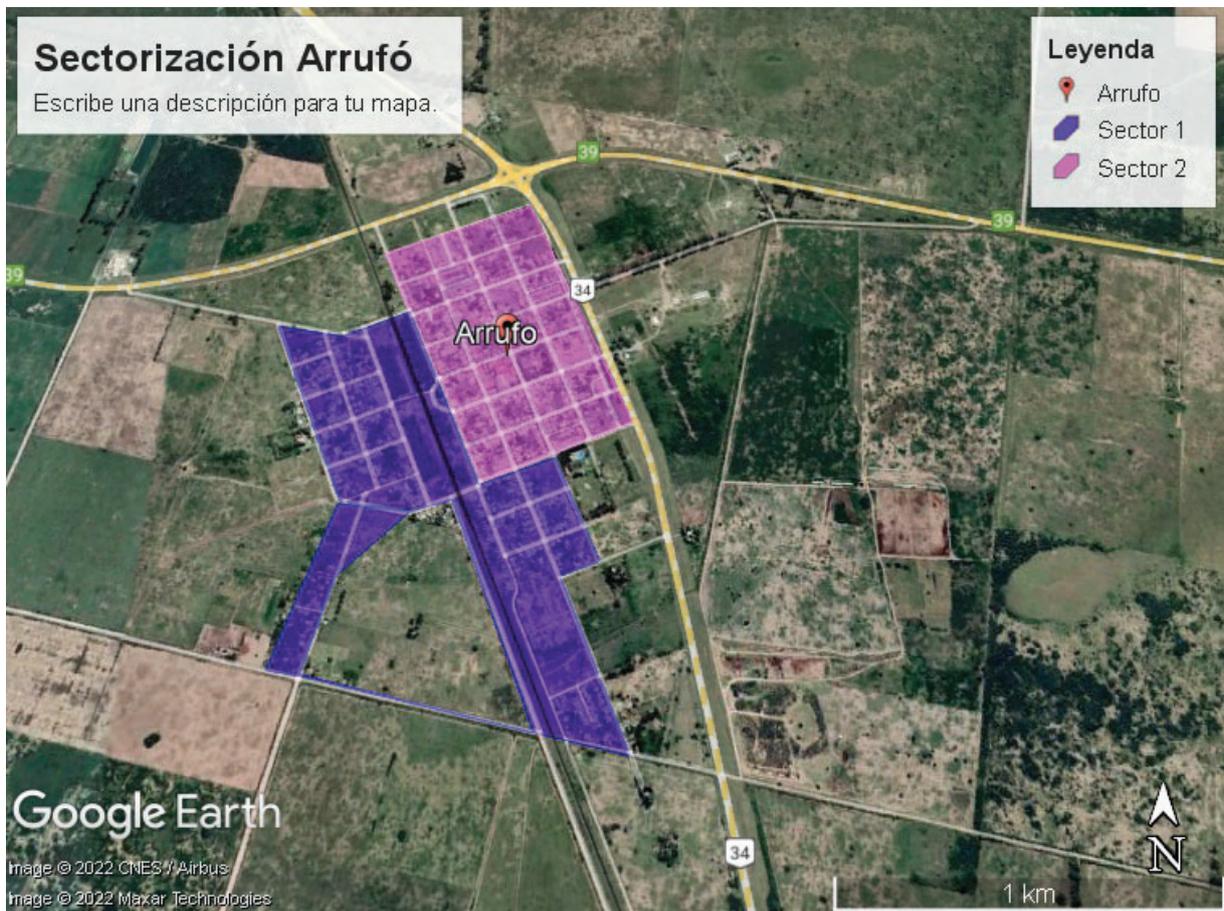


Figura 66: Posible Sectorización Arrufó.

Al calcular el tonelaje por camión, si se tenía en cuenta dos sectores, el valor era muy bajo, lo que no ameritaba tal división. Por lo tanto, se consideró la opción de no dividir la localidad, es decir, que solo exista un sector abarcado completamente por un solo camión. Esta opción resultó ser la más favorable, tal como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 62: Parámetros de Sectorización Arrufó.

	Año	P (Hab)	G (kg/hab/día)	Fn (días/semana)	Fm (días/semana)	Tonelaje normal (kg)	Tonelaje máximo (kg)	Área S1 Arrufó (ha)
Arrufó	2024	2298	0,87	2	3	3997,08	5995,62	93,8
	2028	2332	0,66			3079,54	4619,31	
	2033	2375	0,68			3230,87	4846,30	
	2038	2417	0,70			3388,55	5082,82	
	2043	2460	0,72			3552,83	5329,24	



Figura 67: Sectorización Arrufó.

Para el caso de Hersilia, también se dividió a la comuna en dos sectores, ambos divididos por la traza del ferrocarril.

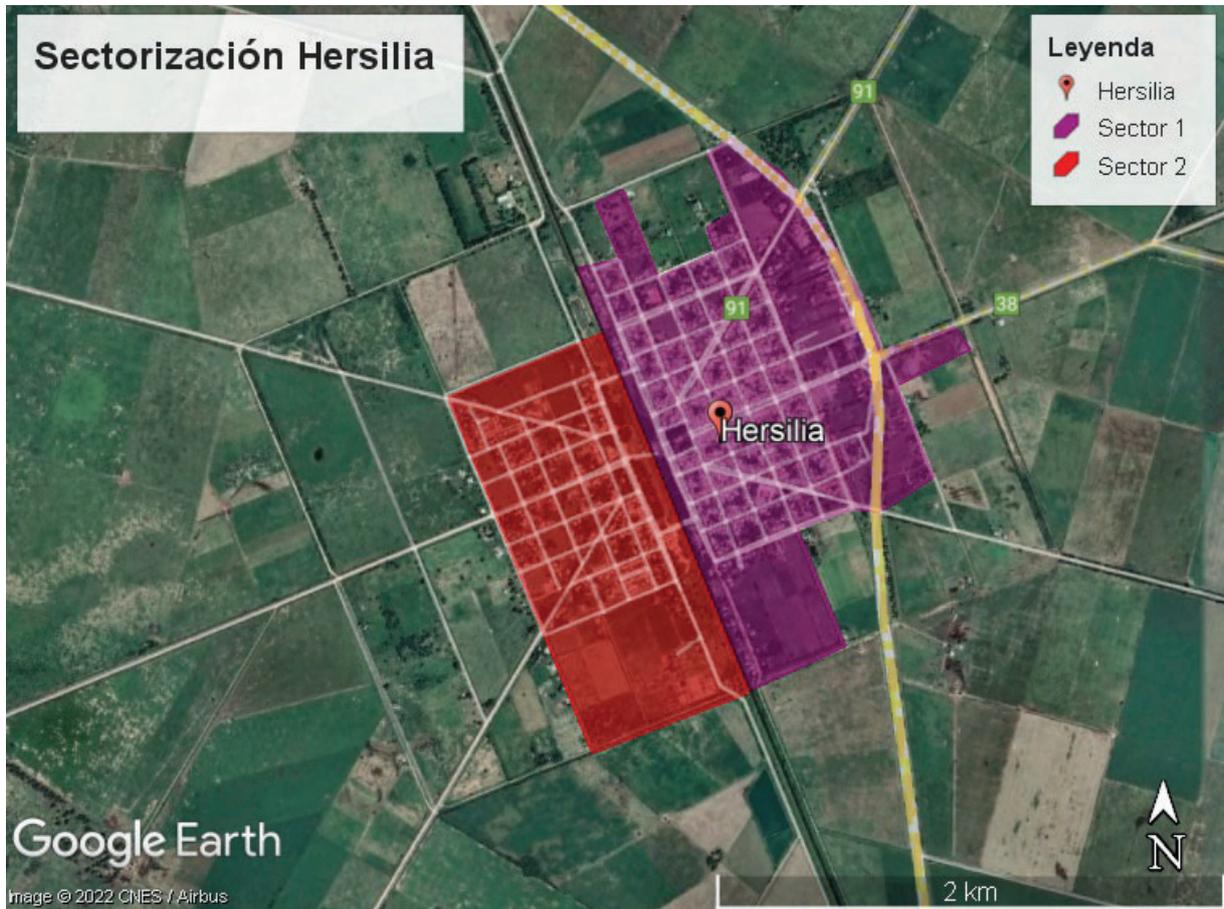


Figura 68: Sectorización Hersilia.

Si bien no se sabe exactamente la cantidad de personas que habitan por sector, es posible realizar un estimado mediante la densidad poblacional. Para esto, se trazó en Google Earth un polígono correspondiente al área del ejido urbano, lo cual dio como resultado unas 243 ha. Sabiendo la población total por año de la localidad es posible calcular el promedio de densidad poblacional mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad poblacional promedio} = \text{Población total} / \text{área del ejido urbano} \quad \text{Ec. 27}$$

Luego, con el dato calculado de densidad (año a año) es posible calcular la cantidad de población presente en cada sector, sabiendo el área de cada uno. Con los datos de población fue posible entonces calcular el tonelaje normal y máximo de cada camión:

Tabla 63: Parámetros de Sectorización Hersilia

	Sector	Año	P (Hab)	G (kg/hab/día)	Fn (días/semana)	Fm (días/semana)	Tonelaje normal (kg)	Tonelaje máximo (kg)	Área Sector (ha)
Hersilia	S1	2024	1973	0,87	2	3	3431,69	5147,53	142
		2028	2002	0,66			2643,24	3964,86	
		2033	2037	0,68			2772,24	4158,37	
		2038	2073	0,70			2906,65	4359,97	
		2043	2109	0,72			3046,65	4569,98	
	S2	2024	1403	0,87	2	3	2440,85	3661,27	101
		2028	1424	0,66			1880,05	2820,08	
		2033	1449	0,68			1971,81	2957,71	
		2038	1475	0,70			2067,40	3101,10	
		2043	1500	0,72			2166,99	3250,48	

Se puede observar que si se hubiera optado por un solo sector, se superaría la capacidad máxima del camión (8400 kg) en el año 2024. Como en los demás años no se supera esta capacidad, se deberá considerar la posibilidad de unificar las rutas y realizar una sola recorrida con un solo camión por toda la localidad.

Finalmente, para Ceres se optó en primera instancia dividir la ciudad en 4 sectores. Esto se debe a que es la localidad del proyecto con mayor población, por lo que la generación de residuos amerita el uso de varios camiones. Al igual que con Hersilia, se calculó la densidad poblacional promedio de toda la ciudad, año a año, y conociendo el área de cada sector fue posible calcular la población en cada uno de ellos. Este método es estimado, ya que no en todos los sectores existe la misma densidad poblacional, además de que el área del ejido urbano va creciendo año a año, ya que Ceres muestra una tendencia poblacional creciente, tal como se demostró en capítulos anteriores. Sin embargo, desde la vista satelital mediante la herramienta Google Earth se puede observar que la localidad muestra un crecimiento bastante uniforme, es decir, que parecería no haber muchas diferencias en la densidad poblacional en cada uno de los 4 sectores.

Por lo tanto, con los datos de población fue posible entonces calcular el tonelaje normal y máximo de cada camión (considerando un camión por cada sector):

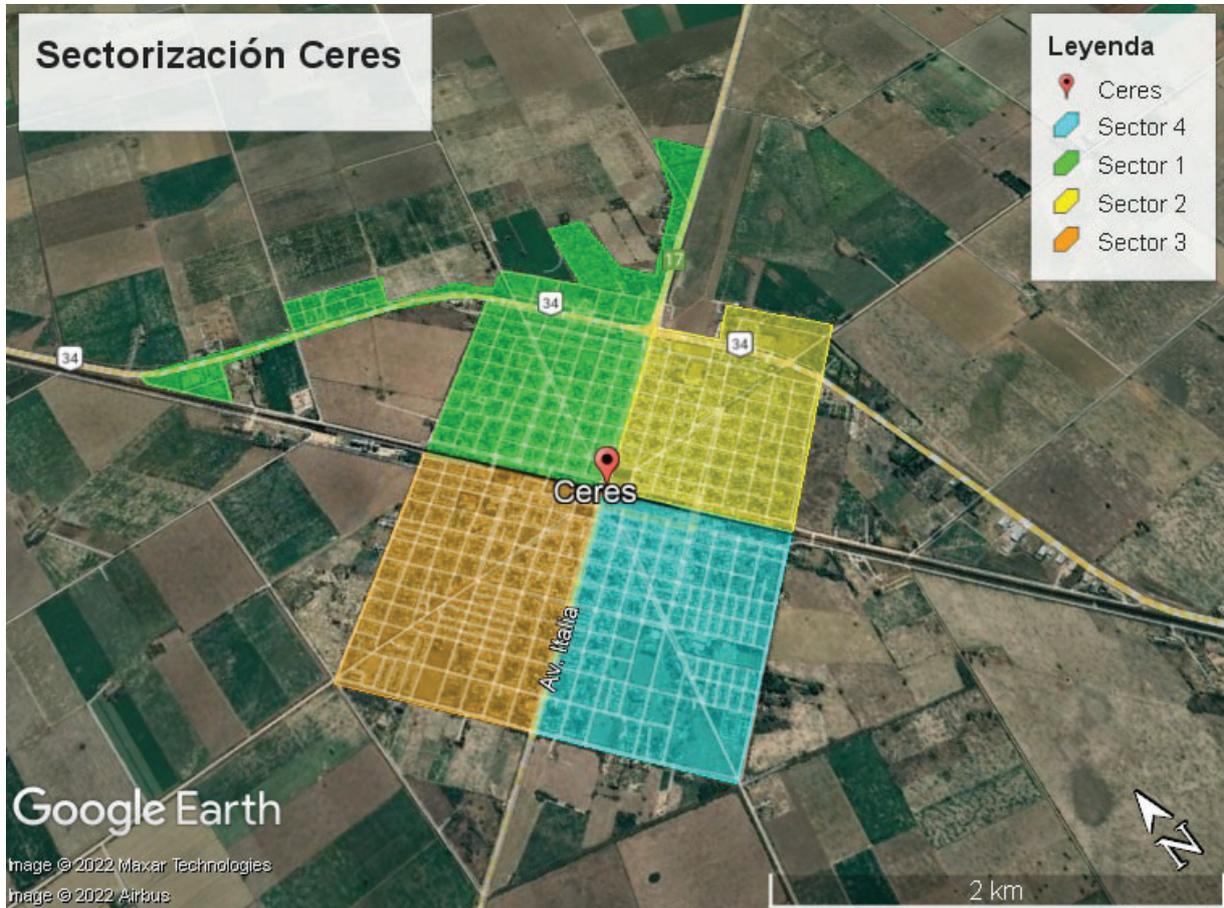


Figura 69: Sectorización Ceres.

Tabla 64: Parámetros de Sectorización Ceres.

	Sector	Año	P (Hab)	G (kg/hab/día)	Fn (días/semana)	Fm (días/semana)	Tonelaje normal (kg)	Tonelaje máximo (kg)	Área Sector (ha)
Ceres	S1	2024	8799	0,87	2	3	15305,18	22957,78	207
		2028	9029	0,66			11923,54	17885,31	
		2033	9317	0,68			12676,62	19014,94	
		2038	9604	0,70			13464,45	20196,67	
		2043	9891	0,72			14288,42	21432,63	
	S2	2024	5569	0,87	2	3	9685,89	14528,83	131
		2028	5714	0,66			7545,82	11318,72	
		2033	5896	0,68			8022,40	12033,61	
		2038	6078	0,70			8520,98	12781,47	

		2043	6260	0,72			9042,43	13563,65	
	S3	2024	5824	0,87	2	3	10129,52	15194,28	137
		2028	5976	0,66			7891,43	11837,14	
		2033	6166	0,68			8389,84	12584,76	
		2038	6356	0,70			8911,25	13366,88	
		2043	6546	0,72			9456,59	14184,88	
	S4	2024	5739	0,87	2	3	9981,64	14972,46	135
		2028	5889	0,66			7776,22	11664,33	
		2033	6076	0,68			8267,36	12401,05	
		2038	6263	0,70			8781,16	13171,74	
		2043	6451	0,72			9318,54	13977,80	

Se puede observar como todos los sectores exceden la capacidad máxima del camión compactador (8400kg), tanto en los días de tonelaje normal como en los días de tonelaje máximo, por lo menos el primer año. Por lo tanto, se continuará con la sub-sectorización de cada sector, es decir, cada sector será dividido para que cada sub-sector sea abarcado por un camión recolector. De esta forma, el número de rutas será igual al número de subsectores.

Cada sector se dividió en dos sub-sectores, menos el Sector 1 que se dividió en 3:

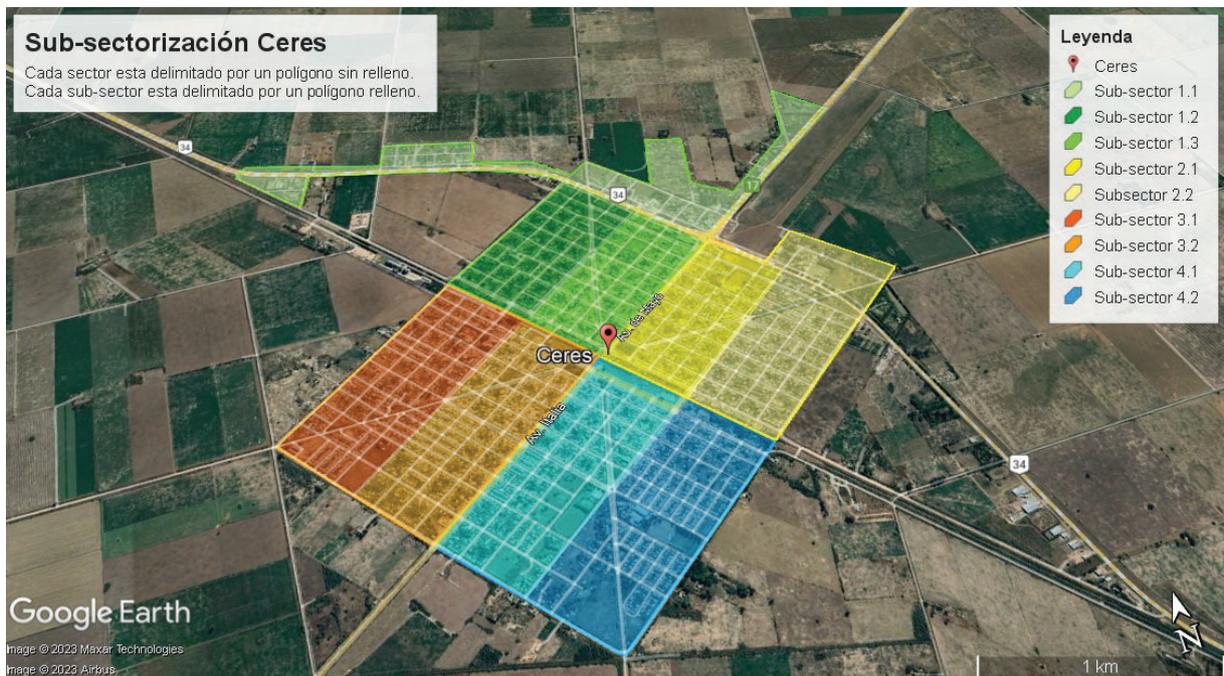


Figura 70: Sub-Sectorización Ceres.

Utilizando las ecuaciones enunciadas previamente, se calculó la población y el tonelaje normal y máximo de cada camión (correspondiente a cada sub-sector):

Tabla 65: Parámetros de Sub-Sectorización Ceres.

	Sector	Sub-Sector	Año	P (Hab)	Tonelaje normal (kg)	Tonelaje máximo (kg)	Área Sub-sector (ha)
Ceres	1	1.1	2024	3634	5497,91	9482,56	85,5
			2028	3729	3251,83	7387,41	
			2033	3848	3562,19	7854,00	
			2038	3967	3898,44	8342,10	
			2043	4086	4262,62	8852,61	
		1.2	2024	2504	4354,95	6532,43	58,9
			2028	2569	3392,74	5089,11	
			2033	2651	3607,02	5410,53	
			2038	2733	3831,19	5746,78	
			2043	2815	4065,64	6098,46	
		1.3	2024	2270	3948,29	5922,44	53,4
			2028	2329	3075,93	4613,89	
			2033	2520	3429,42	5144,14	
			2038	2598	3642,56	5463,83	

	2	2.1	2043	2676	3865,47	5798,20	56
			2024	2380	4140,53	6210,80	
			2028	2443	3225,69	4838,54	
			2033	2520	3429,42	5144,14	
			2038	2598	3642,56	5463,83	
			2043	2676	3865,47	5798,20	
	2	2.2	2024	3010	5234,82	7852,23	70,8
			2028	3088	4078,20	6117,30	
			2033	2651	3607,02	5410,53	
			2038	2733	3831,19	5746,78	
			2043	2815	4065,64	6098,46	
	3	3.1	2024	2950	5131,30	7696,96	69,4
			2028	3027	3997,55	5996,33	
			2033	2520	3429,42	5144,14	
			2038	2598	3642,56	5463,83	
			2043	2676	3865,47	5798,20	
		3.2	2024	2784	4842,94	7264,42	65,5
			2028	2857	3772,91	5659,36	
			2033	2651	3607,02	5410,53	
			2038	2733	3831,19	5746,78	
2043			2815	4065,64	6098,46		
4	4.1	2024	2886	5020,40	7530,59	67,9	
		2028	2962	3911,15	5866,73		
		2033	2520	3429,42	5144,14		
		2038	2598	3642,56	5463,83		
		2043	2676	3865,47	5798,20		
	4.2	2024	2929	5094,33	7641,50	68,9	
		2028	3005	3968,75	5953,13		
		2033	2651	3607,02	5410,53		
		2038	2733	3831,19	5746,78		
		2043	2815	4065,64	6098,46		

Se puede observar que de esta forma, el único sub-sector que sobrepasaría la capacidad del camión recolector es el sub-sector 1.1 , en el año 2024 y 2043, únicamente el día de acumulación máxima. Sin embargo, observando las imágenes satelitales y consultando el mapa por Google Maps, se puede observar que en este sub-sector existen barrios privados o

“clubes de campo”, lo cual sugiere que la densidad poblacional es menor. Por lo tanto, al haber menor cantidad de personas en comparación con los barrios céntricos, la generación total de residuos, y por lo tanto el tonelaje del camión recolector, debería disminuir.

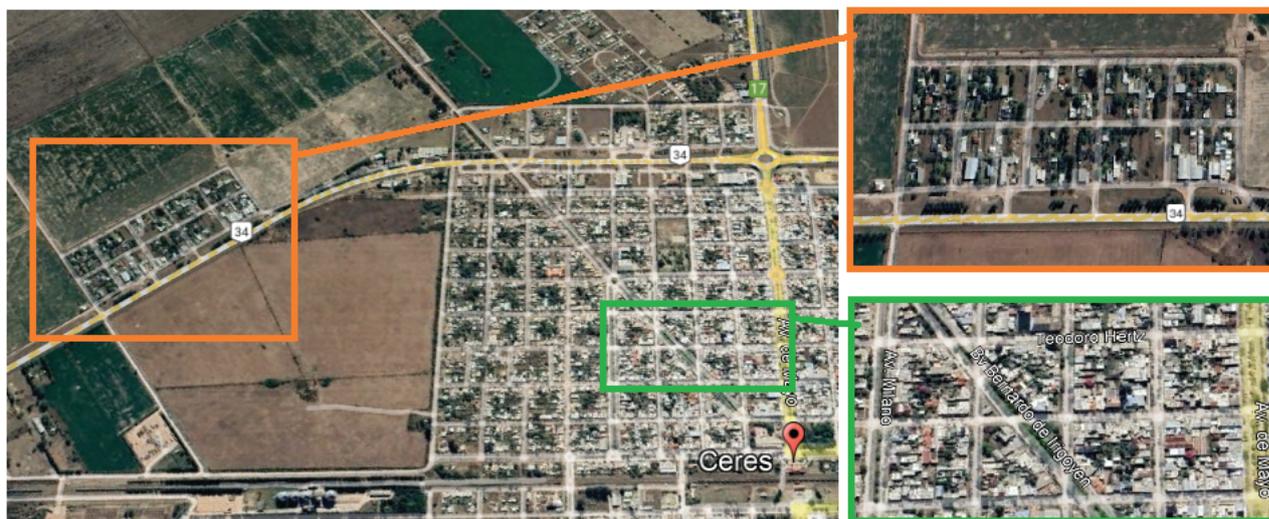


Figura 71: Diferencias en la densidad poblacional en Ceres

Antes de continuar es necesario hacer una salvedad: las localidades son dinámicas, ya que las mismas van aumentando o disminuyendo su población año a año. A su vez, se van expandiendo y aumentando su ejido urbano cada vez más. Sin embargo, es muy difícil prever esta situación, por lo que para el diseño se toma un área estática, con posibilidad de incorporar nuevos tramos de ruta de recolección a medida que la población crezca.

11.3.2. Tiempo y ruta de recolección

Habiendo dividido cada localidad por sectores y/o subsectores, se procedió a calcular el tiempo total del recorrido de cada camión recolector, teniendo en cuenta que salen desde un garage (en la mayoría de los casos ubicado en el lugar del basural) y vuelven al mismo garage. Para esto, fue necesario diseñar un recorrido que abarque todo el sector designado, pasando por todas o casi todas las cuadras. En los casos en donde el camión no pase por una cuadra, la razón es debido a que existen muy pocas o ninguna vivienda en dicha cuadra. Frente a esta situación, alguno de los operadores del camión irá a recoger las bolsas de forma manual mientras el camión recolector espera en la esquina, para luego seguir su recorrido.

Los criterios para el diseño del recorrido son los detallados en el apartado 11. Es necesario aclarar que al tratarse de una recolección manual, no es necesario que el camión

pase dos veces por la misma cuadra, dado que los operadores trabajan levantando las bolsas de los cestos y depositandolos en el camión, uno de cada lado.

Teniendo en cuenta que se tiene una estación de transferencia, y que el camión recolector llegaría hasta allí, ya que luego se realiza al trasbordo de residuos al camión de transferencia, se puede calcular el tiempo total del recorrido como:

$$\textit{Tiempo por viaje} = \textit{Tiempo muerto} + \textit{tiempo productivo} \quad \text{Ec. 26}$$

Donde:

- $$\textit{Tiempo productivo} = \textit{tiempo garage a ruta (recorrido por viviendas)} + \textit{tiempo ruta a ET} + \textit{tiempo en ET} + \textit{tiempo ET a Garage} \quad \text{Ec. 27}$$

Que representa los tiempos en que el vehículo se encuentra en marcha, sumado al tiempo en que el vehículo se encuentra en la ET.

- $$\textit{Tiempo muerto} = \frac{\textit{Tonelaje camión}}{\textit{indicador Toneladas/Tiempo total de recolección}} \quad \text{Ec. 28}$$

Que representa el tiempo en el que el camión está frenado mientras los operadores recogen las bolsas manualmente. El indicador *Toneladas/Tiempo total de recolección* depende del tipo de recolección realizada. En nuestro caso, el manual Nippon Koei indica que para recolección manual, el valor óptimo de este indicador es 2,45 toneladas/hora. En cuanto al *tonelaje del camión*, se calculará el tiempo para el peor de los casos, que sería el día lunes donde el tonelaje es máximo.

Por otro lado, se tuvo en cuenta que las velocidades en ruta del camión son de 80km/h y las velocidades en calle son de 10 km/h, dado que la recolección es manual y los operarios deben alcanzar el camión cada vez que avanza. A su vez, se toma como referencia un tiempo en la ET de 30 minutos.

A continuación se presentan las rutas diseñadas para cada localidad, según la sectorización del apartado anterior. A su vez se calculan las distancias y los tiempos necesarios para el recorrido, para el año del comienzo del proyecto, que es el año de mayor generación de residuos que irán a disposición final. Luego, a medida que pasen los años, se evaluará la posibilidad de optimizar las rutas en caso de que los camiones vayan muy vacíos o se estén realizando recorridos innecesarios.

11.3.2.1. Ambrosetti y La Rubia

El garage de Ambrosetti estará ubicado en el actual basural a cielo abierto. Se harán las mejoras necesarias para garantizar el buen mantenimiento y cuidado del camión recolector.

Figura 72: Ruta de Recolección Ambrosetti

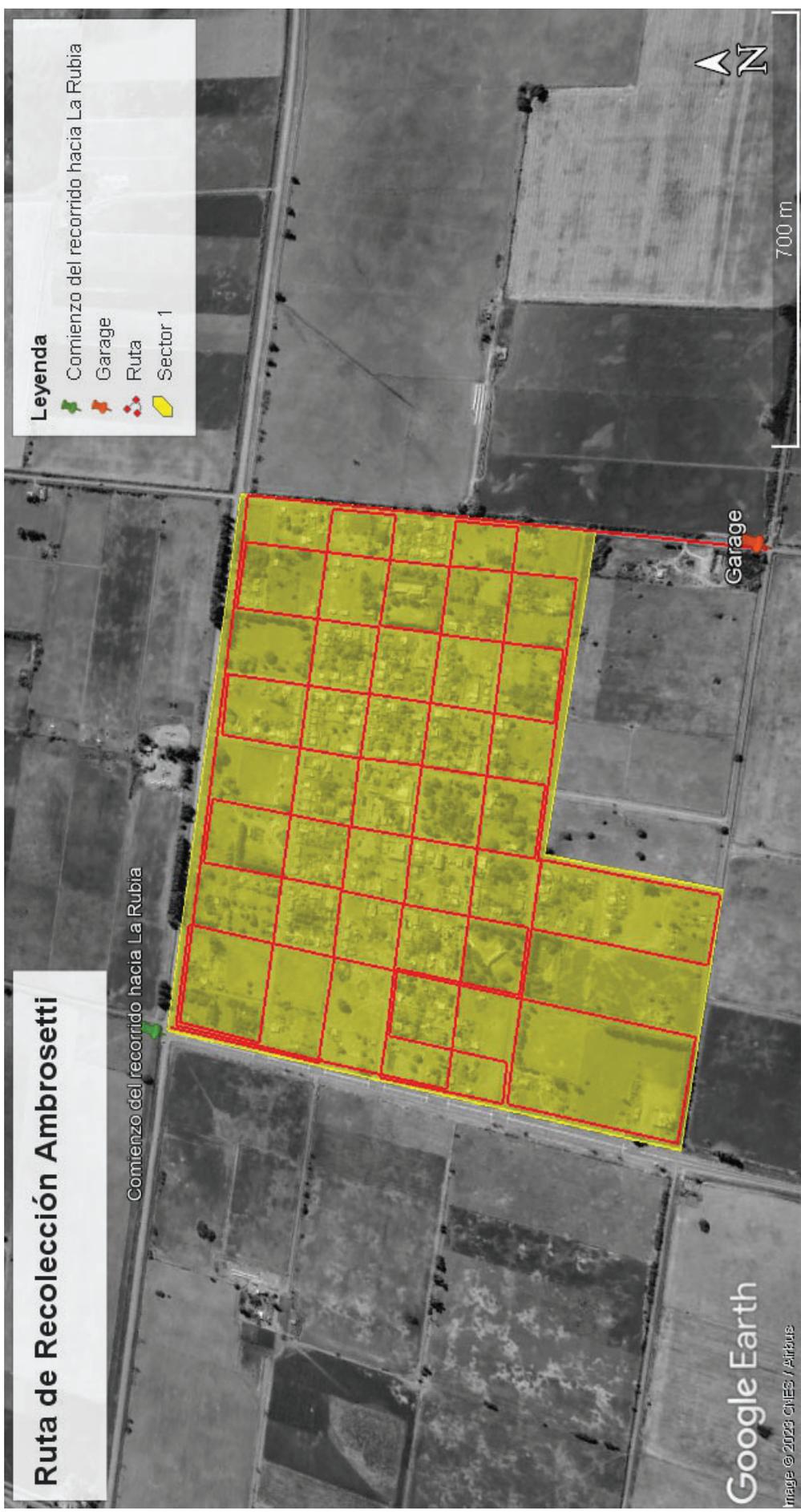




Figura 73: Ruta de Recolección La Rubia

Tabla 66: Tiempos de Viaje Ruta Ambrosetti + La Rubia

Tiempo Productivo			
Localidad	Recorrido	Distancia (km)	Tiempo (min)
Ambrosetti + La Rubia	Recorrido desde el garage en Ambrosetti hasta la ruta, recolectando los residuos	16,3	98
	Ruta a La Rubia	32	24
	Recorrido desde el inicio del recorrido en La Rubia hasta la ruta, recolectando los residuos	8,53	51
	Ruta a ET	14,6	11
	Estadía en ET	0	30
	ET a Garage Ambrosetti	29,6	22
Ruta total		101,03	236
Tiempo Muerto			
Tonelaje máximo (ton)		4,37	
Indicador (ton/hora)		2,45	
Tiempo muerto (min)		107	
Tiempo Por Viaje			
Tiempo por viaje (min)		343	
Tiempo por viaje (horas)		5,72	

Teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas, el tiempo por viaje deja más de 2hs libres en el caso de que surja algún inconveniente. La recolección se realizará en el turno noche, de 00:00 a 8:00. La razón por la que se decidió realizar la recolección en turno noche es porque por un lado, según lo conversado con los vecinos, la mayoría saca sus residuos durante la tarde o noche, luego de cenar. Por el otro, la recolección nocturna asegura que no se generen embotellamientos gracias al paso de los camiones recolectores, que están frenando constantemente. Teniendo en cuenta que la mayoría de las calles son de un único carril, resulta muy molesto para los conductores estar esperando a que pase el camión. Como el turno noche es el menos transitado por automóviles particulares, se optó por esta opción.

Teniendo en cuenta que actualmente Ambrosetti cuenta con un camión compactador, el mismo puede ser utilizado para la recolección planteada, sin necesidad de la compra de un vehículo adicional.

11.3.2.2. Arrufó

El garage de Arrufó estará ubicado en el actual basural a cielo abierto. Se harán las mejoras necesarias para garantizar el buen mantenimiento y cuidado del camión recolector.

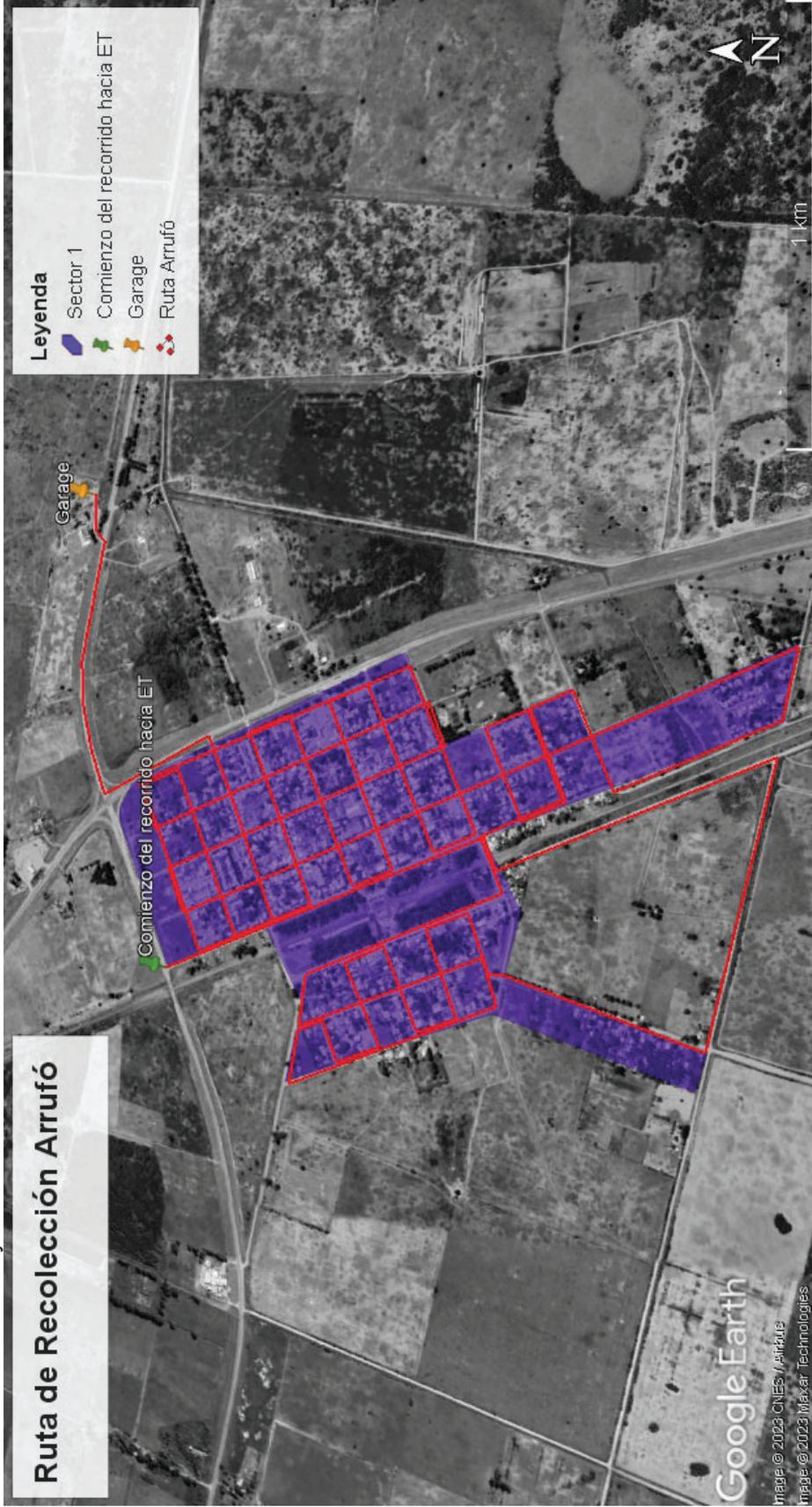


Figura 74: Ruta de Recolección Arrufó

Tabla 67: Tiempos de Viaje Ruta Arrufó

Tiempo Productivo			
Localidad	Recorrido	Distancia (km)	Tiempo (min)
Arrufó	Recorrido desde el garage en Arrufó hasta la ruta, recolectando los residuos	19,7	118
	Ruta a ET	30	23
	Estadía en ET	-	30
	ET a Garage Ambrosetti	30,1	23
Ruta total		79,8	193
Tiempo Muerto			
Tonelaje máximo (ton)		6,00	
Indicador (ton/hora)		2,45	
Tiempo muerto (min)		147	
Tiempo Por Viaje			
Tiempo por viaje (min)		340	
Tiempo por viaje (horas)		5,67	

Teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas, el tiempo por viaje deja más de 2hs libres en el caso de que surja algún inconveniente. La recolección se realizará en el turno noche, de 00:00 a 8:00, por las mismas razones mencionadas anteriormente..

Si bien no se cuenta con información sobre el vehículo que utiliza la localidad de Arrufó para la recolección de sus residuos, se asume que al proveer el servicio de recolección actualmente, el vehículo puede cubrir la demanda de la localidad, por lo que no será necesaria la compra adicional de un camión.

11.3.2.3. Hersilia



Figura 75: Rutas de Recolección Hersilia

Teniendo en cuenta la cercanía de la ET en Hersilia, no existe un recorrido por ruta. Además, como el garage de los camiones se encuentra en la misma ET, el punto final del recorrido también será allí, por lo que los tiempos se reducen. Por este motivo, se analizó y verificó la posibilidad de realizar los dos recorridos de ambos sectores en una misma jornada con el mismo camión. Es decir, el camión parte desde la ET para realizar el recorrido por el sector 1, luego vuelve a la ET a depositar los residuos, y luego vuelve en la misma jornada a realizar el recorrido por el sector 2, para finalizar nuevamente en la ET. Los tiempos de todo el recorrido pueden observarse en la siguiente tabla:

Tabla 68: Tiempos de Viaje Rutas Hersilia.

Tiempo Productivo			
Localidad	Recorrido	Distancia (km)	Tiempo (min)
Hersilia Sector 1	Recorrido desde el garage en Hersilia hasta la ruta, recolectando los residuos	16,8	101
	Estadía en ET	-	30
Hersilia Sector 2	Recorrido desde el garage en Hersilia hasta la ruta, recolectando los residuos	28,3	170
	Estadía en ET	-	30
Ruta total		16,8	131
Tiempo Muerto			
Tonelaje máximo (ton) en Sector 1		5,15	
Tonelaje máximo (ton) en Sector 2		3,66	
Indicador (ton/hora)		2,45	
Tiempo muerto (min)		216	
Tiempo Por Viaje			
Tiempo por viaje (min)		347	
Tiempo por viaje (horas)		5,78	

Teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas, el tiempo por viaje deja más de 2hs libres en el caso de que surja algún inconveniente. El número de viajes por vehículo recolector en este caso es 2. La recolección se realizará en el turno noche, de 00:00 a 8:00, por las mismas razones mencionadas anteriormente.

Como la localidad de Hersilia utiliza actualmente un tractor y dos acoplados para su recolección, se plantea en el marco de este proyecto la compra de un camión compactador

para evitar que los residuos lleguen sin compactar al relleno sanitario. Al tractor se le dará uso en el CA o en la Planta de Separación en Hersilia. A su vez, la localidad de Hersilia posee un camión acoplado que utiliza para la comercialización de los materiales que recupera. El mismo puede ser utilizado como vehículo de transferencia.



Foto 43: Camión acoplado que posee actualmente la localidad de Hersilia.

Fuente: Facebook Comuna de Hersilia

11.3.2.4. Ceres

Todos los camiones recolectores que recorrerán las calles y avenidas de la localidad de Ceres partirán desde el CA donde se encontrará el garage de los mismos. Luego del recorrido, regresarán al CA para depositar los residuos en el relleno sanitario o en la planta de separación y clasificación, y se estacionarán en el mismo garage hasta la jornada siguiente.

El armado de rutas de ceres resultó ser el más complejo, dado que cada ruta de cada subsector se debía articular con la ruta contigua. Se intentó evitar que dos camiones diferentes pasen por la misma calle o avenida, pero muchas veces esta situación fue inevitable. En los casos que dos camiones diferentes pasen dos veces por la misma calle o avenida dentro de su recorrido, se deberá coordinar para que sólo uno de los dos camiones recoja los residuos de dicha cuadra. Para evitar molestias en los vecinos por el ruido que puede generar el camión recolector al pasar por las viviendas, estos saldrán en horarios separados desde el CA, evitando las horas de mayor congestión.



Figura 76: Rutas de Recolección Sector 1 Ceres.

Tabla 69: Tiempos de Viaje Rutas Sector 1 Ceres

SECTOR 1			
Tiempo Productivo			
Localidad	Recorrido	Distancia (km)	Tiempo (min)
Ceres Sub-Sector 1.1	Recorrido desde el garage en CA hasta comienzo de recolección de residuos (por calle)	5,6	8
	Recorrido de recolección de residuos hasta comienzo de ruta a CA	23,5	141
	Ruta de vuelta al CA	5,6	8
	Estadía en Relleno Sanitario	-	45
Ruta total		34,7	203
Ceres Sub-Sector 1.2	Recorrido desde el garage en CA hasta comienzo de recolección de residuos (por calle)	5,6	8
	Recorrido de recolección de residuos hasta comienzo de ruta a CA	16,8	101
	Ruta de vuelta al CA	5,6	8
	Estadía en Relleno Sanitario	-	30
Ruta total		34,7	158
Ceres Sub-Sector 1.3	Recorrido desde el garage en CA hasta comienzo de recolección de residuos (por calle)	5,6	8
	Recorrido de recolección de residuos hasta comienzo de ruta a CA	14,3	86
	Ruta de vuelta al CA	5,6	8
	Estadía en Relleno Sanitario	-	45
Ruta total		25,5	148
Tiempo Muerto			
Indicador (ton/hora)		2,45	
Sub-Sector 1.1	Tonelaje máximo (ton)	9,48	
	Tiempo muerto (min)	232	
Sub-Sector 1.2	Tonelaje máximo (ton)	6,53	
	Tiempo muerto (min)	160	
Sub-Sector 1.3	Tonelaje máximo (ton)	5,92	
	Tiempo muerto (min)	145	

Tiempo Por Viaje		
Sub-Sector 1.1	Tiempo por viaje (min)	435
	Tiempo por viaje (horas)	7,25
Sub-Sector 1.2	Tiempo por viaje (min)	318
	Tiempo por viaje (horas)	5,30
Sub-Sector 1.3	Tiempo por viaje (min)	293
	Tiempo por viaje (horas)	4,88

Teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas, el tiempo por viaje deja más de 2hs libres en el caso de que surja algún inconveniente, excepto en el sub-sector 1.1., donde la duración total del viaje es de más de 7 horas. Sin embargo, cabe recordar que según lo analizado anteriormente, el tonelaje probablemente sea mucho menor al estimado, lo que afecta el tiempo muerto. A su vez, se tomó como promedio una velocidad de 10km/hora en el momento en que el camión se encuentra recolectando los residuos. Frente a esta situación, se debe tener en cuenta que los trayectos para estos sectores son largos, y en muchos casos por calles sin viviendas, lo que le permitiría al camión aumentar la velocidad y reducir el tiempo de viaje.

El número de viajes por vehículo recolector en este caso es 1, y cada ruta corresponde a un camión diferente.

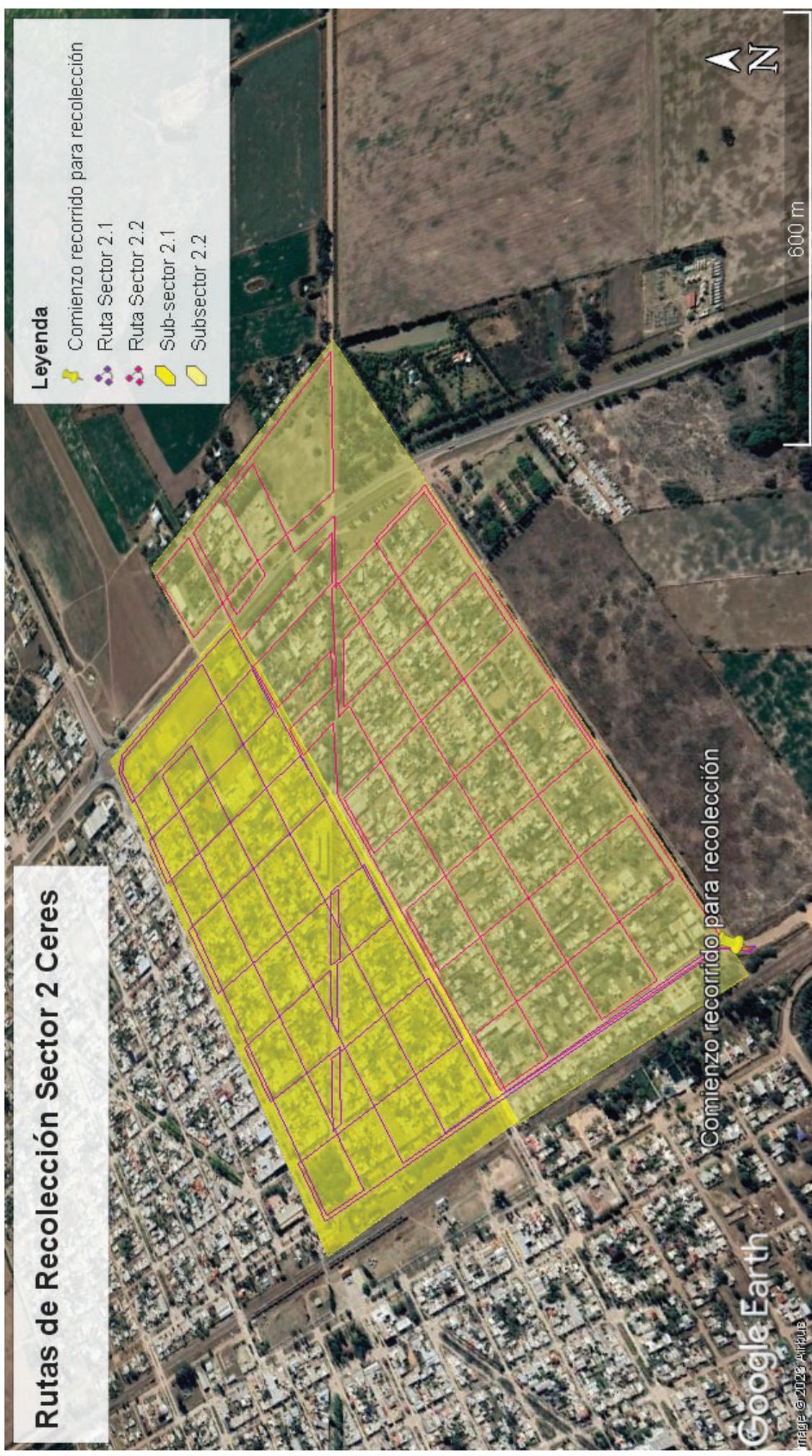


Figura 77: Rutas de Recolección Sector 2 Ceres.

Tabla 70: Tiempos de Viaje Rutas Sector 2 Ceres

SECTOR 2			
Tiempo Productivo			
Localidad	Recorrido	Distancia (km)	Tiempo (min)
Ceres Sub-Sector 2.1	Recorrido desde el garage en CA hasta comienzo de recolección de residuos (por calle)	5,6	8
	Recorrido de recolección de residuos hasta comienzo de ruta a CA	13,5	81
	Ruta de vuelta al CA	5,6	8
	Estadía en Relleno Sanitario	-	45
Ruta total		24,7	143
Ceres Sub-Sector 2.2	Recorrido desde el garage en CA hasta comienzo de recolección de residuos (por calle)	5,6	8
	Recorrido de recolección de residuos hasta comienzo de ruta a CA	13,6	82
	Ruta de vuelta al CA	5,6	8
	Estadía en Relleno Sanitario	-	30
Ruta total		24,8	128
Tiempo Muerto			
Indicador (ton/hora)		2,45	
Sub-Sector 2.1	Tonelaje máximo (ton)	6,21	
	Tiempo muerto (min)	152	
Sub-Sector 2.2	Tonelaje máximo (ton)	7,85	
	Tiempo muerto (min)	192	
Tiempo Por Viaje			
Sub-Sector 2.1	Tiempo por viaje (min)	295	
	Tiempo por viaje (horas)	4,92	
Sub-Sector 2.2	Tiempo por viaje (min)	321	
	Tiempo por viaje (horas)	5,34	

Teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas, el tiempo por viaje deja más de 2hs libres en el caso de que surja algún inconveniente. El número de viajes por vehículo recolector en este caso es 1, y cada ruta le corresponde a un camión diferente.

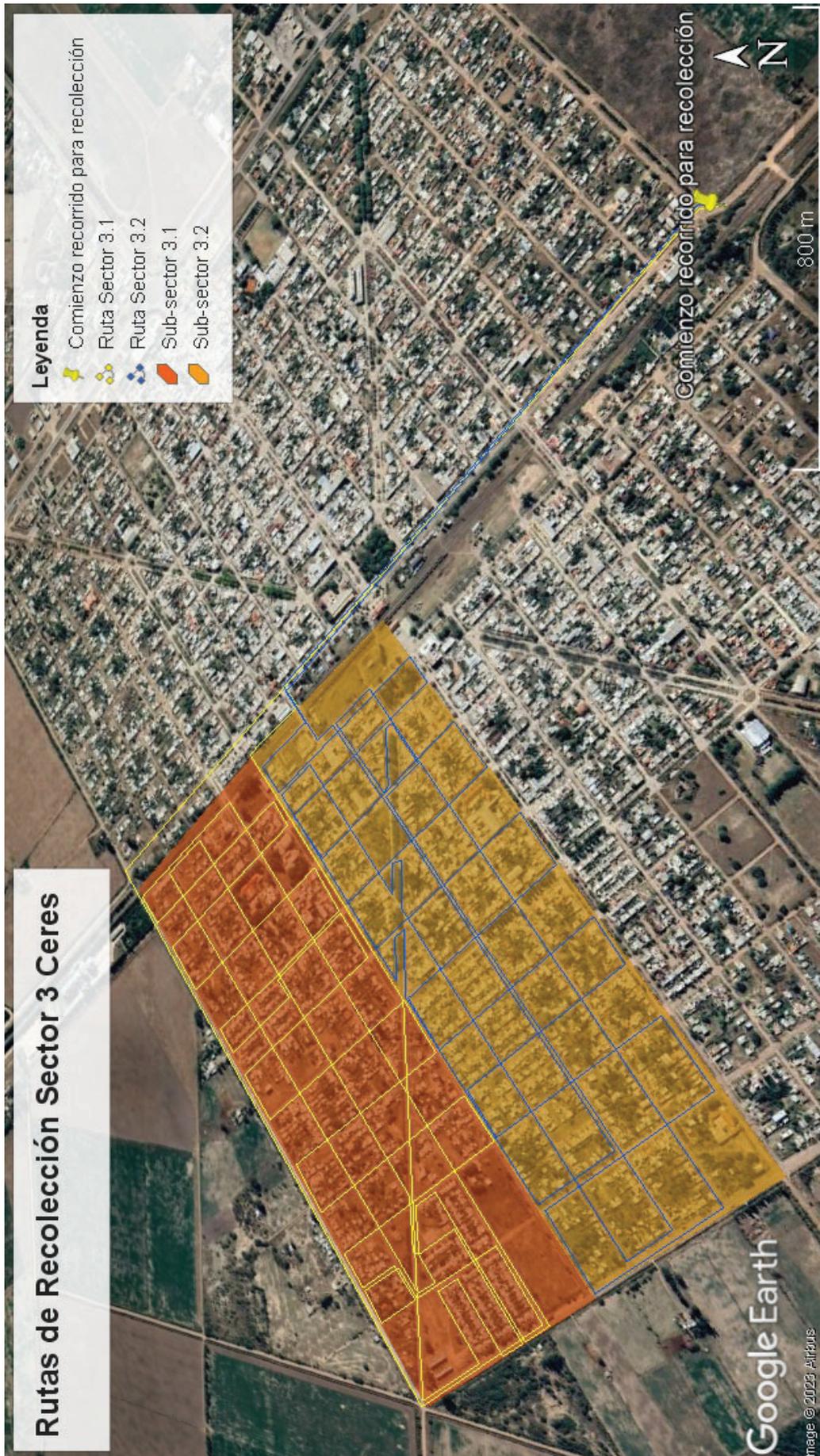


Figura 78: Rutas de Recolección Sector 3 Ceres.

Tabla 71: Tiempos de Viaje Rutas Sector 3 Ceres

SECTOR 3			
Tiempo Productivo			
Localidad	Recorrido	Distancia (km)	Tiempo (min)
Ceres Sub-Sector 3.1	Recorrido desde el garage en CA hasta comienzo de recolección de residuos (por calle)	5,6	8
	Recorrido de recolección de residuos hasta comienzo de ruta a CA	19,7	118
	Ruta de vuelta al CA	5,6	8
	Estadía en Relleno Sanitario	-	45
Ruta total		30,9	180
Ceres Sub-Sector 3.2	Recorrido desde el garage en CA hasta comienzo de recolección de residuos (por calle)	5,6	8
	Recorrido de recolección de residuos hasta comienzo de ruta a CA	16,6	100
	Ruta de vuelta al CA	5,6	8
	Estadía en Relleno Sanitario	-	30
Ruta total		27,8	146
Tiempo Muerto			
Indicador (ton/hora)		2,45	
Sub-Sector 3.1	Tonelaje máximo (ton)	7,70	
	Tiempo muerto (min)	188	
Sub-Sector 3.2	Tonelaje máximo (ton)	7,26	
	Tiempo muerto (min)	178	
Tiempo Por Viaje			
Sub-Sector 3.1	Tiempo por viaje (min)	368	
	Tiempo por viaje (horas)	6,14	
Sub-Sector 3.2	Tiempo por viaje (min)	324	
	Tiempo por viaje (horas)	5,41	

Teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas, el tiempo por viaje deja más de una hora y media libres en el caso de que surja algún inconveniente. El número de viajes por vehículo recolector en este caso es 1, y cada ruta le corresponde a un camión diferente.



Figura 79: Rutas de Recolección Sector 4 Ceres.

Tabla 72: Tiempos de Viaje Rutas Sector 4 Ceres

SECTOR 4			
Tiempo Productivo			
Localidad	Recorrido	Distancia (km)	Tiempo (min)
Ceres Sub-Sector 4.1	Recorrido desde el garage en CA hasta comienzo de recolección de residuos (por calle)	5,6	8
	Recorrido de recolección de residuos hasta comienzo de ruta a CA	14,3	86
	Ruta de vuelta al CA	5,6	8
	Estadía en Relleno Sanitario	-	45
Ruta total		25,5	148
Ceres Sub-Sector 4.2	Recorrido desde el garage en CA hasta comienzo de recolección de residuos (por calle)	5,6	8
	Recorrido de recolección de residuos hasta comienzo de ruta a CA	17	102
	Ruta de vuelta al CA	5,6	8
	Estadía en Relleno Sanitario	-	30
Ruta total		28,2	149
Tiempo Muerto			
Indicador (ton/hora)		2,45	
Sub-Sector 4.1	Tonelaje máximo (ton)	7,53	
	Tiempo muerto (min)	184	
Sub-Sector 4.2	Tonelaje máximo (ton)	7,64	
	Tiempo muerto (min)	187	
Tiempo Por Viaje			
Sub-Sector 4.1	Tiempo por viaje (min)	332	
	Tiempo por viaje (horas)	5,53	
Sub-Sector 4.2	Tiempo por viaje (min)	336	
	Tiempo por viaje (horas)	5,60	

Teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas, el tiempo por viaje deja más de 2hs libres en el caso de que surja algún inconveniente. El numero de viajes por vehículo recolector en este caso es 1, y cada ruta le corresponde a un camión diferente.

Teniendo en cuenta que Ceres posee sólo 3 camiones compactadores, y 4 camiones volcadores, se dividirá el servicio de recolección en tres turnos: turno mañana, tarde y noche. De este modo, se cubrirán los 9 subsectores SÓLO con los camiones compactadores, ya que es ideal que los residuos lleguen ya compactados al relleno sanitario. Los camiones volcadores serán utilizados para las tareas de recolección de poda y residuos de construcción, las cuales serán explicadas más adelante.

Tabla 73: Horarios de recolección según sector en Ceres

Turno	Horario	Sub-sector
Mañana	8:00 - 16:00	1.1
		1.2
		1.3
Tarde	16:00 - 00:00	2.1
		2.2
		4.2
Noche	00:00 - 8:00	3.1
		3.2
		4.1

11.4. Vehículos de Transferencia

En cuanto a la cantidad de vehículos de transferencia requeridos para transportar los residuos húmedos provenientes de Hersilia, La Rubia, Ambrosetti y Arrufó, desde la ET de Hersilia hasta el CA, es necesario establecer el tonelaje normal y máximo que tendrán que transportar los camiones. Para esto, se realizará la suma de los tonelajes que ya fueron calculados en el apartado 11.3.1. para las localidades en cuestión. Cabe recordar que estos valores corresponden al total de residuos acumulados que debe recolectar el camión cada vez que pasa a recogerlos, por lo tanto, el tonelaje normal representa lo acumulado durante 2 días, mientras que el tonelaje máximo representa la masa de residuos acumulada el día lunes, luego de dos días seguidos sin recolección (acumulación de 3 días). A continuación se muestran los valores obtenidos:

Tabla 74: Tonelaje de los vehículos de transferencia

Localidad	Tonelaje normal (ton)	Tonelaje máximos (ton)
Hersilia	5,87	8,81
Arrufó	4,00	6,00
Ambrosetti + La Rubia	3,40	4,37
Total	13,27	19,17

Tal como se mencionó en el apartado anterior, se utilizará un camión acoplado que dispone Hersilia actualmente para la transferencia de los materiales reciclados. Como cada camión tiene una capacidad para transportar entre 20 y 25 toneladas de residuos, con un solo camión basta para transportar los residuos desde la ET en Hersilia hasta el CA en Ceres.

En cuanto a los tiempos, la distancia desde la ET hasta el CA es de 19,2km. Según Google Maps, se tardaría 22 minutos en ese trayecto, teniendo en cuenta que se circula en parte por ruta, y en parte por calle. Para el trayecto de vuelta, el tiempo calculado por esta herramienta es de 23 minutos. Por último, teniendo en cuenta que, tal como se mencionó en el apartado anterior, se toman como referencia unos 30 minutos en la ET, sumado al tiempo que permanece el camión en el relleno sanitario, que se tomará como 30 minutos también, el tiempo total del viaje es de aproximadamente 1 hora y 45 minutos.

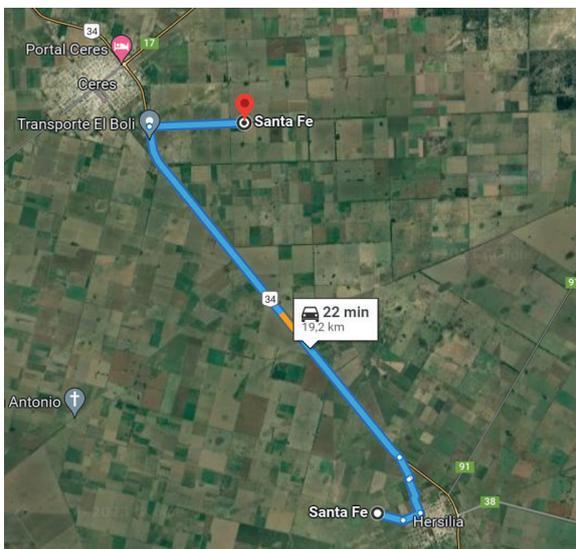


Figura 80: Tiempo y distancia de viaje desde ET a CA

Fuente: Google Maps

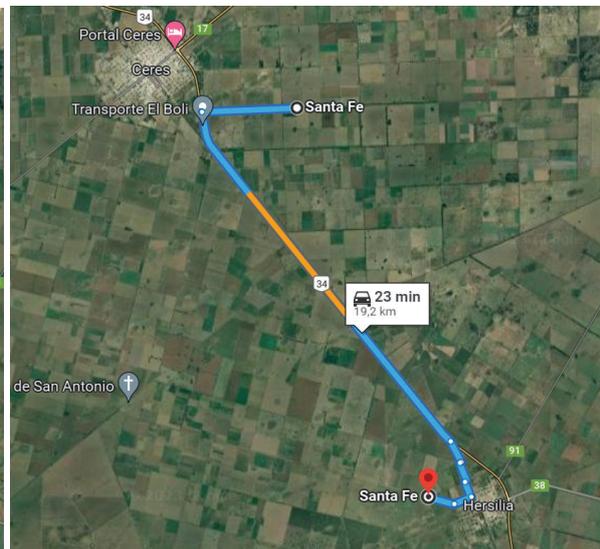


Figura 81: Tiempo y distancia de viaje desde CA a ET

Fuente: Google Maps

11.5. Recolección de Secos

Se aclaró en apartados anteriores que la recolección planteada hasta este punto correspondía únicamente a la recolección de húmedos. En cuanto a la recolección de los residuos secos, cuyo destino será su reciclado en el CA en el caso de Ceres, o la Planta de Separación en Hersilia para el resto de las localidades, los mismos serán recolectados con una frecuencia de dos días por semana, los Martes y Jueves, por todas las localidades.

La recolección de secos también será puerta a puerta, pasando también por los ecopuntos/ puntos verdes a instalarse o que ya instalados en las localidades. El volumen a recolectar es mucho menor que el volumen de residuos húmedos (a pesar de que hay mayor acumulación de los mismos por la baja frecuencia de recolección) ya que el porcentaje que puede recuperarse (y se espera que se separe en origen) no es tan alto. Por este motivo, no se necesitan vehículos de alta carga útil para realizar la recolección de los mismos. Sin embargo, el proyecto no amerita la compra de camiones de menor porte para la recolección de secos, por lo que se utilizarán los camiones compactadores que se utilizan para la recolección de húmedos. Es por esto que es sumamente importante garantizar el correcto lavado de los camiones en los garajes para evitar que los materiales reciclables se vean deteriorados al mancharse con restos de residuos que hayan quedado en los camiones, evitando su aprovechamiento y valorización. Los sectores de lavado estarán en instalaciones auxiliares de los garajes en Hersilia, Arrufó y Ambrosetti.

Las rutas de recolección planteadas previamente se respetarán también para la recolección de secos.

Cabe aclarar que los residuos secos deberán ser depositados en bolsas de color VERDE en los cestos en las veredas, habiendo sido correctamente separados y evitando cualquier residuo orgánico en la bolsa.

11.6. Recolección de Poda

La recolección de poda se realizará los días Sábados por todas las localidades. El servicio será a DEMANDA, es decir, que se establecerá un canal de comunicación de la comunidad con el municipio, para que, en el caso de que algún vecino genere residuos de

jardinería o poda, este pueda comunicarse con el servicio de recolección para que los residuos sean recogidos en la puerta de su casa el día Sábado. Se deberá comunicar el volumen y/o peso aproximado de los residuos, a fin de no subestimar la carga.

El destino de los residuos de poda de TODAS LAS LOCALIDADES será el Centro Ambiental en Ceres, para su posterior compostaje. La recolección de los mismos se realizará con los camiones volcadores de Ceres, dado que su gran volumen permite el transporte de grandes volúmenes de poda. Si bien los mismos estarán estacionados en la ET de Hersilia, tal como se explicó previamente, dada la cercanía de las localidades y la baja frecuencia de generación de estos residuos, es posible recorrer todas las localidades (a demanda del vecino) para recoger todos los residuos de poda en una sola jornada.



Foto 44: Ejemplo de recolección de poda con camión volquete

Fuente: Paralelo 32

Se debe tener en cuenta que los residuos de poda, o residuos “verdes” son residuos estacionales, es decir, que su volumen varía bastante entre estaciones. Para realizar un buen diagnóstico se necesita conocer las cantidades diarias o mensuales de estos residuos generados en el municipio y su variación estacional. El único valor que se tiene es el estimado por Ceres, que es de unos 0,38 kg/hab/día. Este valor es un promedio, pero se debe tener en consideración que no todos los días todas las personas generan este tipo de residuos, sino que se generan de manera esporádica, pero en grandes cantidades.

En cuanto a las ventajas y motivos ambientales para recolectar diferenciadamente los restos de poda, se pueden mencionar:

- Permite ahorrar recursos y mejorar los suelos: Si este tipo de residuos se compostan, esta práctica supone un ahorro de recursos, ya que la utilización de fertilizantes como el compost, aumenta la materia orgánica del suelo, mejorando su fertilidad.
- Reduce la entrada de residuos biodegradables en el relleno sanitario: Así se reducen los problemas de emisiones de gases, olores y de lixiviados que se generarían con la descomposición de la materia orgánica, además de aumentar la vida útil de estos sitios.
- Una gestión incorrecta de la fracción vegetal (vertidos o quema incontrolada) puede derivar en problemas ambientales importantes, como riesgo de incendios, debido a la alta combustibilidad de la poda.

11.7. Recolección de Áridos

Al igual que con los residuos de poda, los residuos de construcción y demolición o “áridos” serán recolectados a demanda. Los mismos son generados generalmente en obras de construcción y demolición, como en viviendas o edificaciones en donde se realicen refacciones. Para estos residuos también se establecerá un canal de comunicación para que los mismos puedan ser recolectados a demanda del vecino.

A diferencia de los residuos de poda, estos residuos serán transportados al CA por una empresa privada, la cual proveerá volquetes para depositarlos cuando sean generados. Si bien no son ellos quienes los tratarán, ya que para eso existirá un espacio en el CA, sí podrán ser un posible comprador de estos residuos ya tratados por el proceso de trituración.



Foto 45: Volquete para residuos áridos

Fuente: Gobierno de la Ciudad de Ceres

11.8. Recolección de Neumáticos Fuera de Uso

Al igual que con los residuos de poda y áridos, los NFU serán recolectados a demanda. Estos residuos también serán transportados todos al CA por una empresa privada para su posterior tratamiento.

11.9. Ruta de los Camiones en el predio del CA

Tanto los camiones recolectores con residuos húmedos, como el vehículo de transferencia, entrará directo por el portón de ingreso del CA, y se registrarán en la garita de control. Luego, se dirigirán hacia la báscula donde serán pesados a fin de tener un registro de la generación. Posteriormente, se dirigirán hacia el frente de trabajo del relleno sanitario, donde se depositarán, esparcirán y compactarán según fue explicado en el capítulo 8.

Los camiones recolectores con residuos secos provenientes de Ceres, ingresarán también por el portón de ingreso, serán pesados en la báscula pero se dirigirán directo al sector de Planta de Separación y Clasificación. Los mismos serán dispuestos en el sector de acopio inicial y serán incorporados a la tolva de alimentación con la ayuda de una pala mini cargadora.

Con respecto a los NFU, áridos y poda, cada camión irá con cada corriente al sector que le corresponde.

12. Plan de Comunicación Ambiental y Social

El Plan de Comunicación Ambiental y Social (PCAS) está destinado a generar una campaña de concientización sobre la importancia de la participación ciudadana en la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. Para esto, resultará fundamental la toma de conocimiento comunitario sobre el proceso GIRSU que se implementará, comprendiendo así el rol ciudadano en la protección del ambiente.

El PCAS estará dirigido a toda la población de Hersilia, Ambrosetti, Arrufó, La Rubia y Ceres en su conjunto. Entre sus objetivos generales, se pueden mencionar:

- Articular a las localidades para lograr un Sistema GIRSU en todas las etapas de generación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final, desarrollando ordenanzas y actividades de promoción y educación ambiental.
- Mejorar el flujo de información para la correcta coordinación de todos los actores de la sociedad participantes en la GIRSU, de manera que puedan acoplarse todas las partes intervinientes: gobiernos, entidades civiles y población en general.

Los Objetivos más específicos del Plan de Comunicación Social son:

- Informar a la población sobre las ventajas ambientales, sanitarias y sociales de los diferentes destinos que se plantean para los residuos.
- Informar a la población sobre la metodología, horarios y días de recolección del nuevo Plan GIRSU.
- Fomentar acciones de Reducción, Reutilización, Reciclaje y Recuperación que puedan realizarse en cada hogar.
- Promover la separación en origen de los residuos sólidos urbanos.
- Impulsar puntos verdes de separación de residuos en los principales puntos de circulación comunitaria.
- Impulsar a las Escuelas como voceras y agentes de cambio cultural en sentido de una mayor conciencia social sobre la problemática ambiental, social y sanitaria de los RSU.

12.1. Instrumentación del PCAS

Se buscará realizar la campaña de comunicación en torno a mensajes cortos, que refuercen la idea del compromiso ambiental, la responsabilidad social e individual en la gestión

de residuos y la participación activa de los distintos sectores de la ciudadanía en el circuito de gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

Estos mensajes estarán ubicados en carteles en lugares específicos públicos, como plazas, edificios municipales y comunales, paradas de colectivo, etc. También serán difundido en programas de radio y televisión.

Se creará por otro lado, una sección dentro de las páginas web ya existentes de los municipios y comunas denominada “Nuevo Plan GIRSU Regional”, donde se presentará al nuevo sistema, sus características, beneficios y alcances. Dicho apartado contendrá la siguiente información:

¿A dónde van los residuos?: En un video institucional sobre GIRSU se describirá el proceso de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, sus beneficios y posibilidades. Desarrollará, paso a paso, todo el circuito, desde la minimización en la generación de residuos en los propios hogares y la separación en origen, hasta los diferentes destinos de cada corriente de RSU.

Horarios y días de recolección diferenciada de residuos: En esta sección se detallarán los horarios de recolección de cada localidad, junto con los días en que se debe sacar la bolsa de cada corriente.

Noticias: En esta sección se reportarán las noticias respecto a la cantidad de materiales reciclables reaprovechados, las actividades de promoción ambiental realizadas en las localidades, información sobre jornadas o eventos especiales, cambios en alguna ruta de recolección, etc.

Puntos Verdes: En este apartado se informará la ubicación y los horarios de apertura y cierre de los Puntos Verdes.

Centro Ambiental: En esta sección se brindará información sobre el funcionamiento del Centro Ambiental en Ceres, las distintas áreas de tratamiento, la operación diaria del relleno sanitario, los diferentes destinos de las diferentes corrientes de residuos que entran al CA, etc. En esta sección también habrá una pestaña para poder anotarse a charlas informativas, visitas guiadas o cursos que se dictarán en el Centro de Interpretación Ambiental en el CA.

Acciones 3R: En esta sección se contará con materiales visuales educativos basados en las premisas reducir, reutilizar y reciclar. Esta parte estará destinada a difundir las buenas prácticas ambientales que se pueden realizar en los hogares, escuelas, instituciones y espacios públicos sobre la temática residuos.

Por otro lado, teniendo en cuenta que las Redes Sociales son los canales de difusión más efectivos utilizados por las localidades, se deberá hacer hincapié en generar materiales de comunicación para ser difundidos por estos medios. En este sentido, y tomando como base de la campaña la información presente en el Sitio Web, se generarán videos cortos para redes sobre el nuevo plan GIRSU y sobre la concientización en torno a las acciones 3R.

Por último, se realizarán jornadas de capacitación docente para escuelas primarias y secundarias en base al nuevo plan GIRSU para su difusión en las aulas en los distintos niveles educativos. Se fomentarán las actividades en las escuelas con temática de separación de residuos, para que los niños y niñas, que son considerados el principal motor de cambio, puedan difundir el proyecto en sus hogares y generar conciencia en sus padres para comenzar a separar los residuos.

12.2. Seguimiento y Monitoreo

Para poder determinar la efectividad y alcance del plan de comunicación se llevarán a cabo análisis semestrales con distintos instrumentos de análisis:

- Medición de cantidad de visitas a los sitios web GIRSU
- Estadísticas de redes sociales: utilizando los servicios de estadísticas que ofrecen las mismas plataformas se podrá identificar el alcance de las campañas.
- Clipping de medios: relevamiento de las apariciones en medios de notas relacionadas con la temática.
- Generación de residuos: evolución de la cantidad anual de residuos secos y húmedos generados por individuo.
- Cantidad de escuelas inscriptas en las capacitaciones docentes.
- Cantidad de visitas guiadas, cursos y charlas educativas realizadas en el CA.
- Encuestas sobre el nivel de actividad de los Puntos Verdes por municipio.
- Encuestas a recolectores para medir la efectividad de la separación en origen.
- Encuestas a la población para medir el nivel de conocimiento sobre la GIRSU.

El seguimiento semestral permitirá evaluar si la campaña se está realizando con éxito o si existe la necesidad de replantear estrategias para lograr los objetivos planteados, mediante un proceso constante de mejora continua.

13. Plan de Inclusión Social

El objetivo principal del Plan de Inclusión Social (PISO) es incluir y mejorar las condiciones de trabajo y vida de los recuperadores urbanos que actualmente desarrollan sus actividades de separación y recuperación de residuos en los BCA y calles de las localidades involucradas en el proyecto. Este Plan surge de la necesidad del cierre técnico del basural de Ceres, y el cese de la disposición final en los basurales del resto de las localidades, lo cual afectaría significativamente las fuentes de ingresos de los recuperadores urbanos. Por esto, el PISO apunta a generar iniciativas para que los recuperadores mejoren sus condiciones de trabajo y mejoren, o al menos mantengan los ingresos que obtenían antes de la implementación del proyecto.

En el BCA de Ceres hay recuperadores y recuperadoras que trabajan en el sitio de arrojado de residuos y en la planta de separación en el mismo predio. También hay recuperadores que trabajan por su cuenta en áreas urbanas. Lo mismo ocurre en las demás localidades, donde existen recuperadores que trabajan de forma completa o parcial con los residuos. El PISO que aquí se presenta apunta a fortalecer las actividades de dichos recuperadores y recuperadoras y promover el incremento de la separación en origen y la recolección de materiales reciclables, complementándose para esto con el Plan de Comunicación Ambiental y Social (PCAS) del Proyecto. Así, se podrá contribuir con la mejor gestión de RSU, con impactos positivos en lo social, promoviendo empleo digno, y en lo ambiental, disminuyendo la carga de residuos que va a disposición final.

13.1. Diagnóstico

Tal como se mencionó en el capítulo 4, a partir del mes de diciembre de 2019 en Ceres, se realizó un registro de recuperadores urbanos informales. Hasta el día de la fecha se inscribieron en total 26 personas que asisten al basural a recolectar distintos tipos de materiales, como metales, madera, telas, entre otros. Se logró desde 2019 que 9 de ellos se unan a la cooperativa ya existente, la cooperativa “Reciclar Ceres”, mientras que el resto prefiere realizar las actividades por su cuenta.

En Hersilia, existen 3 personas trabajando actualmente en la planta de separación existente, más una persona más trabajando 4 horas en el basural. En Ambrosetti, La Rubia y Arrufó, los vecinos informan que no existe ninguna cooperativa, ni conocen o vieron a ninguna persona trabajando en el basural para separar los residuos, aunque siempre existe la posibilidad de que, al no haber cerco perimetral o control de ingreso, alguna o varias personas ingresen al basural con el fin de buscar alimento o algún material recuperable, ya que son frecuentes los incendios en estos basurales, que muchas veces son provocados por personas para recuperar algún material, como el cobre.

13.2. Objetivos Específicos

- Facilitar el acceso a políticas sociales de inclusión vigentes a la población destinataria del PISO.
- Capacitar a la población destinataria del PISO en las tareas asociadas con la GIRSU, e incluirlos en todas las etapas del nuevo plan GIRSU, ya sea trabajando en el CA, ET o planta de separación, en la recolección o como promotores ambientales.
- Acompañar el proceso de adaptación laboral de recuperadores y recuperadoras informales que se integren formalmente al esquema GIRSU.
- Promover la formalización de una cooperativa de trabajo destinada al reciclaje de RSU conformada por quienes actualmente recuperan informalmente RSU.

13.3. Plan De Acción

La inclusión social de los recuperadores urbanos, tanto de los que trabajan en los BCA como en áreas urbanas, requiere un abordaje integral de los distintos aspectos de la problemática. El Proyecto contempla la creación de puestos de trabajo en las siguientes operaciones, en las se incluirán las y los recuperadores alcanzados por el presente PISO:

- Centro Ambiental incluyendo el relleno sanitario
- Recolección diferenciada
- Promoción ambiental y separación en origen
- Barrio y Limpieza

La planificación de estas operaciones se realizará en Mesas de Trabajo, conformadas por representantes de las localidades implicadas en el Proyecto y las/los representantes de los recuperadores. Allí se discutirá la opción de cooperativizar a los recuperadores, para integrarlos en las distintas etapas de la GIRSU, aprovechando sus experiencias y conocimientos en el circuito GIRSU. Las Mesas de Trabajo funcionarán como un punto de encuentro para despejar dudas y generar acuerdos entre el municipio o comunas con los recuperadores para incluirlos en el nuevo Sistema. Cabe aclarar que bajo ningún punto de vista ningún recuperador o recuperadora será obligado a participar del nuevo Plan GIRSU.

La inclusión social puede presentar algunos obstáculos al momento de incorporar a los recuperadores en una nueva forma de trabajo. El cambio del trabajo individual en las calles o en el BCA al trabajo en grupo y organizado requiere un proceso de transición en el que se valoricen y refuercen sus saberes previos respecto a la clasificación de materiales, así como también la incorporación de nuevas aptitudes y actitudes laborales. Esto implica un acompañamiento por parte de los funcionarios municipales y comunales y un proceso de capacitación e inducción. Estos cambios trascienden del ámbito laboral al familiar, puesto que pasar de percibir ingresos diarios a mensuales requieren cambios estructurales en su organización y planificación doméstica, por lo que se requiere un acompañamiento constante. Dicho acompañamiento requiere abordajes con perspectiva de género, que consideren las condiciones y recursos de mujeres y hombres, de forma que las intervenciones favorezcan la equidad de género. Asimismo, es necesario considerar otras diversidades, tales como de edad y discapacidad.

Por otra parte, para poder mejorar los ingresos que tienen actualmente los recuperadores, se hace necesario considerar la posibilidad de gestionar subsidios y/o programas de trabajo, para garantizar un piso de ingresos a los recuperadores, y que puedan aumentarlos a raíz del rendimiento en sus tareas.

En el caso de los recuperadores de la Cooperativa de Ceres, se ha previsto que puedan continuar su labor en la separación de reciclables dentro del Centro Ambiental y de esta forma mantener los ingresos adicionales por su venta. Toda persona que quiera sumarse a la cooperativa estará invitada a hacerlo. Dado que el CA se encuentra alejado de donde realizan sus actividades actualmente, se dispondrá de un micro para que puedan ir y venir desde la ciudad sin problema.

Los recuperadores de Hersilia continuarán sus tareas en la Planta de Separación, con la posibilidad de trabajar también dentro de la ET en caso de ser necesario.

A su vez, durante la construcción del CA, se desarrollarán distintos talleres de inclusión laboral, con perspectiva de género, que impliquen la formación y capacitación en el uso de la maquinaria y las distintas operaciones al interior de la GIRSU. Se realizarán Capacitaciones Generales, dirigidas a la totalidad de las personas destinatarias del PISO; y Capacitaciones Específicas, dirigidas a grupos focalizados en cada tarea. También se realizará un plan de fomento a la formación de nivel técnico necesaria para acceder a puestos de trabajo de mayor complejidad dentro del programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.

14. Análisis de alternativas con y sin proyecto

En este capítulo se analizarán las ventajas y desventajas de aplicar el proyecto GIRSU regional planteado, frente a la situación actual de las localidades involucradas.

En un escenario donde se continúa con la gestión actual, se continuaría con la disposición final no controlada de RSU de las localidades de Ceres, Ambrosetti, Hersilia, Arrufó y La Rubia, sin tratamiento previo, en sus respectivos BCA, que en algunos casos, se ubican muy cercanos al ejido urbano, lo que causa molestias en los vecinos por malos olores y humos. De esta manera se continúa con los impactos ambientales asociados a los basurales a cielo abierto.

Tampoco en la situación actual se cuenta con un sistema de separación eficiente de materiales, aunque en las localidades de Ceres y Hersilia se cuenta con una planta de separación donde se realiza la separación de residuos (sin incluir procesos de trozado, chipeo y compostado) donde se recuperan parte de los residuos generados. Por el contrario, Ambrosetti, Arrufó y La Rubia no cuentan con planta de tratamiento ni se difunden las actividades de reciclado y separación en origen por parte de las comunas.

La situación **sin proyecto** plantea entonces un escenario de contaminación ambiental. Debido a la disposición final de RSU no controlada adecuadamente, se produce contaminación de los suelos con metales ferrosos, no ferrosos, residuos peligrosos e infiltración de lixiviados, dado que los terrenos donde se depositan los residuos no se encuentran previamente impermeabilizados, poniendo en riesgo a las aguas subterráneas. Además, se genera contaminación atmosférica debido a las emisiones de los residuos, como gases de efecto invernadero (GEI), sustancias tóxicas, polvo y material particulado, los malos olores e incendios. A su vez, las condiciones laborales son riesgosas para la salubridad de los recuperadores urbanos, debido a la exposición a una gran cantidad de residuos sin la correcta protección personal.

El funcionamiento del nuevo Centro Ambiental entonces tendrá un efecto positivo, tanto en lo que hace al nuevo destino controlado de los residuos como en la recuperación y reciclaje de materiales que evitan ser enviados a disposición final y pueden ser reaprovechados para otros usos.

A fin de visualizar lo descrito se presenta a continuación una tabla comparativa de los impactos en ambos escenarios. Cuanto más bajo sea el impacto negativo, más conveniente va a ser optar por ese escenario.

Tabla 75: Matriz de impactos ambientales comparativa entre escenarios con y sin proyecto.

Medio	Efecto	Sin Proyecto	Con Proyecto
Físico	Emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera por descomposición de RSU	Alto	Bajo
	Emisión de gases de combustión (incendios)	Alto	Bajo
	Emisión de malos olores	Alto	Bajo
	Contaminación de suelo	Alto	Bajo
	Contaminación de Aguas Subterráneas	Alto	Bajo
	Afectación del uso del suelo	Alto	Alto
	Alteración de la topografía	Medio	Alto
Biológico	Proliferación de plagas y vectores	Alto	Medio
	Afectación de bosques nativos	Bajo	Bajo
	Atropellamiento de Fauna	Bajo	Bajo
	Afectación de la vegetación	Medio	Medio
Socioeconómico	Aumento del tránsito vehicular	Medio	Alto
	Riesgos de accidentes/ a la salud de los recuperadores	Alto	Bajo
	Malas condiciones de trabajo de recuperadores urbanos	Alto	Bajo
	Deterioro de la calidad de vida de la población general por malas condiciones sanitarias	Medio	Bajo

Como puede verse en la matriz anterior, la implementación del proyecto conlleva una reducción significativa de los impactos negativos, y la manifestación de impactos positivos y significativos beneficios socioambientales de la materialización del proyecto.

15. Evaluación Costo/Beneficio

15.1. Introducción

El enfoque de la evaluación económica se basa en una metodología de análisis de costo – beneficio que se utiliza para la elaboración del estudio de evaluación económica. En este capítulo se señala la secuencia metodológica aplicada para establecer el valor económico del proyecto bajo un enfoque de beneficio / costo. Este análisis determina si los beneficios del proyecto superan los costos del mismo. El procedimiento aplicado para el análisis se puede resumir de la siguiente manera:

1. Identificación de los beneficios que se esperan del proyecto.
2. Cuantificación de estos beneficios en términos monetarios, de manera que puedan compararse diferentes beneficios entre sí y posteriormente contra los costos e inversiones para obtenerlos.
3. Identificación de las inversiones y los costos operativos del proyecto.
4. Confirmación de si los beneficios del proyecto exceden los costos económicos del mismo mediante indicadores VAN y TIR.

15.2. Identificación de Beneficios

Se identificaron los beneficios directos del proyecto (resultados favorables), como también las consecuencias indirectas relacionadas con la puesta en ejecución del proyecto que pudieran incidir como beneficios o perjuicios (de existir), los llamados efectos secundarios. A continuación se enumeran los Costos Evitados y Beneficios directos e indirectos que tiene actualmente la población de las localidades del proyecto por la carencia de un relleno sanitario y un Centro Ambiental que trate todas las corrientes, y contando en su lugar con un basural a cielo abierto, como así también los efectos negativos que sufren los recuperadores urbanos en los BCA por no tener las medidas adecuadas de seguridad e higiene:

- 1. Costo evitado por menores gastos en salud pública (menos casos de enfermedades) para los recuperadores urbanos.**

Los beneficios por menores gastos en salud pública se han estimado considerando la enfermedad que provoca a los recuperadores un manejo deficiente de los residuos por trabajar

en un BCA con falta de materiales y vestimenta adecuados (guantes, botas, etc) y el costo de tratamiento de las enfermedades derivadas.

Se ha considerado un lapso de 7 días promedio de afectación de salud (enfermedades respiratorias, diarreicas, cortes en manos y pies, dermatológicas, que son las principales), a un costo de atención médica \$2.700 promedio (Arancel estimado a partir de comunicado de Argentina Gobierno: <https://www.argentina.gob.ar/salud/aranceles>). Al valor de la consulta médica se ha adicionado un valor medio de medicamentos de \$1000 y \$1000 de movilidad. Los medicamentos son los básicos, tales como antihistamínicos, analgésicos, antibióticos, vendaje, desinflamatorios, broncodilatadores, desinfectante, especialmente. El porcentaje estimado de afectados se consideró en un 50% de los recuperadores de Ceres, Hersilia, Ambrosetti, Arrufó y La Rubia (29 censados), al menos dos veces al año. Por lo tanto, el costo evitado se calcula de la siguiente manera:

Costo anual evitado de salud pública = Cantidad de Recicladores x % Recicladores Afectados x Frecuencia Anual del Evento x Costo de Atención Médica

Costo anual evitado de salud pública = 29 x 0,50 x 2 x (\$2700 + \$1000 + \$1000) = **\$136.300**

2. Costo evitado por eliminación de pérdida de jornadas laborables para los recuperadores que sufran períodos de enfermedad causados por su trabajo

De acuerdo a la información relevada, los ingresos de los recuperadores urbanos en un basural oscila en unos \$60.000 mensuales, (bajo el "ideal" de poder trabajar seis días a la semana) (dato obtenido de Diario "Que´Digital":

<https://quedigital.com.ar/sociedad/recicladores-urbanos-ganar-el-sustento-minimo-en-contextos-de-precarizacion/>).

Considerando el promedio de ingresos de \$60.000 y 2 semanas de baja al año para el 50% de los recuperadores por enfermedad, el costo evitado por la pérdida de jornadas laborales se puede calcular como:

Costo anual evitado por eliminación de jornadas laborales = Ingreso Semanal (Ingreso Mensual x 0,25) x Frecuencia anual del evento x Porcentaje de Recicladores Afectados x Cantidad de Recicladores

Costo anual evitado por eliminación de jornadas laborales = \$60.000 x 0,25 x 2 x 0,5 x 29 = **\$435.000**

3. Beneficio por subproductos a obtener en la separación en la planta de separación, que evitan ser llevados a disposición final.

Para calcular el valor anual de los productos reciclables se consideró la corriente de reciclables estimada para los CA de Ceres y la ET de Hersilia y la composición promedio de dicho flujo de los principales materiales reciclables. La información utilizada se desprende del estudio de caracterización de Hersilia (apartado 4.2.5. del presente documento) y del Estudio de la Generación de RSU (apartado 7.2.).

El precio por kilo a Marzo 2023 del material reciclable se obtuvo consultando a “Conexión Reciclado”, una plataforma digital, acompañada por una red de expertos, que conecta a todo el ecosistema del reciclaje en Argentina.

El precio por kilo de los principales productos reciclables fueron los siguientes:

- Papel (mezcla) \$34
- Cartón \$40,39
- PET \$95,75
- Otros plásticos (promedio): \$110,90
- Vidrio \$35,33
- Aluminio (latas) \$270,00

Con estos precios de referencia, se calculó sobre el total de toneladas anuales que salen a la venta desde el CA y la Planta de Separación en Hersilia , según su composición (considerando que el % de productos reciclables corresponden sólo a estos principales productos), estimándose de esa manera el ingreso del sistema.

Tabla 76: Ingresos a obtener por la venta de materiales reciclados.

	tn recuperadas / año	kg recuperados/ año	Papel (\$34)	Carton (\$40,39)	PET (\$95,75)	Plásticos (\$110,90)	Aluminio (\$270)	Vidrio (\$35,33)
Año			17,5%	17,5%	12%	36%	5%	2%
2023	-	-	-	-	-	-	-	-
2024	1.110,14	1.110.135,06	194.273,63	194.273,63	133.216,21	399.648,62	55.506,75	22.202,70
2025	1.684,42	1.684.420,62	294.773,61	294.773,61	202.130,47	606.391,42	84.221,03	33.688,41

2026	2.271,75	2.271.745,77	397.555,51	397.555,51	272.609,49	817.828,48	113.587,29	45.434,92
2027	2.872,28	2.872.283,44	502.649,60	502.649,60	344.674,01	1.034.022,04	143.614,17	57.445,67
2028	3.486,21	3.486.208,37	610.086,46	610.086,46	418.345,00	1.255.035,01	174.310,42	69.724,17
2029	3.526,03	3.526.026,15	617.054,58	617.054,58	423.123,14	1.269.369,42	176.301,31	70.520,52
2030	3.566,20	3.566.196,25	624.084,34	624.084,34	427.943,55	1.283.830,65	178.309,81	71.323,92
2031	3.606,72	3.606.721,45	631.176,25	631.176,25	432.806,57	1.298.419,72	180.336,07	72.134,43
2032	3.647,60	3.647.604,56	638.330,80	638.330,80	437.712,55	1.313.137,64	182.380,23	72.952,09
2033	3.688,85	3.688.848,44	645.548,48	645.548,48	442.661,81	1.327.985,44	184.442,42	73.776,97
2034	3.730,46	3.730.455,92	652.829,79	652.829,79	447.654,71	1.342.964,13	186.522,80	74.609,12
2035	3.772,43	3.772.429,90	660.175,23	660.175,23	452.691,59	1.358.074,76	188.621,50	75.448,60
2036	3.814,77	3.814.773,27	667.585,32	667.585,32	457.772,79	1.373.318,38	190.738,66	76.295,47
2037	3.857,49	3.857.488,95	675.060,57	675.060,57	462.898,67	1.388.696,02	192.874,45	77.149,78
2038	3.900,58	3.900.579,89	682.601,48	682.601,48	468.069,59	1.404.208,76	195.028,99	78.011,60
2039	3.944,05	3.944.049,05	690.208,58	690.208,58	473.285,89	1.419.857,66	197.202,45	78.880,98
2040	3.987,90	3.987.899,42	697.882,40	697.882,40	478.547,93	1.435.643,79	199.394,97	79.757,99
2041	4.032,13	4.032.134,00	705.623,45	705.623,45	483.856,08	1.451.568,24	201.606,70	80.642,68
2042	4.076,76	4.076.755,84	713.432,27	713.432,27	489.210,70	1.467.632,10	203.837,79	81.535,12
2043	4.121,77	4.121.767,98	721.309,40	721.309,40	494.612,16	1.483.836,47	206.088,40	82.435,36
Total Recuperado			12.022.241,76	12.022.241,76	8.243.822,92	24.731.468,76	3.434.926,22	1.373.970,49
\$ Total por corriente			\$408.756.219	\$484.376.120	\$789.346.044	\$2.742.719.885	\$927.430.078	\$48.542.377
\$ Total							\$5.401.170.726	

El Beneficio por subproductos total en 20 años a obtener por la separación en planta de separación en Hersilia y en el CA es de **\$5.401.170.726**

4. Costo anual ambiental evitado por contaminación de agua subterránea por lixiviados en BCA.

En el capítulo 1.2. de este informe se analizó la delicada problemática que genera la presencia de basurales a cielo abierto en todo el mundo, y particularmente en las localidades de estudio. Se trata de basurales de dimensiones y antigüedad variadas, los que al no contar

con ningún tipo de protección impactan permanentemente sobre el suelo y las aguas, contaminando de manera incremental estos medios.

Este costo ambiental evitado se calculó estimando que el 5% del agua consumida por la población de la región debería ser tratada mediante un proceso de ósmosis inversa para eliminar la contaminación producto de una disposición de residuos no controlada.

Para realizar el cálculo, se consideró que cada habitante utiliza un promedio de 300 litros diarios de agua y, en base a la proyección poblacional presentada en el apartado 7.1. se calculó los m³ consumidos por la población hasta el año 20 del proyecto.

El costo considerado de la ósmosis inversa es de 75 centavos de dólar el m³ según un estudio realizado por la Universidad Politécnica Salesiana (<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6419/1/UPS-CT002973.pdf>) (152,73 pesos argentinos al 17/3/2023).

Por lo tanto el costo total (20 años) evitado por contaminación de agua subterránea por lixiviados en BCA se puede calcular como:

Costo total evitado por contaminación de aguas subterráneas =

$$\sum_i^{20} \text{población año } i * 0,3m^3 * 0,05 * 365 \text{ días/año} * \$152,73 = \$629.531.381,60$$

5. Costo evitado por menor disposición de residuos de poda, áridos y neumáticos

Se consideró, en base a lo planificado para el proyecto, que los residuos de poda y jardinería, neumáticos y áridos no serán dispuestos en el relleno sanitario, sino que serán tratados y reutilizados o comercializados. En el caso de los residuos de poda y jardinería se considera que serán utilizados para la forestación interna, parquización y cobertura del suelo del centro ambiental y plazas de las localidades, luego de su tratamiento a través del compost; los neumáticos se venderán a las industrias del caucho luego de su corte, mientras que los áridos se utilizarán para la construcción.

El único valor estimado por las localidades es el valor de generación de residuos de poda (solo en Ceres pero se puede generalizar a las demás localidades dadas las similitudes de la región), que es de 0,38kg/hab/día, según como se muestra en el apartado 4.1.2.. Se debe tener en cuenta que según la bibliografía consultada, un tercio del peso total de los residuos de

poda se convierten en compost. Teniendo en cuenta la población estimada para los 20 años del proyecto, y teniendo en cuenta que una bolsa de compost de 20kg cuesta aproximadamente \$600 (promedio Mercado Libre), se puede calcular el costo que se ahorrarían los municipios por fabricar su propio compost a partir del tratamiento de los residuos de poda y jardinería.

$$\text{Costo evitado por venta de compost} = \sum_i^{20} \text{población año } i * 0,38\text{kg/hab/día} * 365 \text{ dias/año} * 0,33 * \$600/20 = \$1.035.117.488,40$$

Como no se tienen valores oficiales de generación de NFU ni de residuos áridos, es muy difícil calcular el costo evitado por menor disposición de estas corrientes.

5. Beneficio económico por el Cierre Técnico del Basural de Ceres

Se tomó como fuente el trabajo de Verónica Ferraras y Arnaud Trenta (2017) “Valoración económica de la remediación de los efectos de la contaminación de un basural a cielo abierto. El caso de El Pozo de Godoy Cruz, Mendoza, Argentina”. El estudio estima, mediante el enfoque de la transferencia de beneficios, el valor social de medidas de remediación ambiental a realizarse con posterioridad a la clausura de uno de los basurales a cielo abierto más grandes del oeste argentino. Los escenarios contemplados en esta investigación permiten situar la ganancia de bienestar en un rango que va de 0,92 a 29,35 dólares anuales, por hogar en moneda de 2015. El estudio resalta que esta información puede ser de especial interés para los responsables de la gestión integral de residuos sólidos urbanos y los gestores del territorio en el diseño de sus programas y actividades.

Para el presente cálculo se adopta el promedio del rango de valores estimado en el paper (15,14 USD), y se lo actualiza por el tipo de cambio actual (22/03/2023), lo cual da un valor de beneficio de \$3824,51 por vivienda.

$$\text{Beneficio económico por el Cierre Técnico del Basural de Ceres} = \text{Cantidad de viviendas en Ceres} * \text{beneficio por vivienda} * 20 \text{ años} = \$613.354.509,41$$

15.3. Identificación de Costos

15.3.1. Costos de Inversión

Entre los costos atribuibles al proyecto, se incluyen aquellos definidos como de inversión:

- La ejecución de la obra civil e instalaciones del módulo de Relleno Sanitario
- La ejecución de la obra civil e instalaciones del resto del CA y ET
- La adquisición del equipamiento pertinente en el CA, la ET, así como todo el equipamiento móvil que otorga funcionalidad al sistema GIRSU.
- La adquisición de equipamiento pertinente al módulo de Relleno Sanitario
- Inversiones en equipos de recolección para sostener la capacidad de transporte de la flota.

A continuación se muestra el cómputo y presupuesto realizado para estimar la Inversión inicial del CA, de la ET y para el cierre del BCA de Ceres, en pesos argentinos.

Tabla 77: Costos de Inversión para el Centro Ambiental en Ceres (pesos argentinos)

N°		Descripción de los Trabajos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Importe Item	Importe Rubro	% Incidencia del Rubro
Rub	item							
1		Trabajos Preliminares					6.653.475	1,05%
	1.1.	Limpieza del terreno	Ha	9,8	23.375	229.075		
	1.2.	Cerco Perimetral	m	1.308	1.800	2.354.400		
	1.3.	Arbolado	un	500	6.700	3.350.000		
	1.4.	Obrador y obras conexas de servicios	gl	1	360.000	360.000		
	1.5.	Agua de Construcción	gl	1	150.000	150.000		
	1.6.	Energía de Construcción	gl	1	210.000	210.000		
2		Movimiento de Suelos					17.454.612	2,75%
	2.1.	Desmonte de terreno natural - bajo obras civiles	m3	14.187	276	3.915.612		
	2.2.	Excavación para vigas de fundación	m3	1.713	2.425	4.154.025		
	2.3.	Suelo de Cemento	m3	3.935	2.385	9.384.975		
3		Obra Civil Relleno Sanitario					105.925.250	16,69%
	3.1.	Desmonte de terreno vegetal (esp 30cm)	m3	15.600	200	3.120.000		
	3.2.	Bermas	m2	5.826	1.375	8.010.750		
	3.3.	Geomembrana	m2	52.000	505	26.260.000		
	3.4.	GCL	m2	52.000	1.120	58.240.000		
	3.5.	Capa de protección de suelo (esp 30cm)	m3	15.600	550	8.580.000		
	3.6.	Colección de lixiviados	gl	1	1.670.000	1.670.000		
	3.7.	Venteo de Gases	un	1	44.500	44.500		
4		Obra Civil Edificios					307.248.240	48,41%
	4.1.	<i>Garita de control y Báscula</i>						
	4.1.1.	Edificio Garita	m2	13,5	150.000	2.025.000		
	4.1.2.	Rampa y Báscula	Un	1	6.500.000	6.500.000		
	4.2.	<i>Edificio de Administración, baños y centro de interpretación</i>						
	4.2.1.	Edificio	m2	59	150.000	8.850.000		
	4.2.2.	Estacionamiento	m2	75	6.500	486.200		
	4.3.	<i>Vestuarios y comedor</i>						
	4.3.1.	Edificio	m2	91,5	150.000	13.725.000		
	4.4.	<i>Planta de Separación</i>						
	4.4.1.	Galpón	m2	2.919	45.000	131.355.000		
	4.4.2.	Tinglado	m2	2.919	30.000	87.570.000		
	4.5.	<i>Taller de mantenimiento</i>						
	4.5.1.	Galpón	m2	171,5	45.000	7.717.500		
	4.5.2.	Tinglado	m2	171,5	30.000	5.145.000		
	4.6.	Portón de acceso	gl	1	480.300	480.300		
	4.7.	<i>Galpón de neumáticos</i>						
	4.7.1.	Galpón	m2	187	45.000	8.415.000		
	4.7.2.	Tinglado	m2	187	30.000	5.610.000		
	4.8.	<i>Calle</i>						
	4.8.1.	Calle pavimentada	m2	25.690	1.100	28.259.000		
	4.8.2.	Vereda	m2	2.056	540	1.110.240		
5		Equipamiento					152.430.250	24,02%
	5.1.	<i>Planta de separación</i>						
	5.1.1.	Pala Mini Cargadora 60HP	un	2	4.434.300	8.868.600		
	5.1.2.	Tolva de Alimentación						
	5.1.3.	Cinta Elevadora						
	5.1.4.	Cinta de Clasificación elevada	un	1	19.469.000	19.469.000		
	5.1.5.	Estructura metálica elevada						
	5.1.6.	Desgarrador de Bolsas						
	5.1.7.	Cinta de descenso						
	5.1.8.	Contenedores móviles	un	6	274.500	1.647.000		
	5.1.9.	Prensa enfardadora vertical para plásticos, cartón y latas.	un	3	143.800	431.400		
	5.1.10.	Prensa enfardadora horizontal para envases y latas.	un	2	1.213.000	2.426.000		
	5.1.11.	Balanza de plataforma para fardos	un	1	163.075	163.075		
	5.1.12.	Elevador Manual De Uñas Para Fardos O Pallets	un	2	3.809.700	7.619.400		
	5.1.13.	Equipo molidor de vidrios	un	1	1.008.000	1.008.000		

5.1.14.	Contenedor roll off	un	2	430.000	860.000		
5.2.	<i>Sector de Neumáticos</i>						
5.2.1.	Cortadora de Neumáticos	un	1	2.363.065	2.363.065		
5.2.2.	Pala Mini Cargadora 60HP	un	1	4.434.300	4.434.300		
5.3.	<i>Sector de Compostaje</i>						
5.3.1.	Pala Minicargadora 60 Hp	un	2	4.434.300	8.868.600		
5.3.2.	Chipeadora	un	1	4.941.210	4.941.210		
5.3.3.	Motosierra	un	2	36.000	72.000		
5.3.4.	Volteadora mecánica propulsada por un tractor	un	2	1.762.000	3.524.000		
5.3.5.	Criba	un	1	3.150.000	3.150.000		
5.4.	<i>Sector de ándos</i>						
5.4.1.	Pala MiniCargadora 60Hp	un	1	4.434.300	4.434.300		
5.4.2.	Trituradora móvil con cinta transportadora	un	1	5.533.800	5.533.800		
5.4.3.	Contenedores Roll Off	un	3	430.000	1.290.000		
5.5.	<i>Equipamiento general de edificios</i>						
5.5.1.	Equipamiento de oficinas y garita	gl	1	1.400.000	1.400.000		
5.6.	<i>Equipamiento para relleno sanitario</i>						
5.6.1.	Tractor de cadenas modelo D6G marca Caterpillar 155 HP	un	1	25.015.000	25.015.000		
5.6.2.	Cargador frontal marca Caterpillar 105 HP.	un	1	10.355.000	10.355.000		
5.6.3.	Vehículo con caja de volteo con capacidad de 6 m3.	un	1	11.984.500	11.984.500		
5.6.4.	Camión cisterna regador 9000L	un	1	9.577.000	9.577.000		
5.7.	<i>Equipos de recolección</i>						
5.7.1.	Camión compactador	un	1	12.995.000	12.995.000		
6	Mano de Obra					29.760.000	4,69%
6.1.	Operarios para construcción del relleno e infraestructura del CA	un	24	990.000	23.760.000		
6.2.	Personal Técnico Especializado (anual)	un	2	3.000.000	6.000.000		
7	Varios					15.216.483	2,40%
	Servicio de diseño (2,5% del total)	gl	1	15.867.208	15.166.483		
	Permisos, Licencias, Seguros	gl	1	50.000	50.000		
				Total Inversión Inicial		634.688.310,00	

Tabla 78: Costos de inversión para la Estación de Transferencia en Hersilia (pesos argentinos)

N°		Descripción de los Trabajos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Importe Item	Importe Rubro	% Incidencia del Rubro
Rub	item							
1		Trabajos Preliminares					2.184.881	1,48%
	1.1.	Limpieza del terreno	Ha	1,2	23.375	26.881		
	1.2.	Cerco Perimetral	m	455	1.800	819.000		
	1.3.	Arbolado	un	120	6.700	804.000		
	1.4.	Obrador y obras conexas de servicios	gl	1	360.000	360.000		
	1.5.	Agua de Construcción	gl	1	75.000	75.000		
	1.6.	Energía de Construcción	gl	1	100.000	100.000		
2		Movimiento de Suelos					2.912.050	1,97%
	2.1.	Desmonte de terreno natural - bajo obras civiles	m3	3.450	276	952.200		
	2.2.	Excavación para vigas de fundación	m3	700	2.425	1.697.500		
	2.3.	Suelo de Cemento	m3	110	2.385	262.350		
3		Obra Civil Edificios					131.379.720	89,03%
	3.1.	<i>Garita de control y Báscula</i>						
	3.1.1.	Edificio Garita	m2	13,5	150.000	2.025.000		
	3.2.	<i>Edificio de Administración, baños y comedor</i>						
	3.2.1.	Edificio	m2	40,5	150.000	6.075.000		
	3.2.2.	Estacionamiento	m2	81	6.500	526.500		
	3.3.	<i>Galpón de Transferencia</i>						
	3.3.1.	Galpón	m2	1.386	45.000	62.370.000		
	3.3.2.	Tinglado	m2	1.386	30.000	41.580.000		
	3.4.	<i>Garage</i>						
	3.4.1.	Galpón	m2	183	45.000	8.235.000		
	3.4.2.	Tinglado	m2	183	30.000	5.490.000		
	3.5.	<i>Calle</i>						
	3.5.1.	Calle pavimentada	m2	3.945	1.100	4.339.500		
	3.5.2.	Vereda	m2	1.368	540	738.720		
4		Equipamiento					800.000	0,54%
	4.1.	<i>Equipamiento general de edificios</i>						
	4.1.1.	Equipamiento de oficinas y garita	gl	1	800.000	800.000		
5		Mano de Obra					9.930.000	6,73%
	5.1.	Operarios para construcción del relleno e infraes	un	7	990.000	6.930.000		
	5.2.	Personal Técnico Especializado (anual)	un	1	3.000.000	3.000.000		
6		Varios					362.666	0,25%
	6.1.	Servicio de diseño (2,5% del total)	gl	1	3.337.666	337.666		
	6.2.	Permisos, Licencias, Seguros	gl	1	25.000	25.000		
							Total inversión Inicial	147.569.317

Tabla 79: Costos de inversión para el cierre técnico del basural a cielo abierto en Ceres (pesos argentinos)

N°		Descripción de los Trabajos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Importe Item	Importe Rubro	% Incidencia del Rubro
Rub	ítem							
1		Tareas Generales					1.388.800	7,50%
	1.1.	Recolección, Transporte y disposición final de residuos	m3	896	1.490	1.335.040		
	1.2.	Desinsectación y Desratización	m2	1.792	30	53.760		
2		Estabilización de la masa de residuos					4.097.922	22,12%
	2.1.	Movimiento de suelos y desbroce	m3	537,6	490	263.424		
	2.2.	Relleno hasta niveles de proyecto c/suelo del lugar	m3	1.433,6	670	960.512		
	2.3.	Compactación y Perfilado	m3	450	670	301.500		
	2.4.	Capa de suelo de emparejamiento (30cm)	m3	450	700	315.000		
	2.5.	Manta GCL	m2	1.507	1.120	1.687.840		
	2.6.	Capa de suelo vegetal (20cm)	m3	301,4	1.890	569.646		
3		Infraestructura de Venteo de Gases					740.000	3,99%
	3.1.	Chimenea	Un	4	185.000	740.000		
4		Infraestructura de Seguridad					3.359.000	18,13%
	4.1.	Cerco perimetral	m	1.805	1.800	3.249.000		
		Portón de Acceso (5mx2m)	gl	1	110.000	110.000		
5		Mano de Obra					8.940.000	48,26%
	5.1.	Operarios para construcción del relleno e infraestructura	un	6	990.000	5.940.000		
	5.2.	Personal Técnico Especializado (anual)	un	1	3.000.000	3.000.000		
					Total Inversión Inicial	18.525.722,00		

15.3.2. Costos de operación

Los costos de operación y mantenimiento son aquellos que se generan para garantizar el buen desempeño de implementación del sistema GIRSU. Los mismos están asociados a la complejidad de la actividad a realizar y de la tecnología empleada para la misma.

Estos costos incluyen el servicio de recolección; los honorarios del personal involucrado en el relleno sanitario, CA, ET y recolección; el costo por tonelada de residuo dispuesto en relleno sanitario, los costos de mantenimiento general de equipos y maquinaria, entre otros.

Para calcular el costo por consumo de combustible de los camiones recolectores se utilizó la siguiente ecuación, que relaciona los km recorridos por el camión recolector, el precio por litro de combustible (en este caso diésel) y el rendimiento (km/L)

$$\text{Costo mensual combustible} = \frac{\text{km recorridos (km/mes)} * \text{precio del combustible (\$/L)}}{\text{Rendimiento (km/L)}}$$

El precio por litro de combustible es de 181,8\$ (YPF, Marzo 2023) mientras que el rendimiento es de 4,5 km/L.

Teniendo en cuenta estos valores se construyó la siguiente tabla que muestra el costo del combustible por sector/subsector y por vehículo de transferencia, en pesos argentinos:

Tabla 80: Consumo de combustible

Sector	km por viaje	Días de recolección al mes	Costo mensual de recolección
Ambrosetti - La Rubia	101,03	24	\$97.958,69
Arrufó	79,8		\$77.374,08
Hersilia S1 y S2	16,8		\$16.289,28
Ceres S1	94,9		\$92.015,04
Ceres S2	49,5		\$47.995,20
Ceres S3	58,7		\$56.915,52
Ceres S4	53,7		\$52.067,52
Costo Mensual Total			\$440.615,33
Costo Anual Total			\$5.287.383,94

Tabla 81: Consumo de combustible por vehículo de transferencia

Vehículo	km por viaje	Días de recolección al mes	Costo mensual de recolección
Vehículo de transferencia	38,4	13	20167,68
Costo Anual Total			\$242.012,16

Por otro lado, se estimó el costo por tonelada de residuo dispuesto en el relleno sanitario según “Qro Circular”, un manifiesto Interuniversitario para afrontar los retos del cambio climático, sostenibilidad y transición hacia una economía circular del estado de Querétaro en México (<https://qrocircular.org/hub/cuanto-cuesta-la-generacion-y-gestion-de-residuos/>). Si bien no es el dato ideal, no se encontró un dato similar que permita estimar el costo de disponer los residuos en un relleno sanitario. Qro Circular estima un costo de \$121 (pesos mexicanos) por tonelada, lo cual al 25/03/2022 representan \$1346,77 pesos argentinos.

En cuanto al gasto de energía eléctrica, el mismo es variable y corresponde al consumo eléctrico mensual. Se consulta el cuadro tarifario de la Empresa Provincial de Energía de Santa

Fe (EPA) para tener un valor aproximado de las tarifas (mes de Marzo 2023). A continuación se muestran los valores:

Tabla 82: Cuadro tarifario no residencial mensual - facturación bimestral

Tarifa UPI - Uso Industrial (menor de 50 kW) Parques Industriales		Cuota de Servicio \$/sum. Mes	Primeros 400 kWh/mes (\$/kWh)	Siguientes 400 kWh/mes (\$/kWh)	Siguientes 1200 kWh/mes (\$/kWh)	Excedente de 2000 kWh/mes (\$/kWh)
UPI1 UPI2 UPI3	Industrial menor de 50 kW - PARQUES INDUSTRIALES - CONSUMO hasta 5000 kWh/mes	711,70530	19,69012	20,33574	22,74700	22,88520
UPI4	Industrial menor de 50 kW - PARQUES INDUSTRIALES - CONSUMO mayor a 5000 kWh/mes	711,70530	21,82501	22,47064	22,74700	22,88520
U7P1 U7P2 U7P3	Industrial menor de 50 kW - PARQUES INDUSTRIALES - CONSUMO NOCTURNO hasta 5000 kWh/mes	0,00000	13,63535	13,95816	16,23124	16,30033
U7P4	Industrial menor de 50 kW - PARQUES INDUSTRIALES - CONSUMO NOCTURNO mayor a 5000 kWh/mes	0,00000	15,77024	16,09305	16,23124	16,30033

Fuente: Empresa Provincial de Energía de Santa Fe.

A continuación se muestran los costos estimados para el primer año de operación y mantenimiento del CA, la ET y el sistema de recolección, en pesos argentinos:

Tabla 83: Costos de Operación y Mantenimiento para 2024 del CA, ET y sistema de recolección.

Nº	Descripción de los Trabajos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Importe Item (\$)	Importe Rubro (\$)	% Incidencia del Rubro
1	Personal					\$61.140.000,00	56,85%
1.1.	Administrativos (CA y ET)	un	4	\$1.440.000,00	\$5.760.000,00		
1.2.	Choferes camiones recolectores	un	5	\$2.400.000,00	\$12.000.000,00		
1.3.	Operarios de recolección	un	5	\$1.800.000,00	\$9.000.000,00		
1.4.	Chofer vehículo de transferencia	un	1	\$2.400.000,00	\$2.400.000,00		
1.5.	Operarios Planta de Separación CA	un	10	\$960.000,00	\$9.600.000,00		
1.6.	Operarios Sector Compost	un	4	\$960.000,00	\$960.000,00		
1.7.	Operarios Sector Neumáticos	un	2	\$960.000,00	\$1.920.000,00		
1.8.	Operarios Sector Áridos	un	3	\$960.000,00	\$2.880.000,00		
1.9.	Operarios en Relleno Sanitario	un	5	\$1.080.000,00	\$5.400.000,00		
1.10.	Operarios en Estación de Transferencia	un	3	\$960.000,00	\$2.880.000,00		
1.11.	Seguridad (CA y ET)	un	2	\$1.080.000,00	\$2.160.000,00		
1.12.	Personal de mantenimiento integral	un	2	\$1.500.000,00	\$3.000.000,00		
1.13.	Personal de limpieza	un	3	\$780.000,00	\$2.340.000,00		
1.14.	Cocinero	un	1	\$840.000,00	\$840.000,00		
2	Plan de Comunicación Social					\$27.456.000,00	25,53%
2.1.	Concientizadores	un	25	\$720.000,00	\$18.000.000,00		
2.2.	Coordinador	un	1	\$1.440.000,00	\$1.440.000,00		
2.3.	Equipo de marketing	un	4	\$984.000,00	\$3.936.000,00		
2.4.	Equipo IT	un	2	\$2.040.000,00	\$4.080.000,00		
3	Manipulación de residuos					\$13.428.199,68	12,49%
3.1.	Tonelada dispuesta en Relleno Sanitario	ton	9.991,22	\$1.344,00	\$13.428.199,68		
4	Combustible					\$5.529.396,10	5,14%
4.1.	Vehículo de transferencia	gl	1	\$242.012,16	\$242.012,16		
4.2.	Camiones Recolectores	gl	1	\$5.287.383,94	\$5.287.383,94		
5	Consumo de energía eléctrica						
5.1.	Consumo CA	Variable					
5.2.	Consumo ET	Variable					
				Total costos de operación	107.553.595,78		

Año a año, la variación del costo de operación y mantenimiento se ve reflejado en el punto 3.1. “Tonelada dispuesta en Relleno Sanitario”, dado a que las toneladas varían año a año, según se detalló en capítulos anteriores. A su vez, el valor de energía eléctrica también varía año a año, por lo que no fue calculado.

15.4. Viabilidad económica del proyecto

A los fines del análisis de rentabilidad serán empleados los siguientes indicadores: la tasa interna de retorno (TIR), y el valor actual neto (VAN).

- Valor Actual Neto (VAN): El Valor Actual Neto (VAN), o Beneficio Neto Actualizado se define como el beneficio económico generado (B) menos el costo del mismo (C).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Ec. 29

- Tasa Interna de Retorno (TIR): Es aquella tasa r que, aplicada a determinado flujo neto de beneficios (Beneficio menos Costo, en este caso), vuelve igual a cero su valor actual neto. La tasa interna de retorno deberá ser superior o igual al costo de oportunidad de otros elementos de referencia para ser considerada rentable.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Ec. 30

Ya habiendo calculado los costos en los apartados anteriores, se procede con el cálculo de los índices TIR y VAN. Para ello se realiza la suma de todos los costos de inversión para obtener el costo total que se debe invertir, y a partir de los ingresos anuales y la tasa de descuento, se obtienen una tasa interna de retorno un valor actual neto.

Cabe destacar que la tasa de descuento en Argentina ronda alrededor del 40% al 50%, sin embargo, el capital con el que cuenta el Municipio y las Comunas puede derivar del Estado como también de empresas financieras. El Estado no exige una tasa de interés a los municipios y las empresas financieras que se interesen por este proyecto, cuentan más bien con intereses en obtener réditos en términos ambientales. Por lo que se establece una tasa de interés del

15% suponiendo que haya un interés que pagar por el capital del proyecto, siendo más alta que la que se suele establecer en los proyectos financiados.

En el caso particular de este proyecto, el VAN es positivo (**\$549.127.939,37**), mientras que la TIR da como resultado **24%**. Dado que el resultado de TIR es positivo, refleja ganancia y se puede decir que el proyecto es viable económicamente. De esta manera el Municipio de Ceres y las Comunas de Hersilia, Arrufó, Ambrosetti y La Rubia están en posición de evaluar desde el inicio y con proyección a futuro la viabilidad del proyecto. Además, dado que el VAN es positivo, el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida, generará beneficios. El VAN indica que el valor del proyecto en términos monetarios al día de hoy es de aproximadamente 550 millones de pesos.

16. Estudio de Impacto Ambiental

16.1. Resumen Ejecutivo

El presente Estudio de Impacto Ambiental está referido al proyecto “*Diseño de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, con Relleno Sanitario, Planta de Separación y Estación de Transferencia para las localidades de Ceres, Ambrosetti, Hersilia, Arrufó y La Rubia - Provincia de Santa Fe*”. El objetivo del proyecto es diseñar para las localidades de Ceres, Ambrosetti, Hersilia, La Rubia y Arrufó un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos que tenga como eje la construcción y ejecución de un Centro Ambiental y una Estación de Transferencia que puedan brindar a estas localidades un sitio de disposición final y sitios de tratamiento y valorización de las diferentes corrientes de residuos sólidos.

El propósito del presente EsIA es analizar el proyecto desde el punto de vista ambiental, a fin de garantizar que la construcción de las instalaciones y su posterior operación y mantenimiento, como así también la operación general para garantizar una gestión integral de RSU, ocasionen el menor impacto ambiental posible, contemplando en tal sentido la adopción de procedimientos y medidas de protección ambiental adecuadas para mitigar, minimizar y/o eliminar totalmente los mismos. El presente estudio se ha desarrollado en cumplimiento de la normativa ambiental nacional y provincial existente.

El Estudio de Impacto Ambiental que aquí se desarrolla, considera los Impactos Ambientales que pudieran generarse como consecuencia del proyecto. La metodología de trabajo utilizada consistió, en primer lugar, en realizar un análisis y descripción del proyecto, la cual se encuentra en los capítulos anteriores. Posteriormente, se realizó un diagnóstico del ambiente correspondiente a la zona de estudio y su Área de Influencia Directa e Indirecta. Durante la realización del diagnóstico ambiental se contemplaron los aspectos naturales, en particular los factores físicos: clima, calidad del aire, geomorfología, geología, calidad del suelo, recursos hídricos superficiales y subterráneos. Además, se tuvieron en cuenta los rasgos biológicos como flora, fauna, bosques nativos y áreas protegidas. Por último, se analizó el medio socioeconómico, incluyendo el análisis de aspectos poblacionales y de actividades productivas, empleos, así como aspectos culturales referidos al uso del suelo.

Una vez definidos estos aspectos, se procedió a la identificación, listado y descripción de los factores ambientales con potencialidad de ser impactados por la actividad, y las acciones

de las etapas constructiva y operativa que impactan o tienen la potencialidad de impactar (modificar positiva o negativamente) estos factores. Dichas interacciones entre factores y acciones se ponderaron en una matriz de valoración cualitativa y cuantitativa con el fin de identificar aquellos impactos que resultan de mayor significancia.

Los impactos más significativos que se pudieron identificar fueron la generación de ruido, y la emisión de gases y material particulado, deteriorando la calidad del aire, sobre todo para la etapa constructiva del proyecto, como también la modificación del paisaje, producto de las nuevas estructuras a construirse. Además, el funcionamiento del relleno sanitario, si bien trae aparejadas mejoras con respecto a la situación actual de los basurales a cielo abierto, también provoca la eliminación de gases de efecto invernadero, siendo el más significativo el CH₄. Por su parte, el cierre de los basurales representa una mejora en la calidad de agua subterránea ya que al evitar la disposición de residuos sobre el suelo y el ingreso de agua de lluvia a la masa de residuos ya dispuestos en el basural, se evita la generación de lixiviados; y también representa una mejora en la calidad del aire, ya que se evitan los incendios y la descomposición de la materia orgánica de forma aeróbica. Como impacto positivo en la construcción y operación del centro ambiental, estación de transferencia y sistema de recolección, se destaca la generación de empleo, la mejora en los servicios de recolección de residuos y la mejora en la calidad de salud y trabajo de los recuperadores urbanos.

Como parte de este estudio, también se analizaron los posibles riesgos exógenos y endógenos que pueden ocurrir durante las diferentes etapas del proyecto. Dichos riesgos se clasificaron según su posibilidad de ocurrencia, la severidad del impacto y la consecuencia que provocaría, siendo de los más significativos los errores humanos, los incendios naturales y accidentales y las inundaciones, dadas las condiciones del terreno.

En base a los resultados de la Evaluación de Impactos se realizó una enumeración de aquellas acciones que se debieran tomar para mitigar/prevenir/compensar los posibles impactos negativos a generarse. Las medidas incluyen la descripción del impacto y la acción que lo produce, su objetivo y una descripción detallada de las tareas a realizar para minimizar el efecto de cada impacto. Además, se plantean medidas de monitoreo y supervisión para asegurarse de su cumplimiento. Entre las medidas propuestas de mitigación, se encuentra el control y monitoreo periódico de maquinaria, la capacitación de los operarios y mano de obra de construcción en temáticas como gestión de residuos, la correcta operación del relleno sanitario para el control de vectores y otros animales que transmiten enfermedades, el control de la voladura de residuos, respetar las velocidades máximas de los camiones recolectores,

entre otras.

Una vez identificados y evaluados los posibles impactos ambientales positivos y negativos, se confeccionó el Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) para los factores más importantes, con el objetivo de controlar, mitigar y en lo posible anular los impactos generados o minimizar sus consecuencias. Debido a las características del proyecto, se da relevancia no solo la gestión de los impactos generados a los medios físico y biológico, sino también al medio socioeconómico en el proyecto. El PGAS es considerado como el estándar mínimo ambiental a cumplir por todo el personal asociado al proyecto. El mismo está compuesto por los siguientes programas:

- Programa de Seguimiento, Monitoreo y Vigilancia ambiental
- Programa de Mantenimiento
- Programa de Seguridad e Higiene Laboral
- Programa de Participación Técnico-Ambiental
- Programa de Contingencias
- Programa de Gestión de Quejas y Reclamos

Finalmente, del presente estudio se concluye que, si bien podrían existir impactos ambientales negativos como consecuencia de las tareas previstas, los mismos tendrán en su mayoría una incidencia de bajo nivel o moderado y sus efectos se manifestarán temporalmente, permitiendo en el mediano a corto plazo el restablecimiento de las condiciones ambientales previas al proyecto. Es por esto que en el encuadre de la normativa ambiental vigente, el predio actual y sus alrededores serían aptos para albergar al proyecto, siempre que se cumplan las recomendaciones del presente estudio y que se resumen a continuación:

- Realizar el correcto seguimiento de las principales variables ambientales y sociales.
- Cumplir con los programas de gestión ambiental y medidas de mitigación propuestas.
- Dar rápida y adecuada atención a las posibles contingencias.
- Respetar la vinculación del establecimiento con el entorno.

16.2. Introducción

16.2.1. Objetivos del Estudio de Impacto Ambiental

El objetivo del Estudio de Impacto Ambiental está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones del proyecto pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y el ambiente. El Estudio definirá la viabilidad del proyecto una vez evaluados los potenciales impactos y propuestas sus medidas de mitigación.

Se busca elaborar un estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que esté incorporado en el procedimiento de la Evaluación de Impacto Ambiental, de acuerdo con la normativa nacional, provincial y municipal. Para el cumplimiento del objetivo general, se procede a:

- Describir, caracterizar y analizar el medio físico, biótico y sociocultural, en el cual se desarrollan las actividades del proyecto.
- Incluir la información de los recursos naturales que van a ser utilizados, aprovechados o afectados durante la construcción y operación del proyecto.
- Identificar, dimensionar y evaluar los impactos, positivos y negativos, que serán generados por el proyecto.
- Definir el área de influencia directa e indirecta del proyecto, con criterios debidamente sustentados y basados en el esquema del proyecto.
- Diseñar el Plan de Mitigación con sus respectivas medidas de prevención, corrección, compensación y mitigación, a fin de garantizar la óptima gestión socioambiental del proyecto.
- Diseñar los procedimientos para el seguimiento y control ambiental, que permitan evaluar el comportamiento, eficiencia y eficacia del Plan de Gestión Ambiental y Social, en las etapas de construcción y operación del proyecto.

16.2.2. Metodología

En el presente Estudio de Impacto Ambiental se aplica un desarrollo metodológico que permite identificar los aspectos ambientales críticos de la ejecución del proyecto. Se trabaja sobre los lineamientos que en materia ambiental determina la Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales N°11.723, y el Decreto Reglamentario N° 1.741/96. El Estudio de

Impacto Ambiental del proyecto GIRSU en el departamento de San Cristóbal, Santa Fe, es una importante herramienta de gestión ambiental para prevenir, mitigar y corregir los impactos ambientales que pudieran ocurrir durante las distintas etapas y acciones del proyecto. También representa una excelente herramienta para lograr mejorar las condiciones ambientales existentes a lo largo del área de influencia directa e indirecta del proyecto, mediante la aplicación de las medidas ambientales identificadas y diseñadas en el plan de manejo ambiental, con un enfoque a corto, mediano y largo plazo.

El alcance del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto considerará lo siguiente:

a- Descripción técnica del Proyecto: se realiza una descripción del proyecto en su etapa de obra y su etapa de funcionamiento. La misma fue realizada en capítulos anteriores.

b- Marco Legal e Institucional: se brinda información sobre los antecedentes normativos y el marco legal vigente aplicable sobre el proyecto. El mismo se encuentra en el capítulo 5.

c- Caracterización ambiental del área del proyecto: La línea de base ambiental describe, en base a información existente, el medio ambiente propio del área de influencia del proyecto. Se incluye información sobre el medio ambiente físico, medio biológico y el medio socioeconómico.

d- Identificación y valoración de impactos ambientales: se identifican, por un lado, los componentes del medio pasibles de ser impactados por la ejecución del proyecto y, a su vez, las acciones del proyecto con incidencia previsible y entidad suficiente sobre estos componentes. Con esta información se aborda la identificación y cuantificación de los impactos ambientales asociados a la inserción del proyecto en el medio circundante. Los resultados de esta evaluación se vuelcan en una matriz síntesis de dos dimensiones que permite una interpretación inmediata y sencilla de los impactos ambientales detectados.

e- Análisis de riesgos: se hace uso sistemático de la información disponible para determinar la frecuencia con la que determinados eventos se pueden producir y la magnitud de sus consecuencias.

f- Medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación asociadas a los impactos ambientales: se establecen preliminarmente medidas de mitigación, fundamentalmente para prevenir, corregir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales negativos detectados.

g- Plan de gestión ambiental y social: se desarrolla un plan de gestión ambiental y social para el cumplimiento y control de las medidas de mitigación propuestas, el monitoreo de las

variables ambientales más comprometidas y los procedimientos frente a la ocurrencia de contingencias.

16.3. Características del Proyecto

Dado a que toda la memoria descriptiva del proyecto fue detallada en capítulos anteriores, en esta sección se hará un breve resumen de las actividades de todo el proyecto GIRSU. El mismo propone:

1. El cierre técnico y reconversión del actual BCA Municipal de Ceres.
2. La construcción de un Centro Ambiental en Ceres para la disposición final controlada de RSU. El mismo contará con:
 - a. Planta de separación y clasificación de residuos reciclables con depósito de almacenamiento para estos materiales.
 - b. Báscula y taller de mantenimiento.
 - c. Área administrativa.
 - d. Baños, vestuarios y comedor.
 - e. Centro de Interpretación.
 - f. Área de recuperación de NFU.
 - g. Área de recuperación de áridos y residuos de construcción.
 - h. Área de compostaje de residuos de poda.
 - i. Relleno sanitario con vida útil de 20 años.
3. Construcción de una Estación de Transferencia en Hersilia, que almacene provisoriamente los RSU generados en Hersilia, Arrufó, La Rubia y Ambrosetti, para ser luego trasladados al Centro Ambiental de Ceres.
4. El fortalecimiento de los sistemas de recolección actuales.
5. La difusión de campañas de concientización, educación y promoción ambiental para la separación en origen.
6. La ejecución de un Plan de Inclusión Social para integrar a los recuperadores urbanos dentro del nuevo plan GIRSU.

16.4. Caracterización Ambiental del Proyecto

En este apartado se describen la totalidad de los elementos del entorno, tanto físicos y naturales como socioeconómicos. Previamente, es de especial importancia definir la situación exacta y los límites de la zona de estudio, para posteriormente pasar a inventariar cada uno de los elementos básicos. El inventario ambiental y la descripción de las interacciones ecológicas principales se divide en tres subapartados: medio físico, medio natural y medio socioeconómico e infraestructura.

16.4.1. Área de Influencia

16.4.1.1. Área de Influencia Directa

Se considera Área de Influencia Directa (AID) a la máxima área envolvente de las obras e infraestructura asociada, dentro de la cual se pueden experimentar molestias e impactos ambientales y sociales que podrían producirse de forma directa sobre receptores sensibles del medio, identificados en el área de estudio durante las etapas de construcción y operación del proyecto.

Para las obras del Centro Ambiental de Ceres, se definió como AID del proyecto para la **etapa de construcción** el predio donde se desarrollarán las obras y adicionalmente una envolvente de 300 m desde los límites del predio, principalmente por movimiento de camiones y un alto movimiento de suelo con posible modificación de topografía y drenaje.

Para la **etapa de operación** el AID se considera el predio donde se instalará el proyecto y adicionalmente una envolvente de 1000 metros desde los límites del predio que contempla aspectos ambientales de los rellenos sanitarios, como por ejemplo potenciales riesgos ambientales sobre aguas subterráneas, dispersión de olores, etc.

Con el mismo criterio, para las obras de la Estación de Transferencia en Hersilia, se definió como AID para la **etapa de construcción** el predio donde se desarrollarán las obras y adicionalmente una envolvente de 200 m desde los límites del predio. Para la **etapa de operación** el AID se considera el predio donde se instalará el proyecto y adicionalmente una envolvente de 500 metros desde los límites del predio.

Para el cierre técnico del basural, el AID se considera el predio donde se desarrollarán las obras y adicionalmente una envolvente de 500 m desde los límites del predio, principalmente por movimiento de camiones, maquinaria y residuos.



Figura 82: AID de construcción y operación del Centro Ambiental de Ceres



Figura 83: AID de construcción y operación del basural de Ceres



Figura 84: AID de construcción y operación de la Estación de Transferencia de Hersilia.

16.4.1.2. Área de Influencia Indirecta

Se considera Área de Influencia Indirecta (AII) al área dentro de la cual se prevé la ocurrencia de impactos indirectos, es decir, aquellos impactos que trascienden el espacio físico del proyecto y su infraestructura asociada.

Para este proyecto, se define como área de influencia indirecta a la región que comprenden las localidades de Ceres, Hersilia, Ambrosetti, Arrufó y La Rubia, además del trayecto desde estas localidades hasta el Centro Ambiental en Ceres y la Estación de Transferencia en Hersilia. El área de influencia indirecta contempla no solo a los habitantes involucrados en la generación de residuos sino también a la recolección, recuperación y disposición de dichos residuos, la circulación de camiones recolectores, entre otros factores. Esta área de influencia es la que recibirá los beneficios ambientales y sociales derivados de la ejecución del Centro Ambiental y Estación de Transferencia. Del mismo modo, también recibirán los potenciales impactos negativos producto del incremento de tráfico en las vías de conexión entre la ET y el Centro Ambiental, y del incremento en las tasas de impuestos municipales para afrontar el servicio de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.

16.4.2. Medio Físico

Actualmente, el ecosistema estudiado manifiesta una profunda transformación como consecuencia al progresivo aumento de los asentamientos humanos y la intensa actividad agropecuaria e industrial. En las últimas décadas, las excesivas emisiones de residuos sólidos y líquidos sumadas a la ausencia de planificación de la urbanización, ha reducido progresivamente la calidad de los suelos y de los recursos hídricos subterráneos, observándose indicios importantes de contaminación y deterioro ambiental. El presente punto tiene por objeto ilustrar, en base a información existente, el medio ambiente físico propio del área de influencia donde se emplaza el proyecto.

16.4.2.1. Clima

El Clima en las localidades del proyecto se caracteriza por ser subtropical con estación seca.

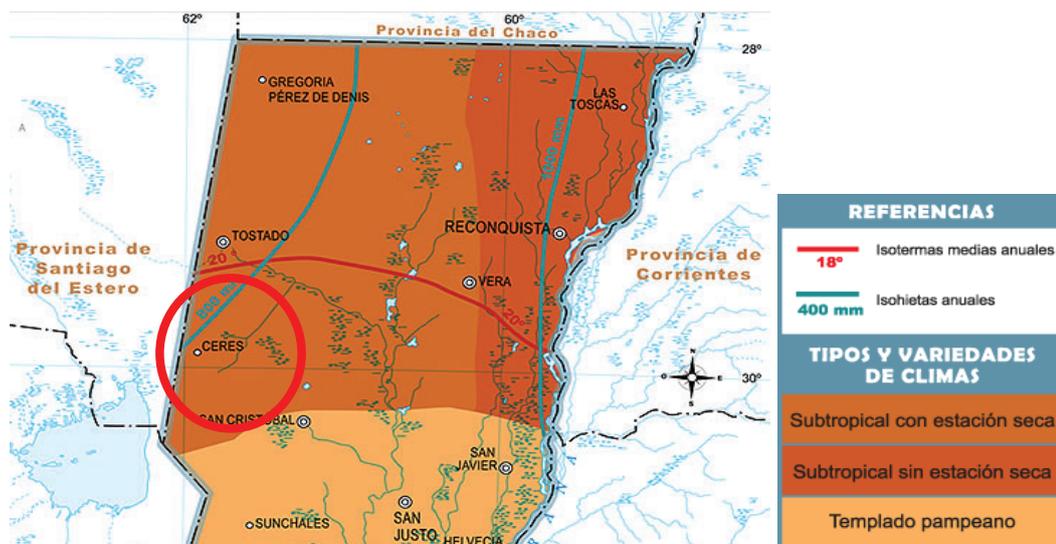


Figura 85: Mapa Climático región Norte-Centro de Santa Fe.

Fuente: Mapoteca, Ministerio de Educación de la Nación.

En las localidades del proyecto, y en todo el departamento de San Cristóbal en general, la temporada de lluvia es caliente y húmeda, la temporada seca es cómoda y es mayormente despejado durante todo el año. Entre los meses de Marzo a Octubre, hay una temperatura cálida y pocas precipitaciones. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 7 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 1 °C o sube a más de 36 °C. En la tabla

siguiente se puede encontrar rápidamente el tiempo medio por mes en el departamento de San Cristóbal, las temperaturas mensuales o las precipitaciones más altas.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura (°C)	35	34	31	27	22	19	19	22	25	29	31	34
Precipitación (mm)	105	152	73	72	49	24	31	37	49	94	149	117

Figura 86: Temperatura y precipitaciones promedio en el departamento de San Cristóbal, para los años 2010-2020.

Fuente: Cuandovisitar.com.ar

La precipitación media anual de la región es de un promedio de 800 a 1000mm, siendo las lluvias más intensas entre Febrero y Noviembre.

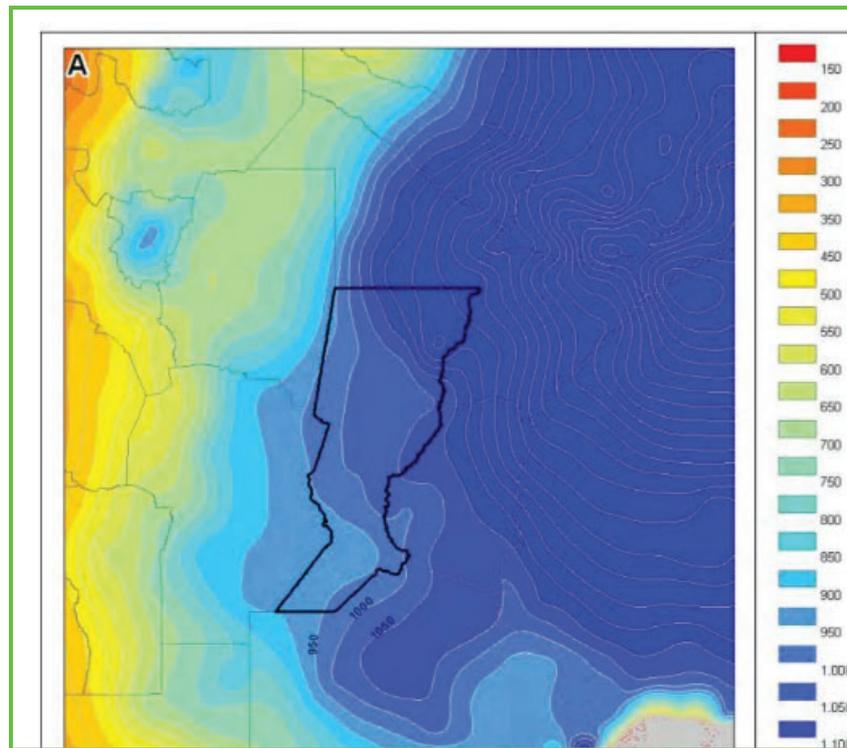


Figura 87: Precipitación Media Anual (mm) provincia de Santa Fe.

Fuente: Gobierno de Santa Fe, 2012.

Con respecto a los vientos predominantes de la región, los mismos se encuentran descritos en el apartado 8.2.1.

16.4.2.2. Calidad de Aire

En el área de influencia directa del proyecto no se detectan fuentes de combustión y de emisión de gases contaminantes atmosféricos. Por lo tanto, no es necesario una evaluación o monitoreo previo de calidad del aire.

16.4.2.3. Geomorfología

Geológicamente las localidades de estudio se encuentran dentro de una región denominada Pampa Norte (Iriondo, 1994), que por su identidad estratigráfica y geomorfológica durante el Cuaternario se diferencia de las regiones vecinas. La característica de la Pampa Norte es la presencia de una Faja Periférica de Loess, conformada por secuencias de depósitos de loess y paleosuelos, que se desarrollaron durante el Pleistoceno Superior.



Figura 88: Ubicación de la Pampa Norte

Fuente: Federico Aglietto: "Estudio de Impacto Ambiental de Proyecto de Urbanización en la Ciudad de Rafaela, Provincia de Santa Fe"

Desde el punto de vista de las interrelaciones complejas entre procesos geomorfológicos y sistemas biológicos, es una zona caracterizada por la presencia de numerosos humedales, en donde se observan diferentes estadios de evolución de sus elementos constituyentes (Iriondo, 2004). Estos ambientes han dominado los períodos climáticos húmedos del Cuaternario.

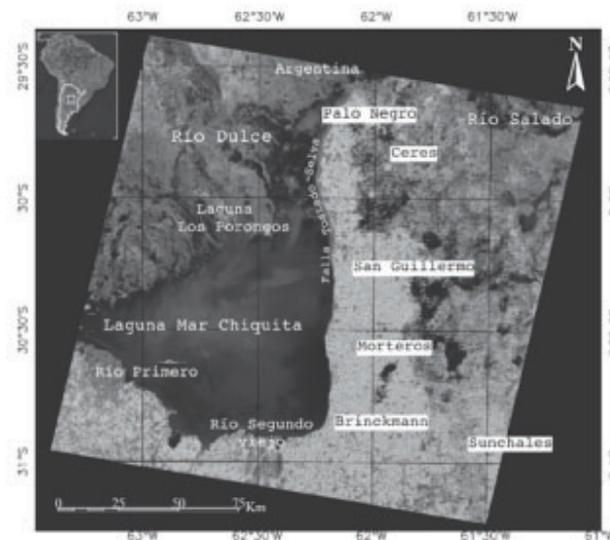


Figura 89: - Mapa de ubicación sobre la base de la composición en falso color (bandas 7-4-1) de una imagen Landsat ETM-7.

Fuente: E. Brunetto y M.H. Iriondo: "NEOTECTÓNICA EN LA PAMPA NORTE (ARGENTINA)"

16.4.2.4. Geología y Suelos

La provincia de Santa Fe posee (en porcentaje de su superficie) los siguientes tipos de suelos (Orellana, J. & Lázaro, J., 1978):

- 45 % Brunizems (argiudoles típicos e integrados, hapludoles, etc.).
- 7% Hidromórfico no salino tales como Gley y Sendogley (Fluventes, Acuents, etc.).
- 4 % Arenosoles (Psmments arenoso).
- 44 % Halomórfico o suelo sódico, generalmente también hidromórficos (Natracualls, NatrustalFs, etc.).
-

Particularmente, las características principales del suelo en Ceres son las siguientes:

Región	Material Orgánico	Suelo Dominante
Ceres	Loessoide, conglomerádico, fino.	Hapludoles + Argiudoles háplicos.

16.4.2.5. Hidrología Superficial:

En la provincia se destacan el río Paraná, Salado, Carcarañá, el sistema de bajos Submeridionales cuya cañada más importante es la que encadena la de las Golondrinas y el río Calchaquí con la serie de lagunas que integran el sistema: del Toro, del Palmar, Calchaquí o Las Aves.

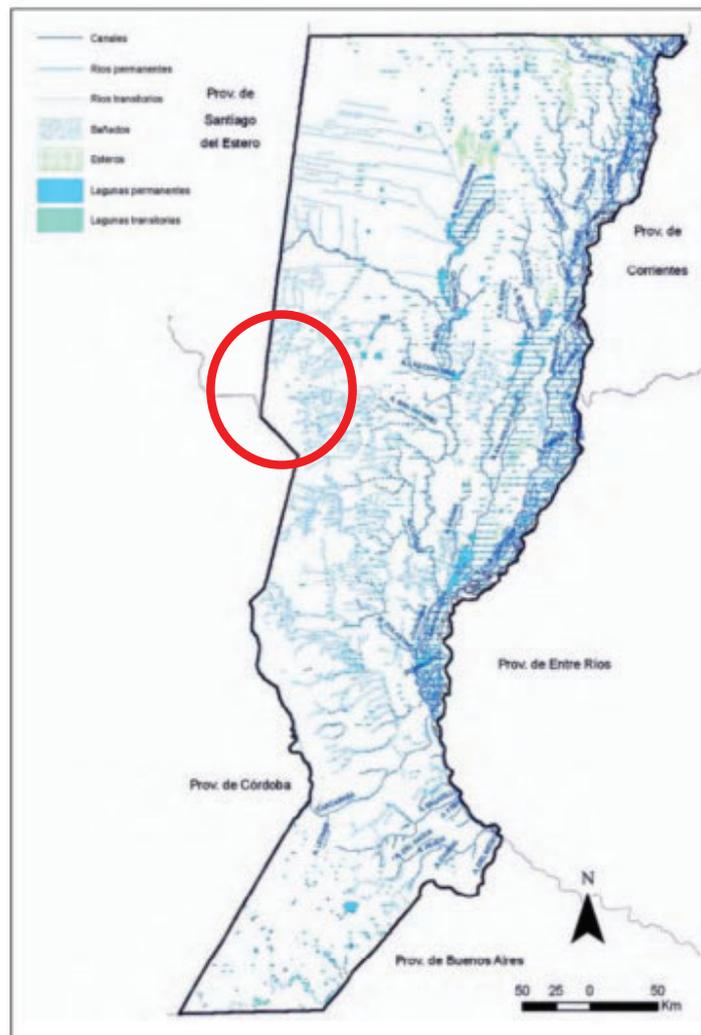


Figura 90: Hidrografía de la Provincia de Santa Fe.

Fuente: Gobierno de Santa Fe, 2012.

El área de influencia del proyecto se encuentra dentro de la Cuenca del río Salado. Esta cuenca se extiende por las provincias de Salta, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero, Chaco y Santa Fe. Abarca una superficie total aproximada de 247.000 km² y la longitud de curso es de aproximadamente 1.500 km.



Figura 91: Cuencas y regiones hídricas de Santa Fe

Fuente: Miguel A. Giraut, Carla F. Lupano, Álvaro Soldano, Carmen A. Rey.

El río Salado tiene su nacimiento en la provincia de Salta, y pasa por Santiago del Estero y Santa Fe para desembocar finalmente en el Río Paraná, en su margen derecha. Tras recibir las aguas del río Santa María, el río Salado discurre hacia el norte por la quebrada de las Conchas. Allí recibe el nombre de río Guachipas. En su encuentro con el río Arias forma el lago-embalse de Cabra Corral. Desde la confluencia con el río Arias, el cauce es conocido como río Pasaje o también con el nombre de río Juramento.

Al entrar en la provincia de Santiago del Estero cambia de nombre a Salado o Cachimayo, que en quechua significa también río salado. En esta parte, el río se ensancha formando "esteros" o humedales. Finalmente entra en la provincia de Santa Fe y prácticamente tras pasar por su capital desemboca en el río Paraná. (Bacchiega, J.; Bertoni, J. & Maza, J. 2003).

16.4.2.6. Hidrología Subterránea

La característica que distingue a la provincia de Santa Fe en particular, son los excedentes y déficit hídricos como resultado de la relación entre los valores medios de las precipitaciones y la evapotranspiración real. En base a ese balance general, es posible dividir a la provincia en dos grandes regiones climático-biológicas que ejercen un control en el comportamiento hidrodinámico y químico del agua subterránea al occidente y el oriente provincial. En la zona occidental la superficie freática se encuentra a una mayor profundidad, los ríos son afluentes y el agua subterránea tiene un mayor contenido salino. En la zona oriental, por su parte, los cursos y cuerpos de agua actúan como sitios de descarga. (Auge, M. 2004)⁴⁴

Las aguas subterráneas están relacionadas con dos acuíferos llamados el Puelches y el Pampeano o Epipuelches. El primero forma parte del sistema acuífero más extendido y más explotado del país. Abastece a los principales centros urbanos e industriales de la parte central de la provincia, y también a algunas ciudades occidentales como Ceres. La explotación del acuífero Puelche requiere extremos cuidados a fin de evitar la contaminación con el agua salobre de la formación Paraná (o Hipopuelches) que se halla debajo del Puelches (Banco Mundial, 2000). El nivel freático en el área de influencia directa se encuentra entre 1,5 y 2 metros.

16.4.3. Medio Biológico

16.4.3.1. Ecorregión

Se entiende por Ecorregión todo territorio geográficamente definido, en el que dominan determinadas condiciones geomorfológicas y climáticas relativamente uniformes o recurrentes, caracterizado por una fisonomía vegetal de comunidades naturales y semi-naturales que comparten un grupo considerable de especies dominantes, una dinámica y condiciones ecológicas generales, y cuyas interacciones son indispensables para su persistencia a largo plazo (Burkhart, R. et al. 1999). En base a estas definiciones, cabe señalar que el departamento de San cristóbal comprende la siguiente ecorregión:

Ecoregión de Espinal: Esta ecoregión ocupa un amplio arco de bosques que rodean por el norte, oeste y sur al pastizal pampeano, abarcando la faja central de Santa Fe donde está representado en los departamentos de Castellanos, Garay, La Capital, Las Colonias, San

Cristóbal, San Javier y San Justo. Se lo encuentra en relieves llanos, poco ondulados, y serranías bajas, sobre suelos loessoides y arenosos. Posee una amplia variabilidad climática, con precipitaciones desde aproximadamente 1.400 mm en la región mesopotámica, hasta los 350 mm en el sur. En la provincia de Santa Fe presenta características del ambiente chaqueño al norte y del pampeano al sur por lo que también se la denomina transicional. Su relieve es suavemente ondulado a plano o deprimido en las cercanías de los arroyos y los ríos como el Salado. Presenta desde bosques bajos hasta amplias sábanas de pastizales y pajonales. Dentro de la fauna se destacan: zorros, lechuzas, perdices, martinetas, armadillos. (Biasatti, N. et. al. 2016).

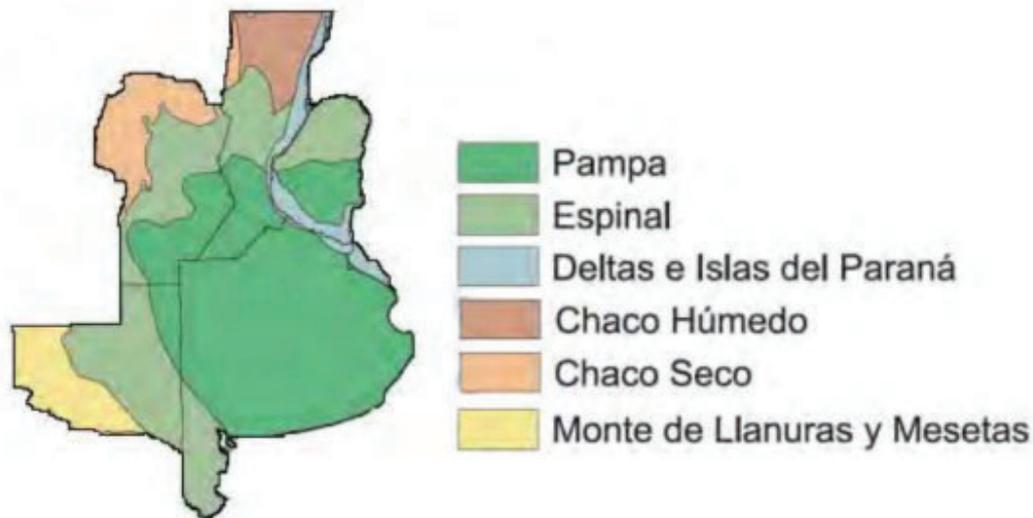


Figura 92: Ecorregiones de la región centro del país.

Fuente: Evaluación ambiental estratégica del plan de infraestructura vial provincia de Santa Fe. Gobierno de Santa Fe, 2012.

16.4.3.2. Flora

Desde el punto de vista fitogeográfico, la región presenta formaciones boscosas aquellas correspondientes a la región del Espinal (Parodi, L. 1964; Ragonese, A. 1967; Cabrera, A. 1976).

Las formaciones vegetales características de la región del Espinal aparecen en el centro de la provincia y corresponden a bosques bajos de especies leguminosas leñosas xerófilas, generalmente abiertos y de un solo estrato arbóreo que alternan con praderas. Estos bosques

están constituidos generalmente por espinillo (*Acacia caven*), algarrobo (*Prosopis nigra* o *Prosopis alba*), ñandubay (*Prosopis affinis*) acompañados por chañar, quebracho blanco, tala, entre otras. Esta zona se encuentra muy antropizada y la mayor parte de las tierras están destinadas a la actividad agrícola (UMSEF, 2002).

En cuanto a los pastizales naturales se destacan los flechillares (*Stipa sp.*) y las praderas de *Paspalum*, que pueden circundar los segmentos boscosos o disponerse en forma independiente.

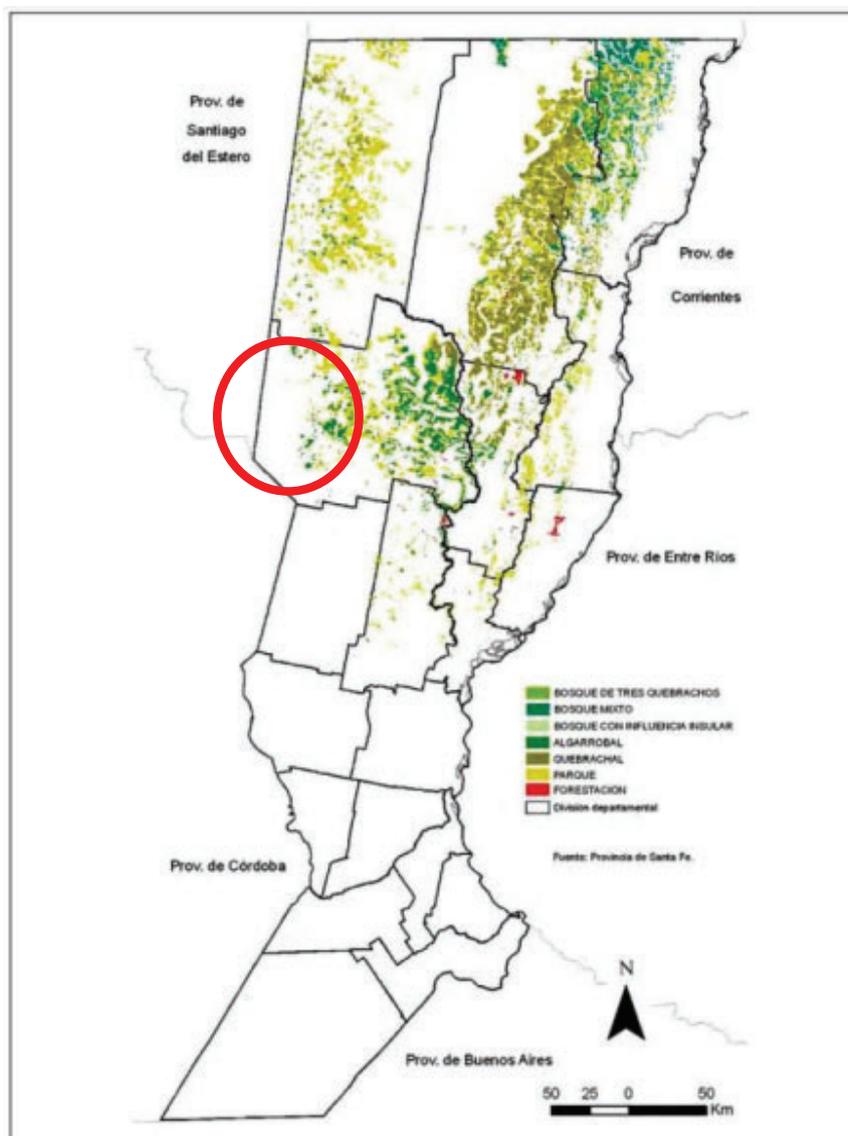


Figura 93: Vegetación nativa de la Provincia de Santa Fe.

Fuente: SAyDS, 2019

16.4.3.3. Bosques Nativos

La Ley Nacional de Bosques establece que las provincias deberán realizar el ordenamiento territorial de sus bosques nativos (OTBN) a través de un proceso participativo, y categoriza los usos posibles para las tierras boscosas: desde la conservación hasta la posibilidad de transformación para la agricultura, pasando por el uso sustentable del bosque. Así zonifica los bosques de la siguiente manera:

- Categoría I (Color rojo): sectores de muy alto valor de conservación que no deben desmontarse ni utilizarse para la extracción de madera y que deben mantenerse como bosque para siempre.
- Categoría II (Color amarillo): sectores de alto o medio valor de conservación, que pueden estar degradados pero que si se los restaura pueden tener un valor alto de conservación. Estas áreas no pueden desmontarse, pero podrán ser sometidos a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica.
- Categoría III (Color verde): sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad, con la previa realización de una Evaluación de Impacto Ambiental.

El Bosque Nativo más cercano al predio del CA se encuentra a 6km, y es de categoría amarilla. Por su parte, el Bosque Nativo más cercano a la ET de Hersilia se encuentra a 3,8km, y es de categoría amarilla.



Figura 94: Bosques Nativos cercanos a Ceres y Hersilia.

Fuente: Mapa Legal Crea

16.4.3.4. Área Protegidas

La Provincia de Santa Fe cuenta con un sistema de Áreas Naturales bastante extenso, con Reservas Naturales de diferente categoría de manejo y diversos proyectos para la creación de nuevas áreas. Sin embargo, dentro del área de influencia, tanto directa como indirecta, no se encuentran reservas o áreas naturales protegidas.

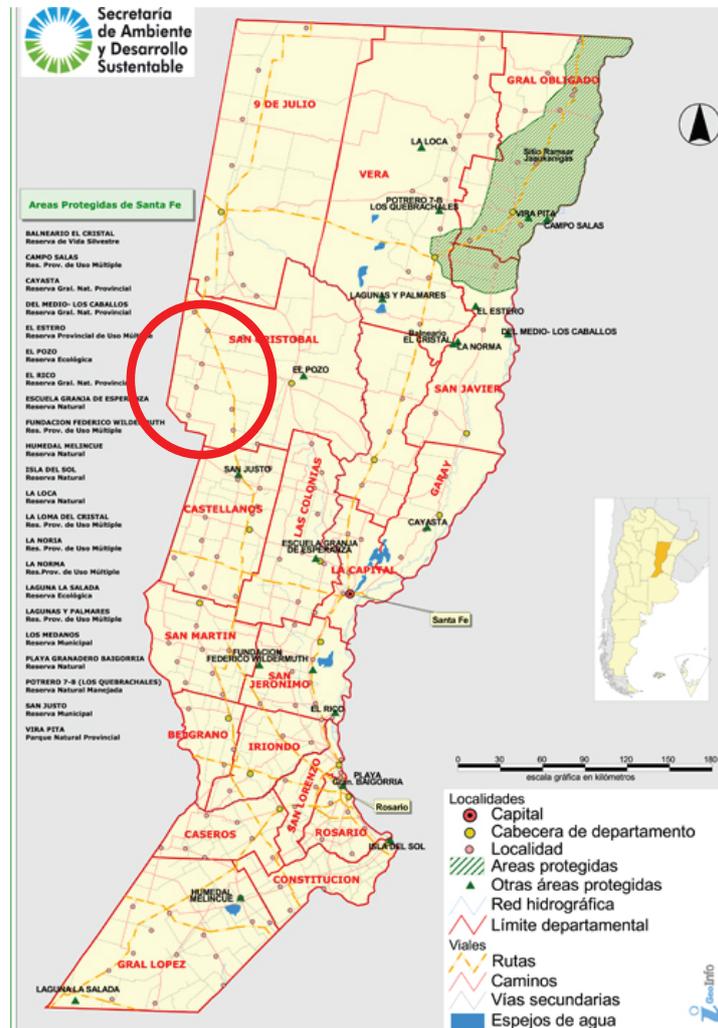


Figura 95: Áreas Naturales Protegidas dentro de Santa Fe.

Fuente: SAyDS.

16.4.3.5. Fauna

En la actualidad, las especies mayores de la fauna de la región están muy comprometidas por la desaparición de hábitats. Entre las aves más características encontramos algunos furnáridos como el leñatero (*Anumbius annumbi*), los espineros (*Phacellodomus spp.*) y los pijués (*Synallaxis spp.*). Los mamíferos que todavía habitan la región son el zorro pampa (*Dusicyon gymnocercus*), el zorrino (*Conepatus chinga*), la comadreja (*Didelphis albiventris*) y los cuisés (*Cavia apera*), entre otros. En algunos sectores

puntuales aún quedan Vizcachas (*Lagostomus maximus*), especie que ha sufrido una importante retracción en la provincia (Pautasso 2008).

16.4.4. Medio Socioeconómico

La caracterización socioeconómica de las localidades de estudio se realizó en el capítulo 3.

16.4.4.1. Pueblos originarios

El INDEC registró en el censo poblacional de 2001 la presencia de personas pertenecientes a más de una veintena de diferentes grupos indígenas. Las dos comunidades más importantes son la toba (hay 1.822 hogares en la provincia de Santa Fe integrados por personas de esa etnia) y Mocoví (1.798 hogares). También se registraron originarios de los grupos tupi guaraní (en 634 hogares), mapuche (en 396), Calchaquí (389), Chane (139), Quechua (132), tehuelche (82) y Wichi (50), mientras que el resto son grupos que no alcanzan a sumar cincuenta hogares por etnia en todo el territorio santafesino.

En el área de influencia del proyecto, no se identifica un alto porcentaje de personas pertenecientes a grupos indígenas (0 a 2%).

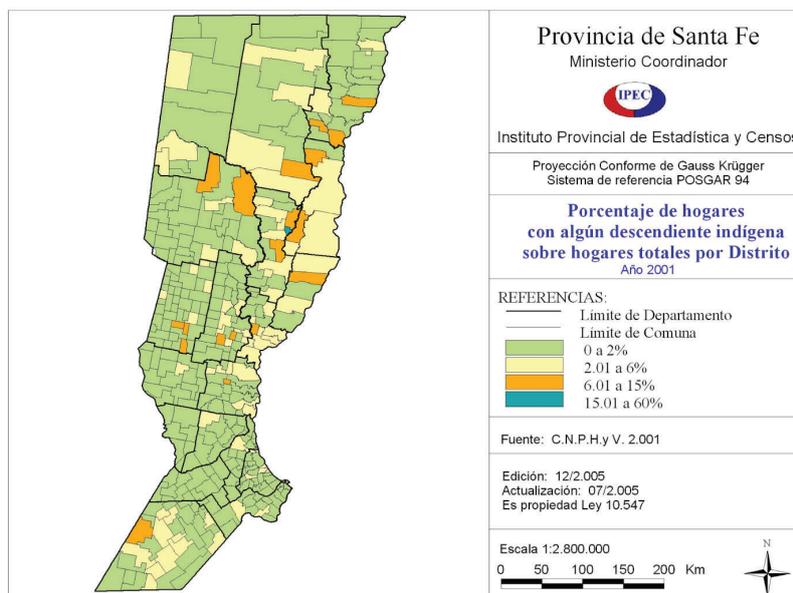


Figura 96: Distribución espacial de las comunidades originarias según Departamento.

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social de Santa Fe.

16.5. Identificación y valoración de impactos ambientales

El objetivo del presente Capítulo es identificar y caracterizar los impactos ambientales efectivos o potenciales generados sobre el ambiente físico, biológico y socioeconómico, por parte de las actividades relacionadas con la implantación y actividad del proyecto. Como síntesis gráfica representativa de la interacción de las diferentes acciones del proyecto y los componentes del medio físico, biológico y antrópico, se construyó una matriz que reproduce en forma simplificada y sencilla las características y condiciones del sistema estudiado, y que permite visualizar con simbología sencilla las interacciones representativas que se producen. La matriz síntesis de impactos consiste en un cuadro de doble entrada en el que las columnas corresponden a acciones propias o inducidas por la obra con implicancia ambiental, mientras que las filas son componentes y subcomponentes del medio (natural, físico y socioeconómico) susceptibles de verse afectados. Las intersecciones entre las acciones de la obra y los componentes ambientales considerados permiten visualizar relaciones de interacción donde se han evaluado las implicaciones que este proyecto trae consigo.

16.5.1. Acciones del proyecto potencialmente generadoras de impacto

Se definieron 2 etapas, las cuales a su vez implican una serie de actividades o tareas que se desarrollaran: Etapa de Construcción y Etapa de Operación y Mantenimiento. A continuación, sólo se realiza una breve descripción de las acciones y/o actividades del proyecto que se consideran como generadoras de impactos para cada una de las etapas.

16.5.1.1. Etapa de Construcción

Construcción del Centro Ambiental en Ceres y Estación de Transferencia en Hersilia

Acción 1: Limpieza y desmonte del predio: limpieza del sitio a partir del desenraizado y desmalezado

Acción 2: Instalación del obrador y construcción del cerco perimetral.

Acción 3: Construcción/ampliación de caminos, accesos y suministro de servicios: Construcción de veredas, caminos internos, parqueización.

Acción 4: Movimiento de suelo: para la nivelación del terreno y la ejecución de fundaciones de obras civiles, base de caminos internos. También se considera dentro de esta acción, el movimiento de suelos destinados al Relleno Sanitario.

Acción 5: Construcción de Obra Civil y Edificios industriales.

Cierre técnico del BCA de Ceres

Acción 6: Actividades vinculadas al cierre y clausura. La clausura del actual basural será desarrollada mediante la técnica de capping, lo que disminuirá la migración de lixiviado al subsuelo, la cual estará afectada por un proceso de atenuación natural. Las tareas incluyen:

- ❖ Perfilado de módulos de residuos
- ❖ Transporte de los residuos dispersos en varios sectores del predio a los Módulos Finales a conformar.
- ❖ Perfilado de residuos y conformación de áreas de cobertura de residuos compactados nuevos y otros ya estabilizados, definiendo las cotas y pendientes de los sectores a intervenir.
- ❖ Disposición de una capa de suelo de emparejamiento en las áreas de intervención, debidamente perfilada.
- ❖ Impermeabilización de las áreas de cobertura mediante la disposición de una capa conformada con membrana GCL.
- ❖ Cobertura superior con suelo vegetal.
- ❖ Construcción de un sistema de captación de lixiviados y venteo de biogás.
- ❖ Ejecución / rectificación y mejora de drenajes pluviales.
- ❖ Construcción de pozos de monitoreo.

16.5.1.2. Etapa de Operación y Mantenimiento

Acción 1: Manejo de residuos y operatoria de disposición final. Involucra la planta de separación y clasificación de residuos reciclables y la operación y mantenimiento del Relleno Sanitario.

Acción 2: Manejo de residuos y operatoria del área de compostaje.

Acción 3: Manejo de residuos y operatoria del área de áridos.

Acción 4: Manejo de residuos y operatoria del área de neumáticos.

Acción 5: Manejo de residuos y operatoria en la Estación de Transferencia.

Acción 6: Ejecución de actividades auxiliares. En esta acción se consideran las actividades relacionadas al funcionamiento de las oficinas administrativas, comedor, vestuario, baños y garita de control.

Acción 7: Mantenimiento de los predios: Se considera la limpieza de los predios. Tareas de mantenimiento de las instalaciones y equipamiento. Mantenimiento de alambrados y terraplenes perimetrales. Control de vectores. Mantenimiento de los caminos vehiculares, ya sea externos como los internos. Mantenimiento de la cortina forestal.

Acción 8: Ejecución del servicio de recolección: Movimiento de camiones recolectores y vehículos de transferencia. Manipulación de residuos hasta llegar a ET o CA.

Acción 9: Ejecución del Plan de Inclusión Social.

16.5.2. Listado de factores ambientales posiblemente afectados por el proyecto.

A continuación, se describen los componentes del medio físico, biológico y socioeconómico susceptibles de ser impactados por el Proyecto.

Tabla 84: Listado de factores ambientales posiblemente afectados por el proyecto.

Medio Físico	
Componente	Factor
Aire	Emisiones gaseosas y material particulado.
	Generación de olores.
	Ruido y vibraciones
Agua	Calidad de aguas subterráneas
	Calidad de aguas superficiales.
	Escurrimiento superficial
Suelo	Calidad, estructura y composición del suelo

Medio Biológico	
Componente	Factor
Fauna	Hábitats naturales y Biodiversidad
	Plagas y Vectores
Vegetación	Cobertura vegetal
Paisaje	Modificación del Paisaje
Medio Socioeconómico	
Componente	Factor
Población	Calidad de vida
	Infraestructura de servicios
	Salud
Empleo	Generación de empleo
	Condiciones de trabajo
Economía	Crecimiento económico

16.5.3. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales

Una vez identificadas las acciones del proyecto y los factores ambientales susceptibles a ser impactados por estas acciones, se procede a la realización de la matriz de impactos ambientales. En ella se evalúan las interacciones entre las acciones y los factores ambientales del proyecto identificando si surge un impacto ambiental. Estos impactos son caracterizados con una serie de atributos, los cuales están identificados con valores:

Signo (+/-): El signo positivo corresponde a un impacto de tipo beneficioso para algún factor ambiental. Por el contrario, el signo negativo corresponde a un impacto del tipo perjudicial.

Intensidad (IN): Se refiere al grado probable de destrucción sobre el factor. La valoración está comprendida entre 1 y 12, donde el 12 es el nivel más alto de destrucción (destrucción total), y el 1 es una afectación mínima.

Intensidad (IN)	
Baja	1
Media	2
Alta	3
Muy Alta	8
Total	12

Extensión (EX): Se refiere al área de influencia del impacto. La valoración está comprendida entre 1 y 10, siendo 1 una acción cuyo efecto se expresa de forma puntual, 8 si el efecto no presenta localización precisa (total) y 10 si el efecto se produce en sitios de elevada importancia ecológica.

Extensión (EX)	
Puntual	1
Parcial	2
Extenso	4
Total	8
Crítica	10

Momento (MO): Se refiere al tiempo que transcurre entre la acción y la aparición del impacto sobre el factor ambiental considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, se le asigna un valor de 8. Si el tiempo transcurrido es dentro del primer año será inmediato y le corresponderá el valor 4. Luego entre 1 y 5 años, el valor será de 2 y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años el valor será de 1.

Momento (MO)	
Largo Plazo	1
Mediano Plazo	2
Inmediato	4
Crítico	8

Persistencia (PE): Se refiere al tiempo de permanencia del efecto una vez generado el impacto. Si la persistencia del efecto tiene lugar durante menos de un año el impacto será fugaz y el valor será de 1. Si dura entre 1 y 10 será considerado temporal y el valor correspondiente será de 2. Finalmente será considerado permanente asignándole un valor de 4 cuando su duración supere los 10 años.

Persistencia (PE)	
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4

Reversibilidad (RE): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado. En otras palabras, a la posibilidad de retomar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que la acción deje de efectuarse. Si es reversible en menos de 2 años será de corto plazo y se le asigna el valor 1, si es entre 2 y 10 años se considera de medio plazo y si es reversible, el valor es de 4.

Reversibilidad (RE)	
Corto Plazo	1
Mediano Plazo	2
Irreversible	4

Sinergia (SI): Se refiere al reforzamiento de dos o más efectos simples. Se asigna una valoración de 1 cuando dicho fenómeno no se produce. Luego corresponderán los valores 2 o 4 de acuerdo a qué tan pronunciada es su magnitud.

Sinergia (SI)	
Sin sinergismo	1
Sinérgico	2
Muy Sinérgico	4

Acumulación (AC): Se refiere al fenómeno mediante el cual los efectos son incrementales progresivamente. El valor es de 1 cuando es simple y 4 cuando es acumulativo.

Acumulación (AC)	
Simple	1
Acumulativo	4

Efecto (EF): Se refiere a si la forma en que opera el efecto es directa o indirecta.

Efecto (EF)	
Indirecto	1
Directo	4

Periodicidad (PR): Se refiere a la posibilidad de ocurrencia del efecto en el tiempo, calificándose como irregular o errático con valor 1, periódico con valor 2 y continuo valor 4.

Periodicidad (PR)	
Irregular	1
Periódico	2
Continuo	4

Recuperabilidad (RC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana.

Recuperabilidad (RC)	
Recuperable inmediatamente	1
Recuperable en mediano plazo	2
Mitigable	8
Irrecuperable	10

Una vez asignado un valor a cada atributo se puede cuantificar numéricamente la importancia (I) del impacto, a través de la siguiente fórmula:

$$I = +/- (3 IN + 2 EX + MO + PE + RV + EF + RC) \quad \text{Ec. 31}$$

Para una mejor visualización de los resultados de los impactos, se han relacionado los valores numéricos con colores según la siguiente distribución.

Tipo de Impacto	Cuantificación numérica	Color
Positivos	Mayor a 0	Verde
Irrelevante	Mayor a -25	Amarillo
Moderado	Entre -25 y -50	Naranja
Severo	Entre -50 y -75	Rojo
Crítico	Menor a -75	Marrón

Los casilleros en blanco representan acciones que no producen impacto visualizable.

En la matriz también se identifican las acciones susceptibles a producir más impactos negativos, por medio de la suma de los valores de los impactos de cada acción en cada factor ambiental. Lo mismo se hace con la suma de los impactos en un mismo factor, para ver cuál será el más afectado por el proyecto.

16.5.4. Matriz de Impactos Ambientales

A continuación se muestra la matriz de los principales impactos identificados. La misma fue realizada mediante la metodología mencionada previamente.

Tabla 85: Matriz de Impactos Ambientales.

Fases del proyecto	Medio												Suma de impactos de cada acción																							
	Componente Ambiental			Físico			Biológico			Socio - económico																										
	Factor Ambiental			Acciones			Vegetación			Fauna				Paisaje			Calidad de Vida			Infraestructura de Servicios			Salud			Generación de Empleo			Empleo			Crecimiento Económico				
Construcción	Limpieza y desmonte del predio			-33			-29			-30			-63			-63			37			37			37			37			-257					
	Instalación del obrador y construcción del cerco perimetral.			-34			-29			-30			-34			-34			37			37			37			37			-91					
	Construcción/ampliación de caminos, accesos y suministro de servicios:			-56			-29			-37			-30			-33			40			37			37			37			-147					
	Movimiento de suelo			-48			-29			-37			-30			-63			40			37			37			37			-306					
	Construcción de Obra Civil y Edificios industriales.			-41			-29			-37			-30			-36			40			37			37			37			-105					
Operación	Manejo de residuos y operatoria de disposición final			-40			-39			-49			-45			-62			39			34			39			54			39			-106		
	Manejo de residuos y operatoria del área de compostaje.			-37			-40			-36			-27			-29			39			34			43			54			39			40		
	Manejo de residuos y operatoria del área de áridos.			-43			-36			-36			-36			-29			39			34			40			54			36			95		
	Manejo de residuos y operatoria del área de neumáticos			-40			-36			-36			-36			-29			39			34			40			54			36			138		
	Manejo de residuos y operatoria en la Estación de Transferencia.			-40			-39			-46			-30			-50			39			34			43			54			39			-72		
	Ejecución de actividades auxiliares.			-38			-42			-34			-29			39			34			40			54			36			203					
	Mantenimiento de los predios			-40			-24			-27			-29			39			34			40			54			36			26					
Cierre del BCA	Ejecución del servicio de recolección			-40			-23			-24			-27			54			39			43			54			39			115					
	Implementación del Plan de Inclusión Social			43			40			68			67			64			39			52			60			60			199					
	Actividades vinculadas al cierre y clausura del BCA			-373			-103			-436			-77			22			-239			-221			-62			-61			-59			-393		
Suma de los impactos de cada factor ambiental												80			362			604			552			445			729									

Las tablas de cálculos confeccionadas para la elaboración de la matriz de impacto se encuentran en el **Anexo IV**. Se han evaluado, tal como se explica en el capítulo “Metodología de evaluación de impactos ambientales”, los atributos relacionados con valores numéricos. Una vez cuantificados los atributos se ha calculado la Importancia (I) del impacto, cuyo valor numérico figura en la matriz de impactos en el capítulo anterior.

16.6. Descripción de Impactos Ambientales

Se puede observar a raíz de la matriz de impactos, que en el resultado de la sumatoria de impactos en cada factor ambiental, el que resultó más impactado es el factor **Ruido y Vibraciones**, en segundo lugar la **Modificación del Paisaje** y en tercer lugar **Emisiones Gaseosa y Material Particulado**. En cuanto a las acciones, la que mayor impacto produce es la relacionada al **Movimiento de Suelo**, en la etapa de construcción, seguida por las actividades de **Limpieza y desmonte del predio**, también durante la construcción. En cuanto a los impactos positivos, las **Actividades vinculadas al Cierre y Clausura del BCA** son las que más impactos positivos traen aparejadas. El factor **Generación de Empleo** resultó ser el que más impactos positivos traerá de todos los factores ambientales y socioeconómicos considerados. A continuación se describen los impactos ambientales más significativos evidenciados en su mayoría con color naranja o rojo en la matriz de impactos ambientales.

16.6.1. Medio Físico

16.6.1.1. Calidad del Aire

Durante la etapa de construcción, dadas las acciones de movimiento de vehículos, equipos y suelo, se generará material particulado (polvo en suspensión) que deteriora la calidad del aire. Este impacto será temporal y local.

Respecto a la alteración química del aire, la misma es propiciada por la emisión de gases de combustión (CO₂, NO_x y SO₂), producto del escape de los vehículos de recolección durante la operación y del uso de maquinaria pesada en la construcción y operación del relleno y centro ambiental, y de la estación de transferencia. Así como en el caso anterior, el impacto será puntual y temporal considerando que existe un movimiento de aire casi permanente que fomentará dispersión y dilución de los gases.

Durante la operación y mantenimiento, se pueden generar gases y olores desagradables propios de la manipulación de los residuos húmedos, tanto en el sistema de recolección como en la operación del relleno sanitario. Además, el relleno trae aparejado la generación de biogás que será venteado pasivamente, deteriorando la calidad del aire de forma local. De todas formas, estos impactos serán puntuales y temporales, con una importancia de nivel negativo medio considerando la persistencia de los vientos que asegura la rápida dispersión y dilución de los gases.

Las actividades correspondientes al cierre técnico del BCA de Ceres traerán aparejados impactos positivos sobre la calidad de aire y los olores, ya que los residuos dejarán de ser dispuestos al aire libre de forma incontrolada, lo que evita su descomposición aerobia, la dispersión de malos olores y la generación de incendios.

16.6.1.2. Ruidos y vibraciones

Dada la escasa población circundante en el área de influencia directa tanto del CA como de la ET y del BCA a cerrar, la generación de ruidos molestos provocados por el uso de maquinaria y movimiento de vehículos en la etapa de construcción y operación será de baja intensidad.

Es importante destacar que la operación se realizará de una manera controlada, respetándose los límites y normas sobre ruidos molestos al vecindario (IRAM 4062).

Respecto de las vibraciones, la mayor parte de las mismas que trasciendan fuera del predio se producirán durante la etapa de construcción. Pero dadas las características de los suelos y el tipo de operaciones a realizar, se espera un impacto bajo y negativo sobre la zona de influencia directa. Durante la etapa de operación, la circulación de los vehículos recolectores y la actividad de la maquinaria generará cierto nivel de vibraciones, pero no es esperable que estas sean de consideración si se respetan las reglas establecidas en el PGAS más adelante en el documento.

16.6.1.3. Calidad de Agua Superficial y Escurrimientos.

Dado a que no existen cuerpos de agua superficiales permanentes en las cercanías de ninguno de los predios, no se espera que se generen deterioros en la calidad de agua de ningún cuerpo superficial,

Sin embargo, la adecuación de caminos, las actividades de construcción y operación, el uso de equipos, la instalación del el obrador, la excavación, y el manejo de residuos, constituyen acciones que pueden afectar el escurrimiento y el drenaje de las aguas superficiales, como las aguas de lluvia. La modificación en los perfiles de escurrimiento y drenaje de las aguas superficiales, provocan alteraciones en el drenaje natural de los pluviales, lo que, de no ser controlados e integrados adecuadamente al diseño natural del sector, puede que se generen procesos de erosión que pongan en riesgo las instalaciones y degraden el paisaje.

Por otro lado, el material sobrante producto de los movimientos de suelos y construcción, si no se planifica de antemano un sitio de acopio apropiado, es probable que obstruya el flujo normal de drenajes pluviales naturales, potenciando los procesos mencionados anteriormente.

16.6.1.4. Calidad de Agua Subterránea

Las actividades relacionadas al cierre técnico del basural generarán un impacto positivo sobre las aguas subterráneas, ya que la generación de lixiviados irá disminuyendo progresivamente, lo que provoca una mejora en la calidad del agua subterránea.

En la etapa de construcción y operación y mantenimiento, los recursos hídricos subterráneos pueden ser afectados por pérdidas o derrames de combustibles de algún vehículo ocurridos por eventuales reparaciones, o bien en la etapa de funcionamiento del CA y ET por una deficiente gestión en el manejo de residuos lo que generará lixiviados que pueden terminar impactando directamente sobre el agua subterránea. Dado a que el relleno estará impermeabilizado, no se espera que ocurran filtraciones a las napas siempre y cuando se respete el su correcto funcionamiento.

16.6.1.5. Calidad, Estructura y Composición del Suelo

Durante la etapa de construcción, el suelo será removido por los movimientos que se realizarán durante la construcción, como la adecuación de caminos, la circulación de maquinarias, la operación de equipos, transporte de materiales, construcción de obra civil, etc.

Por su parte, la circulación de maquinarias, que incluye movimientos de equipos y vehículos del personal de obra durante la construcción y la circulación de vehículos recolectores durante la operación, puede afectar por compactación el suelo circundante del área. El tránsito vehicular puede generar pequeñas pérdidas de lubricantes y combustibles alterando la calidad de los suelos.

El inadecuado manejo de residuos de obra (trapos, restos de cables, etc.), además de los residuos de tipo domiciliario generados en el obrador pueden incidir negativamente sobre la calidad y composición del suelo.

Durante la Etapa de Operación y Mantenimiento el control del funcionamiento de los equipos requiere de la presencia de personal en forma permanente ya que una inadecuada gestión de los residuos puede afectar la calidad del suelo del predio y el de los alrededores.

En cuanto al cierre técnico del basural, las acciones traerán impactos positivos en el factor suelo dado a que se suspenderá la disposición de residuos sobre el mismo, evitando su contaminación con lixiviados y residuos peligrosos.

16.6.2. Medio Biológico

16.6.2.1. Vegetación

Debido a que el área de influencia se encuentra muy modificada principalmente por actividades agropecuarias, el impacto negativo más significativo que puede sufrir la flora circundante gracias a las actividades de construcción es la remoción de la vegetación, producido por los desbroces que se realicen en la zona de construcción.

Por otro lado, la circulación de maquinarias y vehículos fuera de las áreas contempladas en el proyecto puede provocar la afectación de la vegetación circundante, tanto en la etapa de operación como de construcción, si no existe una planificación previa de los movimientos de sus maniobras.

Se estima que el impacto potencial sobre la vegetación, si bien es puntualmente alto ya que se elimina la cobertura vegetal en su totalidad, tiene un valor negativo moderado a bajo, previendo que los desbroces proyectados serán los mínimos y necesarios y se ajustarán a las dimensiones planificadas.

Como impactos potenciales y menos probables, se pueden mencionar las pérdidas de combustibles y de aceites e inadecuada disposición de efluentes cloacales. Los mismos afectarían al suelo y a la vegetación.

16.6.2.2. Fauna

Las actividades de construcción, operación y mantenimiento podrían producir un abandono temporario de la fauna del área, en especial aves o roedores que habitan la zona donde se presenta mayormente la vegetación, ya que es esperable que los animales se alejen del lugar en el momento en que éste sea perturbado y vuelvan al mismo, cuando las condiciones les sean favorables.

El incremento del nivel sonoro, las vibraciones y la presencia de vehículos y maquinarias, tanto en la zona como en los recorridos de los camiones recolectores, puede provocar el abandono del área por parte de las especies.

Dentro de los impactos potenciales menos probables de que ocurran, es posible que la afectación directa de la fauna por un inadecuado manejo de residuos del tipo que permite el acceso de la fauna a los mismos al ser considerados como fuentes de alimento.

En lo que respecta a las plagas y los vectores, las actividades de cierre del actual basural reducirán significativamente la cantidad de plagas y vectores presentes en los residuos. Por otro lado, la construcción y operación del Centro Ambiental y ET reducirán significativamente la proliferación de estos animales.

Por último, existe la probabilidad de afectación indirecta por contacto con suelo o vegetación contaminados con combustibles, lubricantes, grasas, etc., y la afectación directa por accidentes vehiculares o con la maquinaria.

La extensión espacial del impacto será zonal ya que la circulación de maquinarias en los alrededores del predio ocasionará la huida de animales a otros sitios; y será temporal, ya que, una vez terminadas las tareas, los impactos cesan.

16.6.2.3. Paisaje

Durante la etapa de construcción, se considera que todas las acciones de obra, afectará de manera temporal y puntual el paisaje del área de influencia directa del Proyecto, ya que teniendo en cuenta la circulación de maquinarias, operación de equipos y transporte de materiales, y el obrador, estas son actividades que constituyen elementos fundamentales que promueven la modificación temporal del paisaje.

En la etapa de operación y mantenimiento, durante el funcionamiento, se debe tener en cuenta que la visualización del Centro Ambiental y de la Estación de Transferencia establece una modificación permanente al paisaje circundante, característica inevitable en este proyecto.

Por otro lado, al realizarse una gestión integral de residuos de manera controlada, no existirá dispersión de los mismos lo que mejora las condiciones actuales del paisaje y la percepción del entorno por parte de la población, sobre todo en el BCA a cerrar.

16.6.3. Medio Socioeconómico

16.6.3.1. Calidad de vida

Se prevé que la población circundante al área de influencia directa del proyecto pueda verse afectada en sus actividades cotidianas durante la construcción, ya que en esta etapa se incrementará la cantidad de personas, y sobre todo la circulación de camiones y equipamiento, lo que implica un aumento del nivel sonoro y un deterioro temporal de la calidad del aire. Se considera que la importancia del impacto es negativa, indirecta y moderada considerando la poca población cercana a los predios.

Por otro lado, las actividades correspondientes al cierre técnico del BCA traerán aparejados impactos positivos sobre la calidad de vida de la población al mejorarse la gestión de residuos actual y el entorno del predio. Las actividades correspondientes a las mejoras en el sistema actual de gestión de residuos traerán aparejados importantes impactos positivos sobre la calidad de vida de la población al mejorarse la gestión, el sistema de recolección, el control de gases, olores, ruidos, polvos, dispersión de residuos, plagas y vectores.

Durante la etapa de operación y mantenimiento, se considera que el funcionamiento del centro ambiental traerá aparejado numerosos y significativos beneficios ambientales y sociales.

16.6.3.2. Infraestructura de Servicios

En la etapa de operación y mantenimiento, las actividades de operación tanto del Centro Ambiental de Ceres, como la ET se consideran de impacto positivo, dado a que se mejorará sustancialmente el servicio de recolección de residuos y de higiene urbana.

16.6.3.3. Salud

Las nuevas instalaciones que permitirán recuperar, reciclar y revalorizar parte de los RSU generados, con personal con la vestimenta y equipamiento adecuados, y con la correcta capacitación para la operación, generará una mejora significativa en la población de recuperadores urbanos.

Por otro lado, el plan de comunicación que forma parte del proyecto, contribuirá a la educación ambiental de la población en general, favoreciendo las buenas prácticas ambientales que podrían tener un impacto positivo en la salud de la población en general.

16.6.3.4. Generación de empleo

Durante la construcción y durante el cierre del BCA, se prevé la priorización de la contratación de mano de obra local, constituyendo este un impacto positivo, aunque de carácter temporal.

En la etapa de operación y mantenimiento se generará un incremento en la demanda de horas hombre a nivel operativo tanto para su operación como para su mantenimiento. Se priorizará que los puestos a cubrir tanto en el Centro Ambiental como en la Estación de Transferencia y el sistema de recolección, sean cubiertos por los recuperadores urbanos actuales.

16.6.3.5. Condiciones de trabajo

El funcionamiento del Centro Ambiental y de la Estación de Transferencia traerá aparejadas mejoras importantes en las condiciones de trabajo de los recuperadores urbanos que se encuentran actualmente trabajando en los basurales a cielo abierto de la región,

mediante la aplicación del Plan de Inclusión Social. Esto es debido a que no tendrán contacto directo con los residuos, se les proveerá un sueldo fijo, vestimenta y elementos de protección personal, vacaciones y capacitaciones para que puedan realizar tareas específicas dentro del CA o la ET.

16.6.3.6. Crecimiento económico

La economía local se verá beneficiada en la etapa de construcción por la posibilidad de un incremento de intercambio comercial para abastecer los requerimientos logísticos de la obra, compra de materiales, servicios, etc. El balance del impacto se estima como positivo, ya que el Proyecto en sí mismo se considera beneficioso para la actividad socioeconómica del área, en particular por el requerimiento de distintos servicios.

En la etapa de operación y mantenimiento se generará un incremento en la demanda de servicios. En este sentido se considera que la importancia del impacto asociado a la operación y mantenimiento del proyecto alcanza un valor positivo.

16.6. Análisis de Riesgos

A continuación, se muestran los resultados del análisis de riesgos para las etapas de construcción, operación y cierre del Proyecto. Para sistematizar y llevar a cabo la identificación de riesgos y su valoración, se utilizaron matrices para clasificar los niveles de los riesgos y para clasificar su probabilidad de ocurrencia. Mediante la combinación de matrices se obtuvo la matriz de evaluación de riesgos. Se han considerado tres variables:

- Probabilidad de ocurrencia del riesgo
- Consecuencia del riesgo
- Severidad del riesgo

A cada variable se le ha asignado un rango de probables valores:

Tabla 86: Valoración de las variables para el análisis de riesgo

Probabilidad	Baja	Media	Alta		
	2	5	10		
Consecuencia	Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino		
	2	5	10		
Severidad	Menor	Temporal	Permanente	Fatal	Catastrófico
	2	4	5	8	10

Se han identificado dos conjuntos de riesgos, exógenos y endógenos. Los exógenos son los que tienen origen en fenómenos naturales como antrópicos, que pueden afectar la construcción y operación del proyecto. Los endógenos son los que derivan de la ejecución del mismo y pueden afectar a la comunidad y al medio ambiente en general.

En cuanto a los riesgos endógenos, se identificaron riesgos por fallas estructurales, daño o deterioro de equipos, incendios accidentales, derrames de HC u otras sustancias y errores humanos. En caso de materializarse el riesgo, podría afectarse tanto los predios del proyecto (CA, ET y BCA), como, en casos más severos, las áreas vecinas.

En cuanto a los riesgos exógenos, se identificaron riesgos por incendios naturales, inundaciones, suspensión de servicios públicos e interrupción de vías o accesos.

En la siguiente matriz se muestran los riesgos endógenos y exógenos, con los valores asignados a cada variable.

Tabla 87: Matriz de riesgos.

Etapa de construcción				
Variables		Probabilidad	Consecuencia	Severidad
Riesgos endógenos	Fallas estructurales	2	2	4
	Daño o deterioro de equipos	2	2	4
	Errores humanos	2	5	4
Riesgos exógenos	Inundaciones	5	5	4
	Incendios	2	5	8
	Suspensión de servicios públicos	2	2	4
	Interrupción de vías o accesos	2	2	4
Etapa de Operación				
Variables		Probabilidad	Consecuencia	Severidad
Riesgos endógenos	Fallas estructurales	2	5	4
	Daño o deterioro de equipos	2	5	4
	Errores humanos	2	5	4
Riesgos exógenos	Inundaciones	5	5	4
	Incendios	2	5	8
	Suspensión de servicios públicos	2	5	4
	Interrupción de vías o accesos	2	5	4

16.7. Plan de Mitigación

Luego de haber identificado los impactos negativos según su importancia, se debe determinar qué impactos pueden evitarse, cuáles pueden ser reducidos y aquéllos que no podrán prevenirse ni minimizarse. Las medidas de mitigación son las acciones que se aplican al proyecto con el objetivo de generar una presión benéfica sobre el medio. Estas medidas se pueden clasificar en:

- **Medidas de prevención:** son aquellas medidas que apuntan al diseño del proyecto, ubicación, tecnología a emplear, etc.
- **Medidas de reducción/correctoras/de atenuación:** buscan corregir los impactos cuando se está construyendo y/u operando el proyecto. Apuntan a anular, atenuar, corregir o modificar las acciones y efectos sobre los procesos productivos, los elementos que se utilizan, las condiciones de funcionamiento, los factores del medio como agentes transmisores y/o receptores, etc.
- **Medidas de compensación:** éstas se aplican cuando hay impactos inevitables e irreversibles, pero reemplazables. Al no poder evitar, anular o atenuar un impacto, se

busca contrapesar esa alteración realizando una acción que genere un efecto positivo comparable.

A continuación se presentarán medidas que permitan evitar, reducir o compensar los impactos negativos con niveles de importancia medios a altos.

Tabla 88: Medida de Mitigación N°1

Medida 1	
Componente: Atmósfera - Ruido	
Impacto a prevenir, controlar, corregir	Generación de ruido
Etapas	Construcción, Operación
Acciones	Todas las tareas que involucren manipulación de maquinaria y equipamiento.
Tipo de medida	De reducción/atenuación
Objetivo	Disminución de la generación de ruido
Descripción	<p>Se realizarán las actividades preferentemente en horarios laborales, respetando los horarios fijados por la normativa vigente para realizar aquellas actividades que puedan generar ruidos molestos u otros efectos que impacten en la calidad de vida de los trabajadores y vecinos.</p> <p>Los trabajadores utilizarán equipos de protección personal para evitar el deterioro de sus órganos auditivos.</p> <p>Se establecerá una superficie perimetral al sitio, contigua al cercado perimetral, sobre la cual se realizarán tareas de forestación/ parquización a modo de cortinas para disminuir el ruido y los malos olores.</p>

Responsable de aplicación	Contratista y operador
Monitoreo	Medición periódica del ruido en obra y en operación.

Tabla 89: Medida de Mitigación N°2

Medida 2	
Componente: Atmósfera - Calidad del aire	
Impacto a prevenir, controlar, corregir	Emisión de gases contaminantes, material particulado y levantamiento de partículas de polvo.
Etapas	Construcción, Operación
Acciones	Limpieza y desmonte del predio Movimiento de suelo Manejo de residuos y operatoria de disposición final. Manejo de residuos y operatoria en la ET. Actividades vinculadas al cierre y clausura del BCA.
Tipo de medida	De reducción/atenuación
Objetivo	Disminución de la cantidad de gases emitidos a la atmósfera y control de la dispersión de gases y material particulado.
Descripción	En la etapa de construcción, se evaluará el sentido de los vientos cuando se realicen las obras que impliquen producción de polvo y contaminantes aéreos, suspendiendo las actividades cuando el viento vaya en sentido a las áreas con pobladores.

	<p>Se controlarán los equipos y las máquinas periódicamente para verificar que no se produzca una emisión anormal elevada de gases.</p> <p>Se instalarán en el CA y en la ET dispositivos de medición de los niveles de material particulado, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono.</p> <p>Se deberá diseñar, construir, operar y mantener un sistema de extracción pasivo de los gases generados en el relleno sanitario.</p> <p>En la medida de lo posible se regarán los caminos de tierra (de acceso) con el fin de reducir el levantamiento de polvo.</p>
Responsable de aplicación	Contratista y operador
Monitoreo	Medición periódica de gases en la fábrica

Tabla 90: Medida de Mitigación N°3

Medida 3	
Componente: Suelo - Calidad y Estructura	
Impacto a prevenir, controlar, corregir	Impactos negativos menores, temporales y dispersos sobre la calidad y la estructura del suelo debido a la generación de efluentes y residuos.
Etapas	Construcción, Operación
Acciones	Todas las tareas que involucren la generación de efluentes o residuos y todas las tareas que involucren el uso de maquinaria que requiera aceites/combustibles/lubricantes.

Tipo de medida	De reducción/atenuación
Objetivo	Minimizar los impactos sobre la calidad y estructura del suelo.
Descripción	<p>Se establecerán estrictos controles sobre el correcto cambio de aceite y surtido de combustible de las maquinarias. Se dispondrá un sitio común para carga de combustibles y cambio de lubricantes de la maquinaria, constituido por una platea de hormigón con canaleta y cámara perimetral..</p> <p>Se establecerá un programa de gestión de residuos, que incluya los residuos peligrosos generados en obra o en el mantenimiento de equipos y maquinaria, que asegure su tratamiento y disposición final de acuerdo con la normativa vigente.</p> <p>Se hará una verificación mensual del correcto funcionamiento de maquinaria de construcción para evitar derrames.</p> <p>Se establecerá un plan de contingencias ambientales en donde se establezca un procedimiento de contención de derrames mayores.</p> <p>Previo al cierre y abandono de las instalaciones y sitios de obra, el Contratista deberá realizar un Informe sobre la condición de los suelos como resultante de la construcción de la obra y en los casos necesarios, deberá señalar los métodos de remediación de las afectaciones producidas y los resultados esperados a mediano plazo para la</p>

	restauración de los suelos.
Responsable de aplicación	Contratista y Operador
Monitoreo	Vigilancia en el uso de la maquinaria

Tabla 91: Medida de Mitigación N°4

Medida 4	
Componente: Socioeconómico - Salud del personal	
Impacto a prevenir, controlar, corregir	Deterioro de la salud del personal
Etapas	Construcción, Operación
Acciones	Todas las tareas que involucren al personal de obra o de operación/administración.
Tipo de medida	De prevención
Objetivo	Evitar lesiones, accidentes o deterioros en la salud del personal de obra, de operación y de administración.
Descripción	<p>Se capacitará a todos los empleados en el uso de elementos de protección personal, manipulación de equipos y actividades para prevenir accidentes.</p> <p>Se deben señalar correctamente las áreas de trabajo en la obra con conos y cintas de seguridad, como también carteles indicadores con medidas de precaución.</p> <p>Se elaborará semestralmente durante la operación un análisis de riesgos en la salud del personal.</p>

	Se deberá reglamentar los horarios de comidas y descansos y estará prohibido consumir bebidas alcohólicas durante la jornada normal de trabajo
Responsable de aplicación	Contratista y operador
Monitoreo	Se realizará un conteo mensual de los accidentes, lesiones e imprevistos en la jornada laboral.

Tabla 92: Medida de Mitigación N°5

Medida 5	
Componente: Fauna y Flora	
Impacto a prevenir, controlar, corregir	Atropellamiento de fauna con camiones y maquinaria y proliferación de plagas, vectores o especies no deseadas como roedores. Eliminación de la vegetación por desbroce.
Etapas	Construcción, Operación
Acciones	Todas las tareas que involucren movimiento de maquinaria. Manejo de residuos y operatoria de disposición final.
Tipo de medida	De reducción/atenuación
Objetivo	Minimizar los atropellamientos a la fauna y la proliferación de plagas y vectores. Evitar la eliminación de especies arbóreas.
Descripción	Se deberá realizar la desinfección de plagas, previamente al movimiento de suelos en la etapa constructiva. Se evitará dejar residuos descubiertos que favorezcan la reproducción de insectos y plagas.

	<p>Se deberá gestionar los residuos generados por las acciones de desinfección, controlando que la empresa responsable de la actividad proceda al retiro de los recipientes utilizados.</p> <p>Con respecto a los roedores, se utilizará control con cebos debidamente protegidos de la fauna silvestre para evitar envenenamientos no deseados.</p> <p>Con respecto al atropellamiento de fauna, los conductores de camiones y otras maquinarias deberán respetar la velocidad máxima de los caminos a la fábrica, deberán tener prendidas las luces bajas en todo momento, y en caso de avistaje de algún animal herido, se deberá informar a las autoridades.</p> <p>Se prohibirá la extracción de especies de la flora nativa que se ubiquen fuera de la zona de obra y operaciones. Las especies arbóreas que se encuentran dentro de la zona de obra y operaciones que requieran ser extraídas, se reubicarán en la medida de lo posible y en caso de no poderse, serán reemplazadas por ejemplares de especies autóctonas a razón de tres por cada ejemplar extraído.</p> <p>Se realizarán trabajos de revegetación en general, en forma perimetral al relleno y otras instalaciones</p>
Responsable de aplicación	Contratista y Operador
Monitoreo	Vigilancia en el uso de la maquinaria. Desinfección y desratización periódica.

Tabla 93: Medida de Mitigación N°6

Medida 6	
Componente: Agua superficial y subterránea	
Impacto a prevenir, controlar, corregir	Contaminación de agua superficial y subterránea. Modificación en el escurrimiento natural.
Etapas	Construcción, Operación
Acciones	Todas las actividades que involucren la generación de efluentes, residuos y el manipuleo de materiales.
Tipo de medida	De reducción/atenuación
Objetivo	Minimizar las modificaciones de los escurrimientos superficiales debido a los movimientos del suelo y materiales. Prevenir la contaminación del agua.
Descripción	<p>Acopiar los materiales en forma temporaria sin que éstos interfieran sobre los sistemas de drenajes pluviales o el normal escurrimiento de las aguas superficiales.</p> <p>Se deberá prever la existencia de un sistema de drenajes o escurrimientos alternativos para evitar embancamientos o inundaciones en áreas no deseadas donde se estará realizado la construcción de las instalaciones.</p> <p>Se deberá desarrollar un sistema de recolección y extracción de líquido lixiviado generado en el relleno, el cual deberá ser tratado en una planta de tratamiento de forma tal que el efluente resultante cumpla con los límites de vertido fijados por la autoridad competente.</p>

	Se minimizará el área con RSU expuestos y se implementarán bermas que separen aguas pluviales de los lixiviados.
Responsable de aplicación	Contratista y Operador
Monitoreo	Monitoreo de la calidad del agua subterránea

16.8. Plan de Gestión Ambiental y Social

El Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) se estructura como una herramienta que sintetiza los objetivos y metas de los programas a implementar para impulsar acciones dirigidas a la protección del medio ambiente y prevenir la contaminación durante la etapa de construcción y operación del Proyecto. Deberá asegurar el cumplimiento de la legislación ambiental y garantizar el control de los requisitos ambientales establecidos, así como también, la gestión de cualquier incidente o emergencia de carácter ambiental.

La forma establecida para gestionar los impactos tiene como eje la implementación de programas de manejo. Estos se estructuran en torno a cada actividad de la obra y a los componentes del medio que se afectan, usando como marco la normativa legal vigente. Cada programa especifica objetivos, medidas a implementar, y resultados esperados, como así también los momentos de implementación de éstas y los responsables a cargo. Para el diseño de estas medidas se tomaron en cuenta los impactos recurrentes y generales en las obras. Para lograr el cumplimiento de las medidas de mitigación mencionadas anteriormente se desarrollan los siguientes programas:

- Programa de Seguimiento, Monitoreo y Vigilancia ambiental
- Programa de Mantenimiento
- Programa de Seguridad e Higiene Laboral
- Programa de Participación Técnico-Ambiental
- Programa de Contingencias
- Programa de Gestión de Quejas y Reclamos

A continuación se desarrollan cada uno de los programas mencionados.

16.8.1 Programa de Seguimiento, Monitoreo y Vigilancia Ambiental

El Programa de Seguimiento, Monitoreo y Vigilancia Ambiental (PSMVA) tiene el fin de asegurar la correcta materialización del proyecto, incluyendo su construcción, operación y cierre, como así también el óptimo funcionamiento de los sistemas de gestión, la pronta detección de fallas de estos sistemas y la prevención de ocurrencia de situaciones de emergencia. Apunta a controlar y garantizar el cumplimiento de las medidas de mitigación; y salvaguardar los componentes ambientales potencialmente afectados por el proyecto; como también salvaguardar la salud de los empleados y personas vinculadas al proyecto, a través de la promoción de un lugar de trabajo libre de accidentes.

Sus objetivos específicos son:

- Controlar y garantizar el cumplimiento de las medidas de mitigación, protección y prevención de impactos negativos del proyecto.
- Realizar un seguimiento periódico de los distintos factores ambientales con el fin de establecer la afectación de los mismos en etapas tempranas que permitan la implementación de medidas correctivas no consideradas o modificaciones de las ya establecidas

Las principales actividades de Monitoreo, Seguimiento y Vigilancia Ambiental serán:

- La medición y monitoreo del ruido laboral, en obra y en operación.
- El monitoreo de las aguas subterráneas y sólo en caso de corresponder el de las aguas superficiales que pudieran verse afectadas por el proyecto. Los parámetros a medir y las frecuencias de muestreo, son las presentadas a continuación:

Tabla 94: Parámetros para monitoreo de Aguas Subterráneas y Superficiales

Conductividad	Nitrogeno Amoniacal	Potasio	Manganeso
Color	Sulfatos	Fosfatos	Niquel
pH	Alcalinidad total	Hierro Total	Plomo
Cloruros	Dureza total	Cobre	Arsénico
Turbidez	Calcio	Cadmio	Cianuro
DQO	Magnesio	Zinc	Mercurio
Nitrogeno total	Sodio	Cromo Total	

Tabla 95: Frecuencia para monitoreo de Aguas Subterráneas y Superficiales

Aguas Arriba	
Desde 6 meses antes de la operación del relleno hasta la clausura	Trimestralmente
Durante los 2 años posteriores a la clausura	Semestralmente
Aguas Abajo	
Desde 6 meses antes de la operación del relleno hasta la clausura	Trimestralmente
Durante los 2 años posteriores a la clausura	Semestralmente.

- Monitoreo trimestral de emisiones gaseosas en el relleno sanitario. Se tomarán 2 muestras por campaña con frecuencia trimestral en los sistemas de venteo durante la operación, semestral durante la clausura y anualmente en la post-clausura del relleno, a excepción del metano y el Dióxido de Carbono que serán monitoreados mensualmente. Los parámetros a medir se muestran a continuación:

Tabla 96: Parámetros para monitoreo de gases

Metano	Benceno
Dióxido de carbono	Tolueno
Sulfuro de hidrógeno	Xileno
Tricloroetileno	Etilbenceno
Oxígeno	Cinética de emisiones: Velocidad, temperatura, humedad y caudal volumétrico.

- Monitoreo trimestral de calidad de aire durante la operación del proyecto, tanto en el CA, como en la ET. Los parámetros a medir son:

Tabla 97: Parámetros para monitoreo de Calidad de Aire

Monóxido de carbono	Tolueno
Material particulado en suspensión	Xileno

(PM10)	
Sulfuro de hidrógeno	Etilbenceno
Tricloroetileno	Benceno

- El monitoreo de la planta de tratamiento de lixiviados estará a cargo de la gestión de la planta de tratamiento de efluentes, al lado del predio del CA.
- En caso de detectarse alguna alteración en la calidad o contaminación ya sea en el agua superficial como subterránea, como producto del monitoreo y evaluación de resultados llevados a cabo, se prevé realizar los correspondientes muestreos y análisis de suelo, definiéndose en dicha oportunidad los parámetros físicos, químicos y biológicos a determinar en función del tipo de alteración o contaminación registrada en los mencionados recursos; debiéndose cumplimentar dichos análisis con la propuesta y ejecución de un programa de remediación de suelos acorde a la necesidad planteada.

Con el objeto de controlar la correcta implementación de las recomendaciones y procedimientos establecidos en el PSMVA se prevé el desarrollo de auditorías programadas y no programadas frecuentes que involucren la totalidad de las instalaciones y actividades en los predios / zonas de influencia, tendientes a verificar el correcto estado ambiental de los componentes potencialmente afectados y el cumplimiento de lo pautado en el Programa.

16.8.2. Programa de Mantenimiento

El Programa de Mantenimiento está referido a las acciones a considerar desde las etapas de construcción de la infraestructura operativa, hasta la operación propiamente dicha. Tiene como objetivo el control del estado de las instalaciones dentro de los predios, los depósitos, las máquinas, los vehículos, equipos y otros elementos cuya falta de mantenimiento pueda dar lugar a problemas ambientales con impactos potenciales, como por ejemplo incendios, derrames de efluentes o residuos, etc.. Las actividades de mantenimiento de equipos se realizarán una vez por mes por personal cualificado en el uso y funcionamiento de dichos equipos.

Los objetivos específicos de este programa son:

- Realizar los mantenimientos preventivos de los equipos, según cada caso en particular, siempre ajustados a las instrucciones del fabricante en cada etapa de su vida útil.

- Efectuar las reparaciones, con repuestos y materiales de calidad indicados por el fabricante, así como también respetar el manual de servicios periódicos propuesto por el fabricante, atendiendo especialmente a las recomendaciones del tipo de combustibles, lubricantes y filtros a utilizar.

16.8.3. Programa de Seguridad e Higiene Laboral

El objetivo del Plan de Seguridad e Higiene Laboral es reducir los riesgos de trabajo o laborales durante las distintas fases del proyecto.

Los objetivos específicos del Programa son:

- Cumplir con las leyes de seguridad, higiene y salud ocupacional nacional, provincial y municipal/comunal.
- Establecer un procedimiento de seguridad, higiene y salud ocupacional para los contratistas y trabajadores del proyecto.
- Proporcionar información al personal afectado a la construcción sobre seguridad, higiene y salud ocupacional.
- Controlar y verificar que los riesgos de las actividades desarrolladas
- Capacitar a todo el personal involucrado en el proyecto en lo relacionado con medida de prevención de seguridad, higiene y salud ocupacional,
- Dar respuesta a situaciones como accidentes que afecten a las personas.

El personal que trabajará en las etapas de Construcción, Operación y Mantenimiento del proyecto deberá estar provisto con indumentaria y protección contra el frío y la lluvia. Además deberá contar con el uso de casco, zapatos de seguridad, indumentaria de trabajo, guantes, etc. Se debe prever que, si las características de los materiales a almacenar y manipular son inflamables, se deberá contar con los elementos adecuados para la lucha contra incendio, tomando los recaudos necesarios a fin de evitar cualquier tipo de inconvenientes.

Se deberá delimitar y señalizar las áreas de trabajo de acuerdo a la normativa correspondiente con la finalidad de generar las condiciones de seguridad a trabajadores y pobladores. Por último, se capacitará y concientizará al personal operativo de la fábrica, con los aspectos básicos de protección ambiental, así como de seguridad industrial y salud ocupacional.

16.8.4. Programa de Participación Técnico-Ambiental

Tanto los contratistas como los operarios deben ejecutar su trabajo conforme a la normativa vigente y en particular en relación con las normas de calidad ambiental. Durante la ejecución de todas las etapas del Proyecto, es importante que el personal involucrado tenga todos los conocimientos ambientales indispensables para ayudar a evitar los impactos.

En el marco de este programa se realizarán capacitaciones ambientales en donde se difundirán los contenidos del Plan de Gestión Ambiental y Social y sus programas. Cabe recalcar que se debe mantener un programa de capacitación constante.

16.8.5. Programa de Contingencias

El Programa de Contingencias es el conjunto de actividades, acciones y procedimientos a desarrollar en caso de presentarse la ocurrencia de un evento atípico, ya sea de origen natural como antrópico, capaz de causar efectos adversos de importancia sobre alguno de los componentes del Proyecto, buscando restablecer en el menor tiempo posible el funcionamiento normal del sistema después del mismo. Este programa surge a partir del análisis de riesgos realizado en el apartado 15.6. “Análisis de Riesgos”, en este mismo documento.

Se tendrán en cuenta aspectos tales como cantidad de personal, características de los sistemas de alarma y comunicación, procedimientos de respuesta, equipos y materiales necesarios, requerimientos de capacitación y entrenamiento, seguimiento y evaluación de los incidentes.

Los objetivos específicos del plan son:

- Proteger la salud (pública y ocupacional) de la población afectada, así como la calidad del ambiente, y reducir los daños y pérdidas que puedan ocasionar eventuales contingencias.
- Generar una herramienta de mitigación, control y respuesta a posibles contingencias que puedan afectar negativamente alguno de los componentes del Proyecto, a lo largo de toda su vida útil y diferentes etapas del mismo, de modo de responder con la mayor agilidad, eficacia y seguridad ante la ocurrencia de dichos eventos.

Entre las actividades a realizar frente a una contingencia se encuentran:

- Establecer y mantener activo un sistema de alarma para todas las instalaciones del predio.
- Elaborar un plan de evacuación del personal en caso de emergencias.

- Realizar simulacros anuales con el fin de que todo el personal conozca el procedimiento a seguir en caso de un derrame.
- Elaborar protocolos de actuación (Planes de Actuación) por tipo de riesgo o contingencia identificada.
- Revisar anualmente dichos protocolos, con el fin de comprobar el avance en la implementación de las actividades y el cumplimiento de las responsabilidades
- Realizar un inventario del equipamiento y disponibilidad de recursos destinados a gestionar las contingencias, el cual deberá actualizarse trimestralmente a fin de contar con dichos recursos al momento que se presente una emergencia

16.8.6. Programa de Gestión de Quejas y Reclamos

El Proyecto establecerá un mecanismo para la recepción y gestión de opiniones, consultas, sugerencias, quejas, reclamos, y la resolución de conflictos. Dada una consulta, sugerencia o reclamo, se derivará al organismo correspondiente, dependiendo de la naturaleza y contenido del contacto, quien deberá hacer un seguimiento y monitoreo de la respuesta, en términos de que sea oportuna y satisfactoria. La respuesta se realizará dentro de las 72 hs hábiles de recibido el reclamo, y si se requieren tiempos mayores para elaborar respuestas adecuadas, se especificará el tiempo necesario para ello.

Los reclamos se manejarán por canales fácilmente accesibles, con el fin de responder a las necesidades y preocupaciones de las partes afectadas por el proyecto. El mecanismo también deberá permitir que se planteen y se traten quejas confidenciales y anónimas.

Si la respuesta no fuese satisfactoria, se promoverá la adopción voluntaria de procedimientos alternativos, como la mediación o el arbitraje, en forma previa a la resolución por vía judicial. En los casos en los que no sea posible evitar conflictos, deberá promover la negociación y esforzarse en alcanzar la resolución del mismo de forma que todos los actores involucrados se vean beneficiados con la solución.

16.9. Conclusiones del Estudio de Impacto Ambiental

La construcción y puesta en funcionamiento del proyecto para la separación y tratamiento de residuos, supone impactos ambientales positivos y negativos. El principal impacto positivo se verá reflejado en la rehabilitación del entorno urbano en torno al actual

basural a cielo abierto en Ceres. Las actividades correspondientes a las mejoras del sitio traerán aparejados importantes impactos positivos sobre la calidad de vida de la población al mejorarse la gestión y sistema de recolección de residuos. Además, las mejoras del entorno del predio, y el control de gases, olores, ruidos, polvos, dispersión de residuos, plagas y vectores, también traerán aparejados beneficios en la calidad de vida de la población aledaña.

Otro aspecto fundamental positivo es la mejora en la calidad de vida de los actuales recuperadores urbanos, ya que el Plan de Inclusión Social establecido durante la etapa de operación y mantenimiento, establece la posibilidad de mejorar, entre otros aspectos, el trabajo de los mismos.

La mayor cantidad de interacciones con el medio ambiente ocurrirán durante la etapa de construcción, ya que en esta fase ocurren la mayor cantidad de actividades que requieren la modificación de las condiciones previas al proyecto. Con respecto a la etapa de Operación y Mantenimiento, si bien las acciones a desarrollar disminuyen, las mismas se mantendrán a lo largo de los 20 años de vida útil del proyecto. Particularmente en esta etapa, los efectos se manifestarán sobre el Medio Socioeconómico debido a los beneficios directos que recibirá la población como consecuencia del funcionamiento del relleno sanitario (empleo, calidad de vida y salud pública, demanda de insumos y servicios), como así también preservará para las futuras generaciones el medio ambiente natural y sus recursos.

No se espera que ocurran impactos críticos negativos en ninguna de las etapas consideradas en el proyecto, aunque sí algunos impactos moderados o altos, sobre todo durante la etapa de construcción, como por ejemplo la emisión de gases de combustión por el uso de vehículos y maquinarias, el aumento temporal del ruido, la remoción de cobertura vegetal en ciertas áreas, etc. Además, uno de los principales impactos de la etapa de operación será la modificación permanente del paisaje.

En resumen, se considera que el proyecto conlleva significativos impactos positivos y algunos impactos negativos, cuya minimización y mitigación requiere operatorias y controles específicos, los cuales son detallados en el Plan de Mitigación y el Plan de Gestión Ambiental y Social; como así también requiere del compromiso, control y asignación de recursos a largo plazo por parte del Municipio de Ceres y las comunas involucradas. Asimismo, se requiere del fortalecimiento de las acciones de comunicación, concientización y sensibilización de la comunidad, tal de articular las necesidades de separación en origen por parte de los generadores para su adecuada gestión. Cabe considerar que este EIA se ha realizado

considerando que el futuro funcionamiento del Centro Ambiental y Estación de Transferencia será óptimo, respetando lo establecido en el diseño del proyecto.

De acuerdo a lo analizado precedentemente, este proyecto resulta **compatible y viable desde el punto de vista ambiental**, siempre y cuando los efectos negativos identificados sean convenientemente prevenidos o mitigados de acuerdo a las pautas establecidas en el Plan de Gestión Ambiental y Social y el Plan de Mitigación.

17. Conclusiones

17.1. Conclusiones Técnicas Finales

El Plan GIRSU detallado en este documento entiende a la gestión de los residuos sólidos urbanos como una cuestión ambiental, pero también sanitaria, social y económica que merece un abordaje integral. El proyecto busca brindar una solución al problema de los residuos, desde múltiples aristas, en donde se consideren las condiciones y características económicas y sociales de las localidades en cuestión, como también los riesgos y consecuencias ambientales que una mala gestión genera en el medio ambiente y la sociedad en general.

Mediante el diagnóstico de la situación GIRSU actual, se pudo relevar las fortalezas y debilidades de cada localidad, para detectar puntos débiles u oportunidades de mejora a ser aplicadas en el nuevo Plan. Teniendo una idea de las características socioeconómicas de la población, se pudo estimar la generación de los residuos en los años de implementación del proyecto, permitiendo diseñar un Centro Ambiental y una Estación de Transferencia acorde a estos requerimientos.

Las estructuras a construir permiten diferenciar los RSU en sus diferentes corrientes, evitando su disposición final en basurales a cielo abierto. Al plantear una separación en origen desde el año 0 del proyecto, se logra generar en la población una conciencia ambiental generalizada, que irá aumentando la efectividad de separación año a año, tal como se plantea en las estimaciones. De esta manera, se le puede dar un nuevo valor agregado a ciertos materiales que en otro contexto, de desinformación y falta de concientización, se terminaban disponiendo como residuos.

Con la construcción de un relleno sanitario regional, siempre y cuando se cumpla con su correcta operación y mantenimiento, se reducen en gran volumen las consecuencias negativas sobre el ambiente que se generarían al disponer los residuos en un BCA. Esta alternativa de disposición final, si bien tiene sus pros y sus contras, resulta una muy buena solución para evitar la contaminación ambiental producto de la mala gestión de residuos.

El reciclado de materiales no solo reduce significativamente el volumen de residuos a disponer en el relleno sanitario, sino también trae aparejado beneficios económicos y sociales.

La inclusión de los recuperadores urbanos, por su parte, resulta una acción necesaria desde el punto de vista sanitario como desde el punto de vista de mejoras en la calidad de vida.

Se pudo concluir a través de la evaluación ambiental realizada, que el proyecto es viable ambientalmente, siempre y cuando se respeten los controles y las medidas de mitigación planteadas. Además, desde el punto de vista económico, se demostró con los indicadores de VAN y TIR, que el proyecto también es viable económicamente, es decir, que a mediano/largo plazo traerá beneficios económicos, además de los beneficios ambientales y sociales antes citados.

Dado que este proyecto se trata de un proyecto de gestión conjunta entre las localidades de Ceres, Arrufó Ambrosetti, La Rubia y Hersilia, requerirá de un trabajo colaborativo entre ellos y de la conformación de un consorcio intermunicipal. Deberá incluirse también el gobierno provincial, las cooperativas, y la comunidad en general, ya que sin su colaboración, es muy difícil que el proyecto tenga los resultados esperados. Es por esto que se plantea un Plan de Comunicación Social, de modo de educar y promover las buenas prácticas en la gestión de residuos, e informar a los vecinos y vecinas sobre el proyecto, para que se involucren y participen.

Para concluir, se considera que la implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos propuesto es de gran importancia para la región, por lo que es sumamente recomendable su ejecución y seguimiento mediante mejora continua.

17.2. Conclusión personal del proyecto final y la carrera Ingeniería Ambiental

El desarrollo del Proyecto Final Integrador de la carrera Ingeniería Ambiental resultó ser un proceso desafiante, exigente, pero en donde pude resolver obstáculos e incertidumbres de manera independiente, simulando una situación profesional en el mundo laboral. Gracias a este trabajo pude darme una idea de la dimensión de los proyectos que un/a ingeniero/a ambiental puede implementar, y de la necesidad de interacción con otras ingenierías u otras profesiones para poder diseñar un proyecto de esta índole.

Con respecto a la temática elegida, si bien tuve experiencia laboral trabajando con el diseño de Centros Ambientales, la misma resultó ser compleja y abarcativa, lo que me permitió

indagar e investigarla en profundidad. Considero que la gestión de residuos es una de las temáticas más complejas y urgentes para solucionar, lo cual reforzó mi decisión de enfocar mi Proyecto Final Integrador en este tema.

Luego de haber atravesado todo este proceso, mi conclusión personal es que el Proyecto Final es una herramienta de formación muy importante y necesaria, que permite aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera Ingeniería Ambiental , sirviendo como preparación para el ingreso a la vida profesional. Si bien no hubo muchas materias relacionadas a la temática residuos en sí, puedo confirmar que casi todas las materias me aportaron algo para poder escribir mi proyecto.

En cuanto a la carrera en particular, considero que Ingeniería Ambiental es una carrera muy abarcativa, que forma al alumno en temas diversos e integrales, y que lo forma como profesional competente, completo y sobre todo, con conciencia para entender los problemas de nuestra sociedad y buscar soluciones integrales e innovadoras.

18. Bibliografía

Abba, D., Petunchi, R., & Aguirre, O. (2020). *Cuando la ley no alcanza: los basurales a cielo abierto no paran de crecer y el futuro es incierto*. Recuperado de: <https://sumapolitica.com.ar/cuando-la-ley-no-alcanza-los-basurales-a-cielo-abierto-no-paran-de-crecer-y-el-futuro-es-incierto/>.

Argentina.gob.ar. (2020). *Basurales a cielo abierto: situación socioambiental y propuestas de solución integral*. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/accion/basurales>.

Bacchiega J. D.; Bertoni J. C.; Maza J. A. (2003). Anexo V: *Dinámica Hídrica de la Cuenca del Río Salado*. Pericia Hidráulica correspondiente al Expediente N° 1341/2003. Poder Judicial de la Provincia de Santa Fe.

Belalcázar Urbano, I. A. (2019). *Identificación de áreas óptimas para la localización de un relleno sanitario en las subregiones Norte y Oriente del Valle del Cauca*. Entorno geográfico, 18, 46–78. Recuperado de: <https://doi.org/10.25100/eg.v0i18.8626>

Brunetto, E. & Iriondo, M. H. (2007). *Neotectónica en la Pampa norte (Argentina)*. Revista de la Sociedad Geológica de España, 20 (1-2): 17-29.

Cabrera Á. L. (1994). *Regiones fitogeográficas argentinas*. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Tomo 2. 2a. Acme. Buenos Aires. Argentina.

Caicedo Messa, F. J., Molina ordóñez, J. D. (2003). *Remoción de Materia Orgánica de Lixiviados del Relleno Sanitario La Esmeralda por Medio de un Reactor U.A.S.B*. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia.

CEAMSE. (s/f). *Diseño de un Relleno Sanitario*. Recuperado de: <https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2012/06/disenio-relleno-sanitario.pdf>

Consortio GIRSU Virch-Valdez. (2015). *¿Qué son los RSU y qué es la GIRSU?*. Recuperado de: <https://consorciogirsu.com.ar/info-util-girsu/que-son-los-rsu-y-que-es-la-girsu/>

Cordova, D. G., Flores, E. N., García, R. R., & Salvador, J. C. R. (s/f). *Residuos sólidos urbanos: un grave problema ambiental*. Ciencia UNAM. Recuperado

de:<https://ciencia.unam.mx/contenido/galeria/51/residuos-solidos-urbanos-un-grave-problema-ambiental>

Corena Luna, M. de J. (2008). *Sistemas de Tratamiento para Lixiviados Generados en rellenos Sanitarios*. Universidad de Sucre. Sincelejo, Colombia.

Defensoría del Pueblo.(s/f). *Guía de Residuos*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

EPA. (2005). *Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide*. EPA-600/R-05/047

EPROIN (2019). *Informe Complementario Hidrológico e Hidráulico. Proyecto Canal Bareto II - Canalización, Rectificación y Obras de Arte*. Departamento Castellanos, Provincia de Santa Fe.

Espinoza, P., Martinez, A. E., Daza, D., Soulier, F. M., Terraza, H. *Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010*. BID - AIDIS - OPDS.

Ferreras, V. & Trenta, A. (2017). "Valoración económica de la remediación de los efectos de la contaminación de un basural a cielo abierto. El caso de El Pozo de Godoy Cruz, Mendoza, Argentina". Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Cuyo.

Giménez Vera, M., Ricardo, C., & Carrera, C. (s/f). *Localización Óptima De Relleno Sanitario Aplicando Técnicas Multicriterio En Sistemas De Información Geográfica (Sig) En El Área Metropolitana Del Alto Paraná*.

Giraut, M. A. Lupano, C. F., Soldano, A. & Rey, C. A. (s/f). *Cartografía Hídrica Superficial Digital De La Provincia De Santa Fe*.

Gobierno de Jujuy, Ministerio de Ambiente. (s/f). *Ley N° 5.954 GIRSU. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*.

Granados Celade, M. P. (1987). *Técnicas de proyecciones de población de áreas menores. Aplicación evaluación*. Cepal.org. Recuperado de:

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/32594/D-13118.00_es.pdf?isAllowed=y&sequence=

Información brindada por los responsables de Medio Ambiente en cada localidad por medio de entrevistas personales. Provincia de Santa Fe. Recuperado de: <http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/48028/237338/file/Sitios%20de%20disposici%F3n%20final%20de%20residuos%20s%F3lidos.pdf>

- Iriondo, M. (1994). *Los climas cuaternarios de la región pampeana*. Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"(N: S) 4:1-48.
- Iriondo, M. & Kröhling, D. (2007). *Geomorfología Y Sedimentología De La Cuenca Superior Del Rio Salado (Sur De Santa Fe Y Noroeste De Buenos Aires, Argentina)*. Latin American Journal Of Sedimentology And Basin Analysis | Vol. 14 (1) 2007, 1-23.
- Jaramillo, J. (2002). *Guía Para El Diseño, Construcción Y Operación De Rellenos Sanitarios Manuales*. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Milicic S.A. (2022). *Evaluación de Impacto Ambiental y Social: Construcción y Operación del Centro de Gestión Ambiental de Villa María y Villa Nueva- Córdoba*.
- Ministerio de Ambiente y Agua, Estado Plurinacional de Bolivia. (2012). *Guía para el Cierre Técnico de Botaderos*. Bolivia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Desarrollo Social. (s/f). *Guía para la Implementación de la Gestión Integral e Inclusiva de Residuos*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Plan EHS. (2022). *Estudio de Impacto Ambiental y Social: Estrategia GIRSU en las ciudades de Santiago del Estero y La Banda*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Informe del Estado del Ambiente 2020: Residuos*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Ministerio de Medio Ambiente, Santa Fe. (2016). *Las Eco Regiones. Su conservación y las áreas naturales protegidas de la Provincia de Santa Fe*.
- Ministerio de Tierras, Ambiente y Recursos Naturales. (2014). Anexo 6: *Memoria Cálculo Generación De Lixiviados Y Sistema De Gestión Centro Ambiental El Borbollón*. Mendoza.
- Nadia, L., Mazzeo, M., Muzlera Klappenbach, A., & Robles, G. (s/f). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. INTI - Gerencia de Asistencia Tecnológica para la Demanda Social.
- Ochoa O. (2009). *Recolección y disposición final de los desechos sólidos, zona metropolitana. Caso: Ciudad Bolívar*.
- Ospina Botero, D. (1981). *Modelos Matemáticos de Proyección de Población*. *Revista Colombiana de Estadística*. Recuperado de:
<http://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/24168/9803-17385-1-PB.pdf?sequence=1>.
- Parodi, L. (1964). *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. Acme. Buenos Aires.

Pozo Bejerano, J., García Gutierrez, J. A., Vazquez Perez, Y. (2020). *Estimación del caudal medio de lixiviados generados en el vertedero de Viñales, Pinar del Río*. Avances, vol. 22, núm. 3. Instituto de Información Científica y Tecnológica.

Ragonese, A. E. (1967). *Regiones Naturales De Vegetación Y Ganadería De La República Argentina*. Vegetación y ganadería en la República Argentina, Colección Científica del INTA, Bs. As., 20.

Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E. & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Publicación de las Naciones Unidas, Manuales de la Cepal.

Ruiz, S. (2012). Capítulo 3: *Sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU)*. UNAM. México.

Sáez, A., & Urdaneta G, J. A. (s/f). *Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. Redalyc.org.

Semarnap-INE. (2000). *Gestión de la calidad del aire en México. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*. México.

Silpa, K., & Yao, L. C. (2018). *What A waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications.

Socorro Rodriguez Sordía, D. (2008). *Características e importancia de los rellenos sanitarios*. Gobierno del Estado de Michoacán.

Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. (2017). *Plan Operativo Territorial: Ambrosetti*. Provincia de Santa Fe.

Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. (2018). *Plan Estratégico Territorial: Arrufó*. Provincia de Santa Fe.

Tchobanoglous, G. & Keith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management. (2nd ed.)*. McGraw Hill Handbooks. New York.

Ullca, J. (s/f). *Los rellenos sanitarios*. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, núm. 4, 2006, pp. 2-17 Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador.

Urriago, N. M. (2018). *Estudio de pre-factibilidad de implementación de una estación de transferencia con recuperación de residuos sólidos urbanos en la upz-39 Quiroga, localidad 18 Rafael Uribe de la ciudad de Bogotá*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Verónica Ferraras y Arnaud Trenta (2017) *Valoración económica de la remediación de los efectos de la contaminación de un basural a cielo abierto. El caso de El Pozo de Godoy Cruz, Mendoza, Argentina*.

World Bank. (s/f). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. Recuperado de:

<https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>

2037	3492	1,00	3,48	1268,76
2038	3504	1,00	3,51	1280,80
2039	3516	1,01	3,54	1292,93
2040	3528	1,01	3,58	1305,17
2041	3540	1,02	3,61	1317,51
2042	3553	1,03	3,64	1329,95
2043	3565	1,03	3,68	1342,49

Arrufó				
--------	--	--	--	--

Año	Población	PPC	t/día	t/anual
2022	2281	0,91	2,08	757,63
2023	2290	0,92	2,10	765,02
2024	2298	0,92	2,12	772,47
2025	2307	0,93	2,14	779,98
2026	2315	0,93	2,16	787,55
2027	2324	0,94	2,18	795,18
2028	2332	0,94	2,20	802,88
2029	2341	0,95	2,22	810,64
2030	2349	0,95	2,24	818,47
2031	2358	0,96	2,26	826,36
2032	2366	0,97	2,29	834,31
2033	2375	0,97	2,31	842,33
2034	2383	0,98	2,33	850,42
2035	2392	0,98	2,35	858,58
2036	2400	0,99	2,37	866,80
2037	2409	1,00	2,40	875,09
2038	2417	1,00	2,42	883,44
2039	2426	1,01	2,44	891,87
2040	2434	1,01	2,47	900,36
2041	2443	1,02	2,49	908,93
2042	2451	1,03	2,51	917,57
2043	2460	1,03	2,54	926,27

Ambrosetti				
------------	--	--	--	--

Año	Población	PPC	t/día	t/anual
2022	1308	0,91	1,19	434,39
2023	1308	0,92	1,20	437,13
2024	1309	0,92	1,21	439,88
2025	1309	0,93	1,21	442,66
2026	1309	0,93	1,22	445,45

2027	1310	0,94	1,23	448,26
2028	1310	0,94	1,24	451,09
2029	1311	0,95	1,24	453,93
2030	1311	0,95	1,25	456,79
2031	1311	0,96	1,26	459,68
2032	1312	0,97	1,27	462,57
2033	1312	0,97	1,28	465,49
2034	1313	0,98	1,28	468,43
2035	1313	0,98	1,29	471,38
2036	1313	0,99	1,30	474,35
2037	1314	1,00	1,31	477,35
2038	1314	1,00	1,32	480,36
2039	1315	1,01	1,32	483,39
2040	1315	1,01	1,33	486,43
2041	1315	1,02	1,34	489,50
2042	1316	1,03	1,35	492,59
2043	1316	1,03	1,36	495,69

La Rubia					
Año	Población	PPC	t/día	t/anual	
2022	381	0,91	0,35	126,44	
2023	374	0,92	0,34	124,82	
2024	366	0,92	0,34	123,18	
2025	359	0,93	0,33	121,51	
2026	352	0,93	0,33	119,82	
2027	345	0,94	0,32	118,11	
2028	338	0,94	0,32	116,37	
2029	331	0,95	0,31	114,60	
2030	324	0,95	0,31	112,81	
2031	317	0,96	0,30	111,00	
2032	310	0,97	0,30	109,16	
2033	302	0,97	0,29	107,29	
2034	295	0,98	0,29	105,40	
2035	288	0,98	0,28	103,48	
2036	281	0,99	0,28	101,53	
2037	274	1,00	0,27	99,55	
2038	267	1,00	0,27	97,55	
2039	260	1,01	0,26	95,52	
2040	253	1,01	0,26	93,46	
2041	246	1,02	0,25	91,38	
2042	238	1,03	0,24	89,26	
2043	231	1,03	0,24	87,12	

Total					
Año	Población	PPC	t/día	t/anual	
2022	32281	0,91	29,38	10722,05	
2023	32470	0,92	29,72	10849,54	
2024	32659	0,92	30,08	10978,17	
2025	32848	0,93	30,43	11107,96	
2026	33037	0,93	30,79	11238,91	
2027	33226	0,94	31,15	11371,02	
2028	33415	0,94	31,52	11504,33	
2029	33604	0,95	31,89	11638,82	
2030	33793	0,95	32,26	11774,51	
2031	33982	0,96	32,63	11911,41	
2032	34171	0,97	33,01	12049,52	
2033	34360	0,97	33,39	12188,87	
2034	34549	0,98	33,78	12329,46	
2035	34738	0,98	34,17	12471,29	
2036	34927	0,99	34,56	12614,38	
2037	35116	1,00	34,96	12758,74	
2038	35305	1,00	35,35	12904,38	
2039	35494	1,01	35,76	13051,31	
2040	35683	1,01	36,16	13199,53	
2041	35872	1,02	36,57	13349,07	
2042	36061	1,03	36,99	13499,92	
2043	36250	1,03	37,40	13652,10	

2023	3322	0,92	3,04	5%	0,15	55,51	2,89	1054,66
2024	3335	0,92	3,07	10%	0,31	112,09	2,76	1008,81
2025	3347	0,93	3,10	15%	0,47	169,76	2,64	961,97
2026	3359	0,93	3,13	20%	0,63	228,53	2,50	914,11
2027	3371	0,94	3,16	25%	0,79	288,41	2,37	865,23
2028	3383	0,94	3,19	30%	0,96	349,42	2,23	815,31
2029	3395	0,95	3,22	30%	0,97	352,77	2,26	823,14
2030	3407	0,95	3,25	30%	0,98	356,16	2,28	831,03
2031	3419	0,96	3,28	30%	0,99	359,57	2,30	838,99
2032	3431	0,97	3,32	30%	0,99	363,00	2,32	847,01
2033	3444	0,97	3,35	30%	1,00	366,47	2,34	855,10
2034	3456	0,98	3,38	30%	1,01	369,97	2,37	863,26
2035	3468	0,98	3,41	30%	1,02	373,49	2,39	871,48
2036	3480	0,99	3,44	30%	1,03	377,04	2,41	879,77
2037	3492	1,00	3,48	30%	1,04	380,63	2,43	888,13
2038	3504	1,00	3,51	30%	1,05	384,24	2,46	896,56
2039	3516	1,01	3,54	30%	1,06	387,88	2,48	905,05
2040	3528	1,01	3,58	30%	1,07	391,55	2,50	913,62
2041	3540	1,02	3,61	30%	1,08	395,25	2,53	922,26
2042	3553	1,03	3,64	30%	1,09	398,98	2,55	930,96
2043	3565	1,03	3,68	30%	1,10	402,75	2,57	939,74

Arrufó

Año	Población	PPC	tn generadas/día	% recupero	tn recuperadas/día	tn recuperadas/año	tn dispuestas en RS/día	tn dispuestas en RS/año
2022	2281	0,91	2,08	0%	-	-	-	-
2023	2290	0,92	2,10	5%	0,10	38,25	1,99	726,77
2024	2298	0,92	2,12	10%	0,21	77,25	1,90	695,22
2025	2307	0,93	2,14	15%	0,32	117,00	1,82	662,98

2029	1311	0,95	1,24	30%	0,37	136,18	0,87	317,75
2030	1311	0,95	1,25	30%	0,38	137,04	0,88	319,76
2031	1311	0,96	1,26	30%	0,38	137,90	0,88	321,77
2032	1312	0,97	1,27	30%	0,38	138,77	0,89	323,80
2033	1312	0,97	1,28	30%	0,38	139,65	0,89	325,84
2034	1313	0,98	1,28	30%	0,39	140,53	0,90	327,90
2035	1313	0,98	1,29	30%	0,39	141,41	0,90	329,97
2036	1313	0,99	1,30	30%	0,39	142,31	0,91	332,05
2037	1314	1,00	1,31	30%	0,39	143,20	0,92	334,14
2038	1314	1,00	1,32	30%	0,39	144,11	0,92	336,25
2039	1315	1,01	1,32	30%	0,40	145,02	0,93	338,37
2040	1315	1,01	1,33	30%	0,40	145,93	0,93	340,50
2041	1315	1,02	1,34	30%	0,40	146,85	0,94	342,65
2042	1316	1,03	1,35	30%	0,40	147,78	0,94	344,81
2043	1316	1,03	1,36	30%	0,41	148,71	0,95	346,99

La Rubia

Año	Población	PPC	tn generadas/día	% recupero	tn recuperadas/día	tn recuperadas/año	tn dispuestas en RS/día	tn dispuestas en RS/año
2022	381	0,91	0,35	0%	-	-	-	-
2023	374	0,92	0,34	5%	0,02	6,24	0,32	118,58
2024	366	0,92	0,34	10%	0,03	12,32	0,30	110,86
2025	359	0,93	0,33	15%	0,05	18,23	0,28	103,29
2026	352	0,93	0,33	20%	0,07	23,96	0,26	95,86
2027	345	0,94	0,32	25%	0,08	29,53	0,24	88,58
2028	338	0,94	0,32	30%	0,10	34,91	0,22	81,46
2029	331	0,95	0,31	30%	0,09	34,38	0,22	80,22
2030	324	0,95	0,31	30%	0,09	33,84	0,22	78,97
2031	317	0,96	0,30	30%	0,09	33,30	0,21	77,70

2032	310	0,97	0,30	30%	0,09	32,75	0,21	76,41
2033	302	0,97	0,29	30%	0,09	32,19	0,21	75,10
2034	295	0,98	0,29	30%	0,09	31,62	0,20	73,78
2035	288	0,98	0,28	30%	0,09	31,04	0,20	72,43
2036	281	0,99	0,28	30%	0,08	30,46	0,19	71,07
2037	274	1,00	0,27	30%	0,08	29,87	0,19	69,69
2038	267	1,00	0,27	30%	0,08	29,27	0,19	68,29
2039	260	1,01	0,26	30%	0,08	28,66	0,18	66,87
2040	253	1,01	0,26	30%	0,08	28,04	0,18	65,43
2041	246	1,02	0,25	30%	0,08	27,41	0,18	63,97
2042	238	1,03	0,24	30%	0,07	26,78	0,17	62,49
2043	231	1,03	0,24	30%	0,07	26,14	0,17	60,99

Total

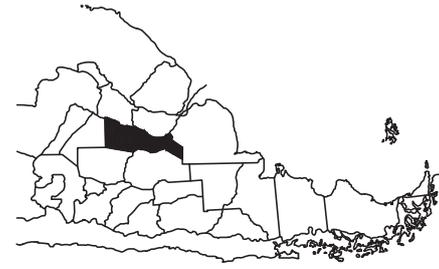
Año	Población	PPC	tn generadas/día	% recupero	tn recuperadas/día	tn recuperadas/año	tn dispuestas en RS/día	tn dispuestas en RS/año
2022	32281	0,91	29,72	0%	-	-	-	-
2023	32470	0,92	30,07	5%	1,50	548,72	28,56	10425,64
2024	32659	0,92	30,41	10%	3,04	1110,14	27,37	9991,22
2025	32848	0,93	30,77	15%	4,61	1684,42	26,15	9545,05
2026	33037	0,93	31,12	20%	6,22	2271,75	24,90	9086,98
2027	33226	0,94	31,48	25%	7,87	2872,28	23,61	8616,85
2028	33415	0,94	31,84	30%	9,55	3486,21	22,29	8134,49
2029	33604	0,95	32,20	30%	9,66	3526,03	22,54	8227,39
2030	33793	0,95	32,57	30%	9,77	3566,20	22,80	8321,12
2031	33982	0,96	32,94	30%	9,88	3606,72	23,06	8415,68
2032	34171	0,97	33,31	30%	9,99	3647,60	23,32	8511,08
2033	34360	0,97	33,69	30%	10,11	3688,85	23,58	8607,31
2034	34549	0,98	34,07	30%	10,22	3730,46	23,85	8704,40

2035	34738	0,98	34,45	30%	10,34	3772,43	24,12	8802,34
2036	34927	0,99	34,84	30%	10,45	3814,77	24,39	8901,14
2037	35116	1,00	35,23	30%	10,57	3857,49	24,66	9000,81
2038	35305	1,00	35,62	30%	10,69	3900,58	24,94	9101,35
2039	35494	1,01	36,02	30%	10,81	3944,05	25,21	9202,78
2040	35683	1,01	36,42	30%	10,93	3987,90	25,49	9305,10
2041	35872	1,02	36,82	30%	11,05	4032,13	25,78	9408,31
2042	36061	1,03	37,23	30%	11,17	4076,76	26,06	9512,43
2043	36250	1,03	37,64	30%	11,29	4121,77	26,35	9617,46

Construcción de Obra Civil y Edificios industriales		Ruido y vibraciones	-	3	2	8	1	1	1	1	4	1	1	-29
	Agua	Calidad de aguas subterráneas	-	3	1	8	4	4	1	1	4	1	4	-37
		Calidad de aguas superficiales.												
		Escurrimiento superficial	-	2	2	8	4	4	1	1	4	1	8	-39
	Suelo	Calidad, estructura y composición del suelo	-	3	1	8	4	4	1	1	4	1	4	-37
	Fauna	Habitats naturales y Biodiversidad												
		Plagas y Vectores												
	Vegetación	Cobertura vegetal												
	Paisaje	Modificación del Paisaje	-	3	1	8	4	4	2	1	4	1	2	-36
	Población	Calidad de vida												
		Infraestructura de servicios	+	3	8	8	2	2	1	1	4	4	1	40
		Salud												
	Empleo	Generación de empleo	+	2	8	8	2	2	1	1	4	4	1	37
		Condiciones de trabajo												
	Economía	Crecimiento económico	+	2	8	8	2	2	1	1	4	4	1	37

ANEXO:

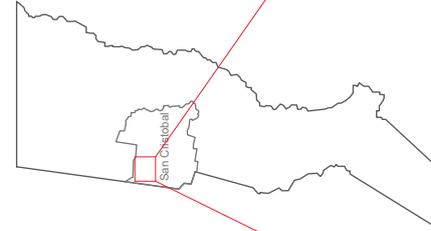
“PLANOS”



1- Arrufó



2- Ceres



3- Ambrosetti



4- Hersilia



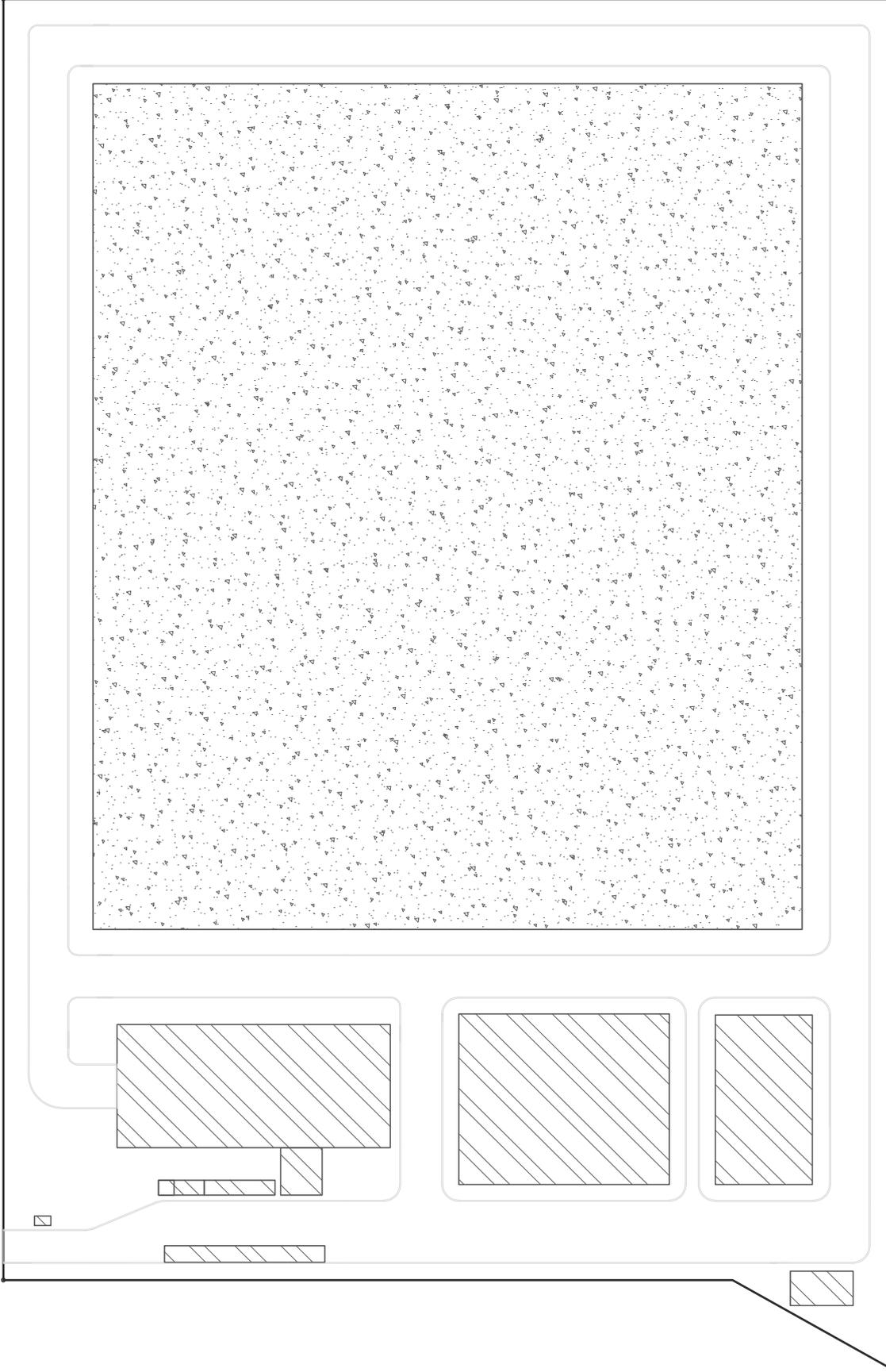
5- La Rubia



Fecha: 05/05/2023	Nombre del Proyecto: Clasificación de un Plan de Gestión Integral de Recursos Hídricos para el Sistema de Riego y Drenaje de la Zona de Producción de Cereales y Frutales en el Valle de San Carlos, Provincia de San Carlos	 Escuela de Ingeniería UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Revisó: Lucas Rubia	Nombre del Proyecto: Clasificación de un Plan de Gestión Integral de Recursos Hídricos para el Sistema de Riego y Drenaje de la Zona de Producción de Cereales y Frutales en el Valle de San Carlos, Provincia de San Carlos	
Aprobó:		Alumno: Macarena Oksengendler
Escala: 1:500		Carrera: Ingeniería Ambiental
Plano N°: 1		Plano de Ubicación



Fecha:	05/05/2023	Nombre del Proyecto:	Clasificación de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en el Barrio, Proyecto de Separación y Eliminación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en el Barrio de Santa Fe.
Revisó:	Luis R. B. B.	Aprobó:	
Escala:	1:2500	Alumno:	Macarena Oksengendler
Plano N°:	2	Carrera:	Ingeniería Ambiental
Dimensiones del Predio			



REFERENCIAS

REF.	SECTOR	INSTALACION
1	INSTALACIONES PARA RESIDUOS SECOS E INSTALACIONES AUXILIARES	
2	RELLENO SANITARIO	

Fecha:
00/00/00

Nombre:
GISEL GUAYAN

Nombre del Proyecto:
Clasificación de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos para el Centro Barro Colorado, Proyecto de Separación y Eliminación de Residuos Sólidos, Ambiente, ANEP y UPEL de Provincia de Barro Colorado

Revisó:
Lucía Rubiela

Aprobó:

Escalón:
1:1250

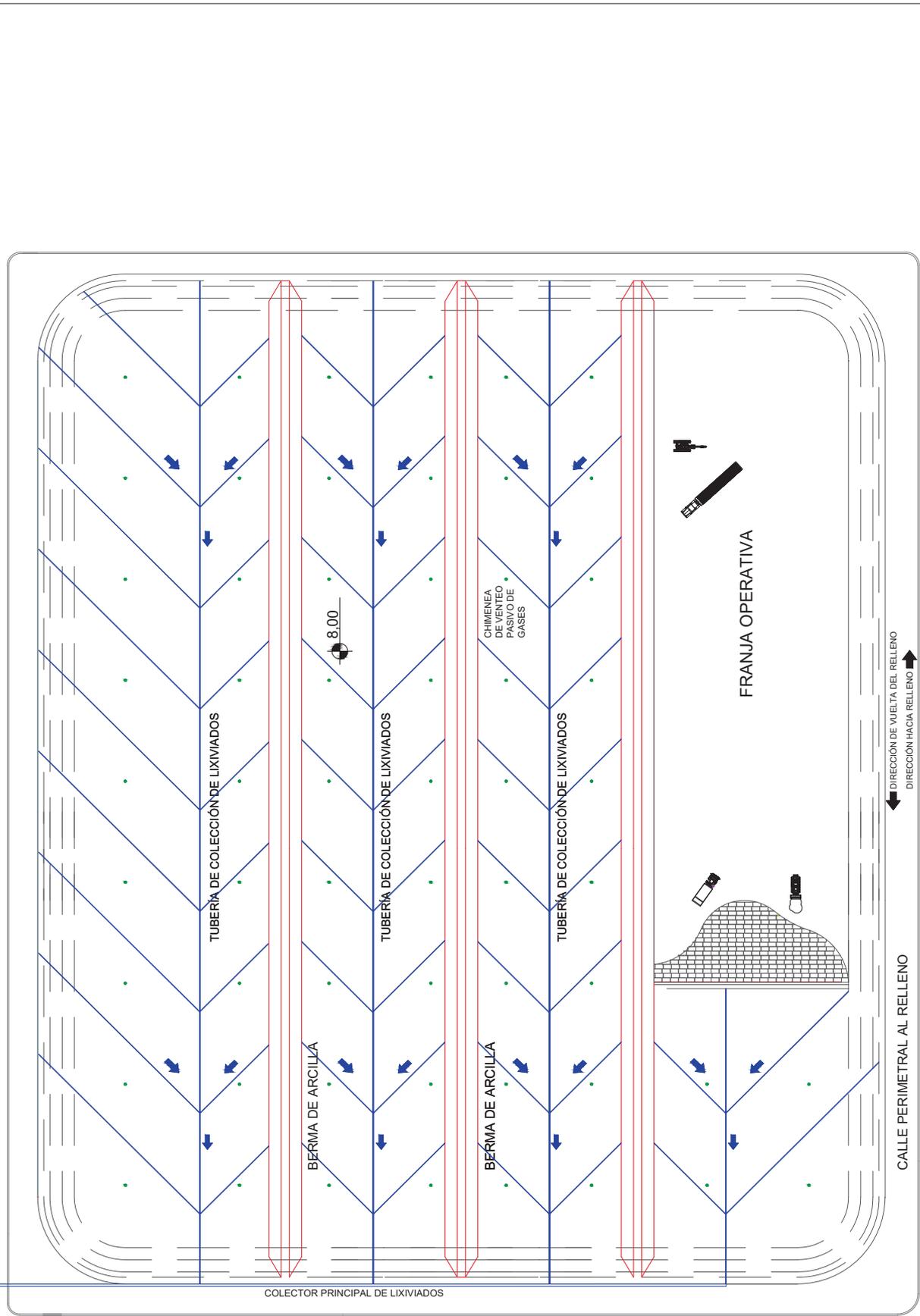
Plano N°:
3

Logo of the institution: **Escuela de Ingeniería Ambiental**

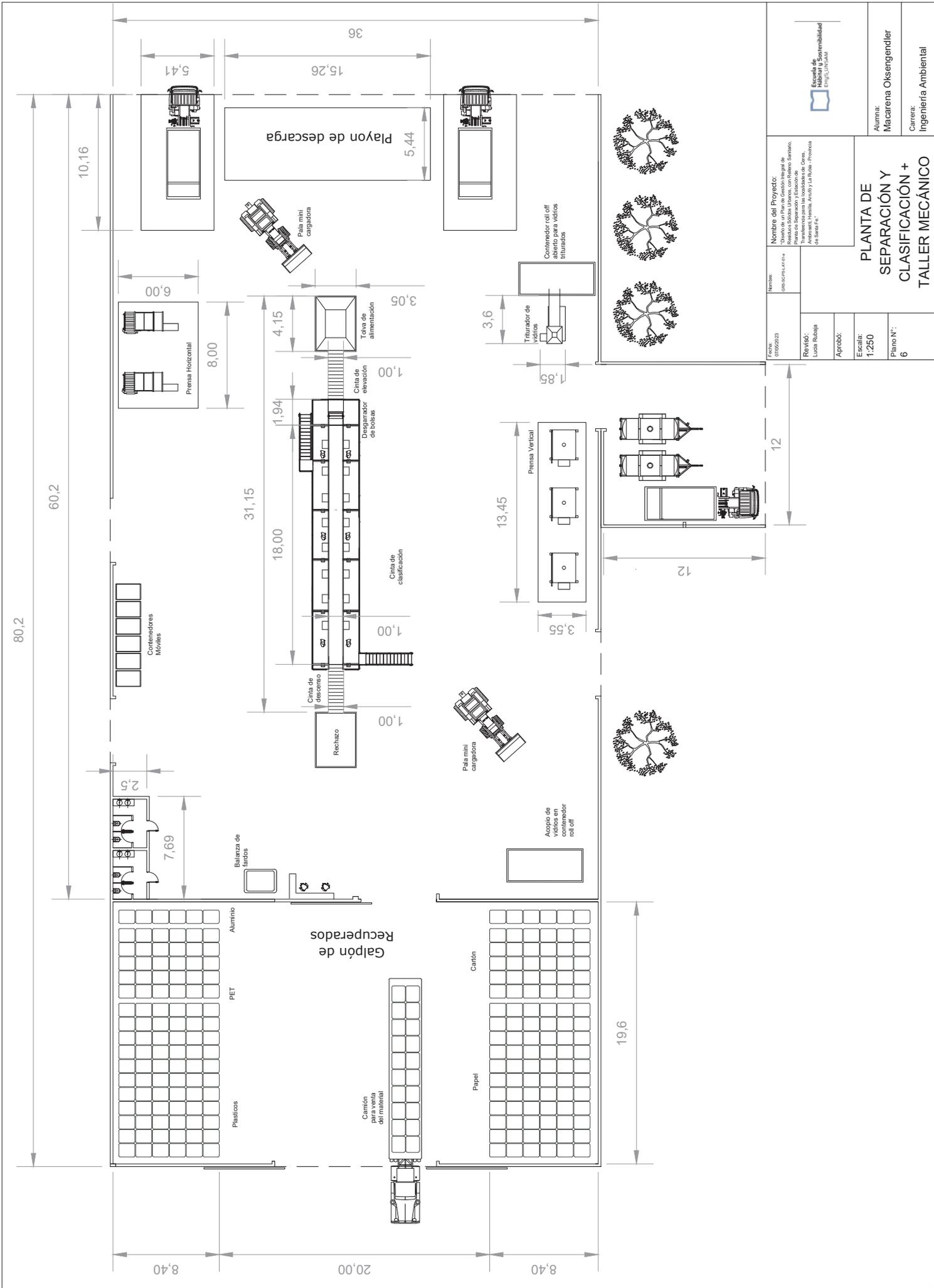
**Layout General
Centro Ambiental**

Alumna:
Macarena Oksengendler

Carrera:
Ingeniería Ambiental



Fecha: 08/05/2023	Nombre del Proyecto: Diseño de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos para el Centro de Reciclaje y Separación y Estación de Transferencia para las localidades de Cerec, Cerec, Cerec, Cerec, Cerec y Cerec de Santa Fe.	 Escuela de Ingeniería Ambiental ETECUNSAM
Revisó: Lucía Rubaja	Alumna: Macarena Oksengendler	
Aprobó:	Escala: 1:1000	Carrera: Ingeniería Ambiental
Plano N°: 5	RELLENO SANITARIO PLANTA	

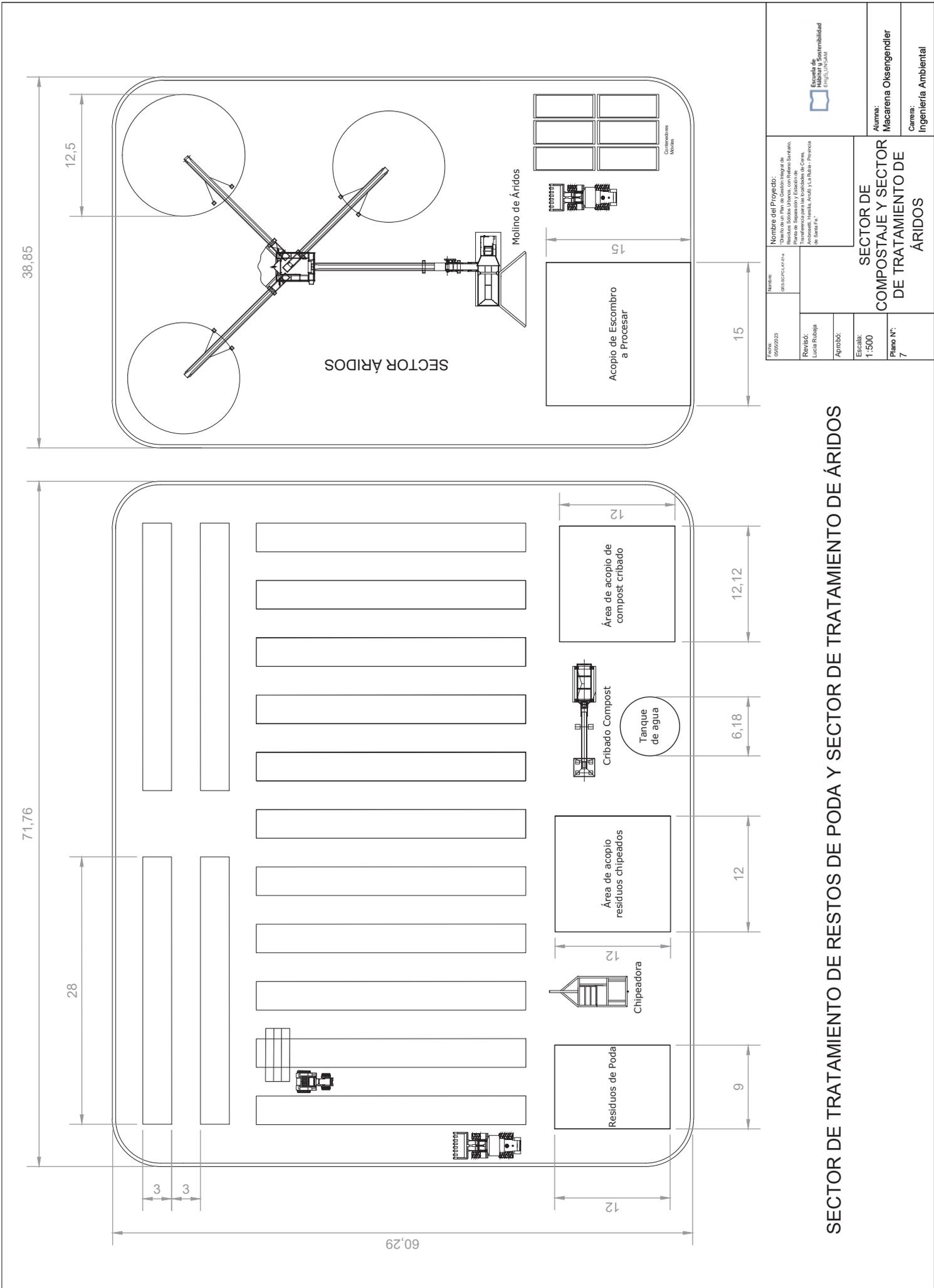


Nombre del Proyecto:	Clase de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, Plan de Separación y Elaboración de Materiales Reciclados para las localidades de Cocha, Pichincha, Andacollo y Pichincha - Provincia de Santa Fe.
Nombre:	GRUPO S.L.U.V.A
Fecha:	07/02/2023
Revisó:	Lucas Rubaja
Aprobó:	
Escala:	1:250
Plano N°:	6



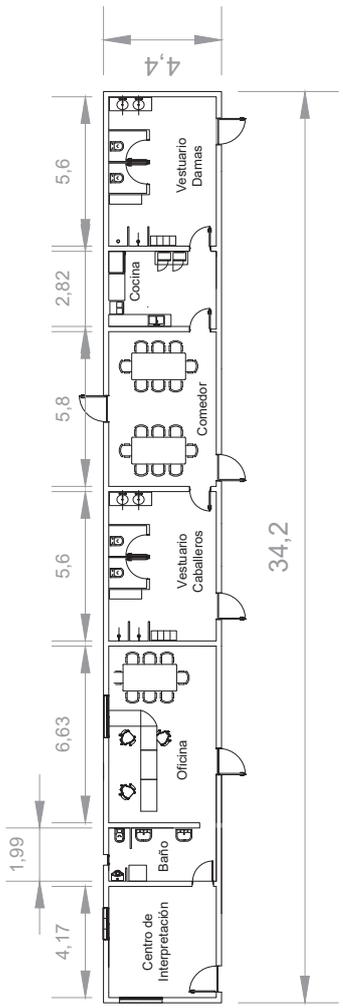
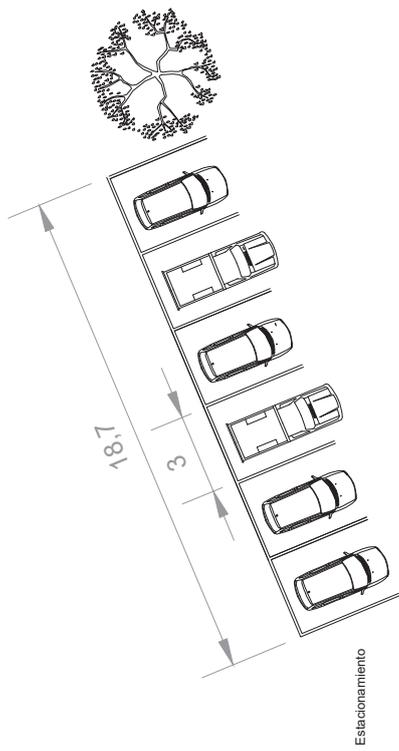
Alumna:
Macarena Oksengendler
Carrera:
Ingeniería Ambiental

PLANTA DE SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN + TALLER MECÁNICO

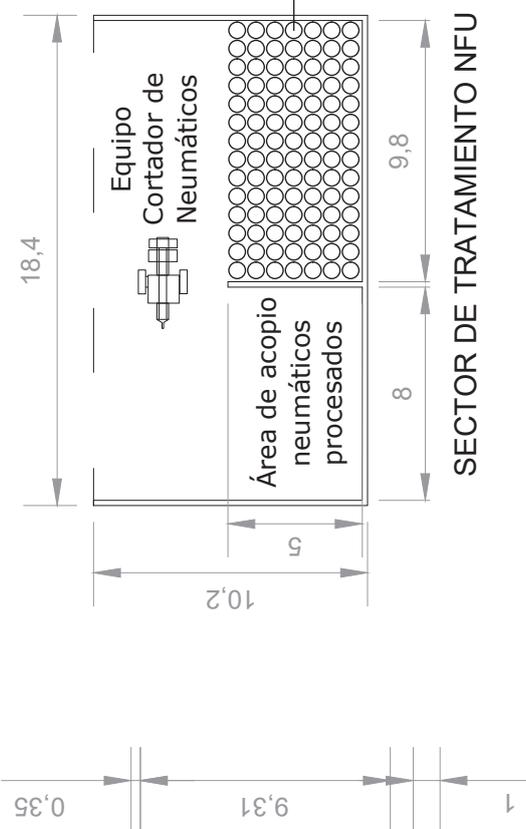
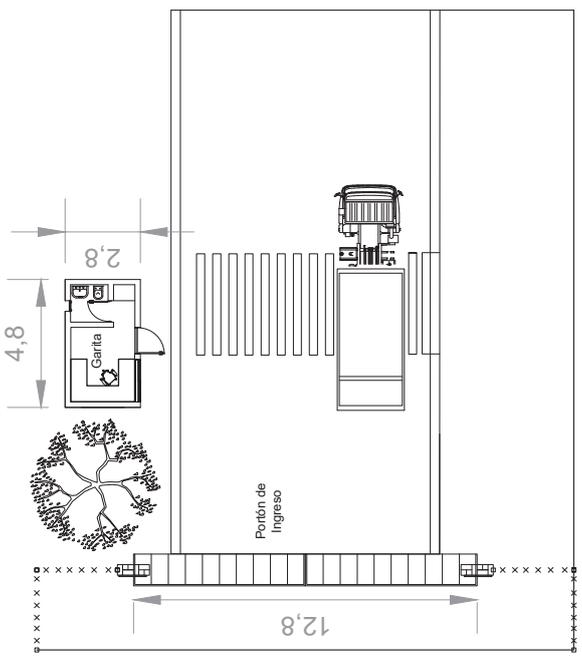


SECTOR DE TRATAMIENTO DE RESTOS DE PODA Y SECTOR DE TRATAMIENTO DE ÁRIDOS

Nombre: 00000023 Nombre del Proyecto: Diseño de un Plan de Gestión Integral de Residuos Orgánicos para el Sector Agrario, Proyecto de Separación y Etapa 01/06. Transferencia para las localidades de Cerezo, Píñoles, Puente, Arand y La Alfranca de Santa Fe.	Escuela de Ingeniería Ambiental ETECUNSAM
Revisó: Lucía Rubaja	SECTOR DE COMPOSTAJE Y SECTOR DE TRATAMIENTO DE ÁRIDOS
Aprobó:	
Escaló: 1:500	
Plano N°: 7	Alumna: Macarena Oksengendler
Carrera: Ingeniería Ambiental	



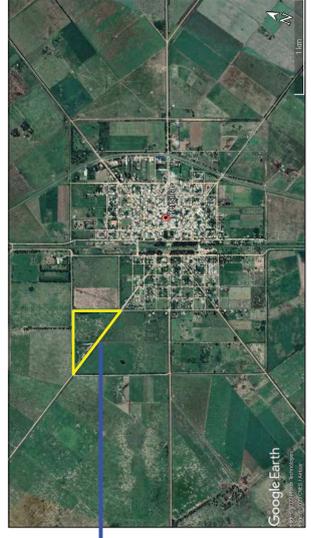
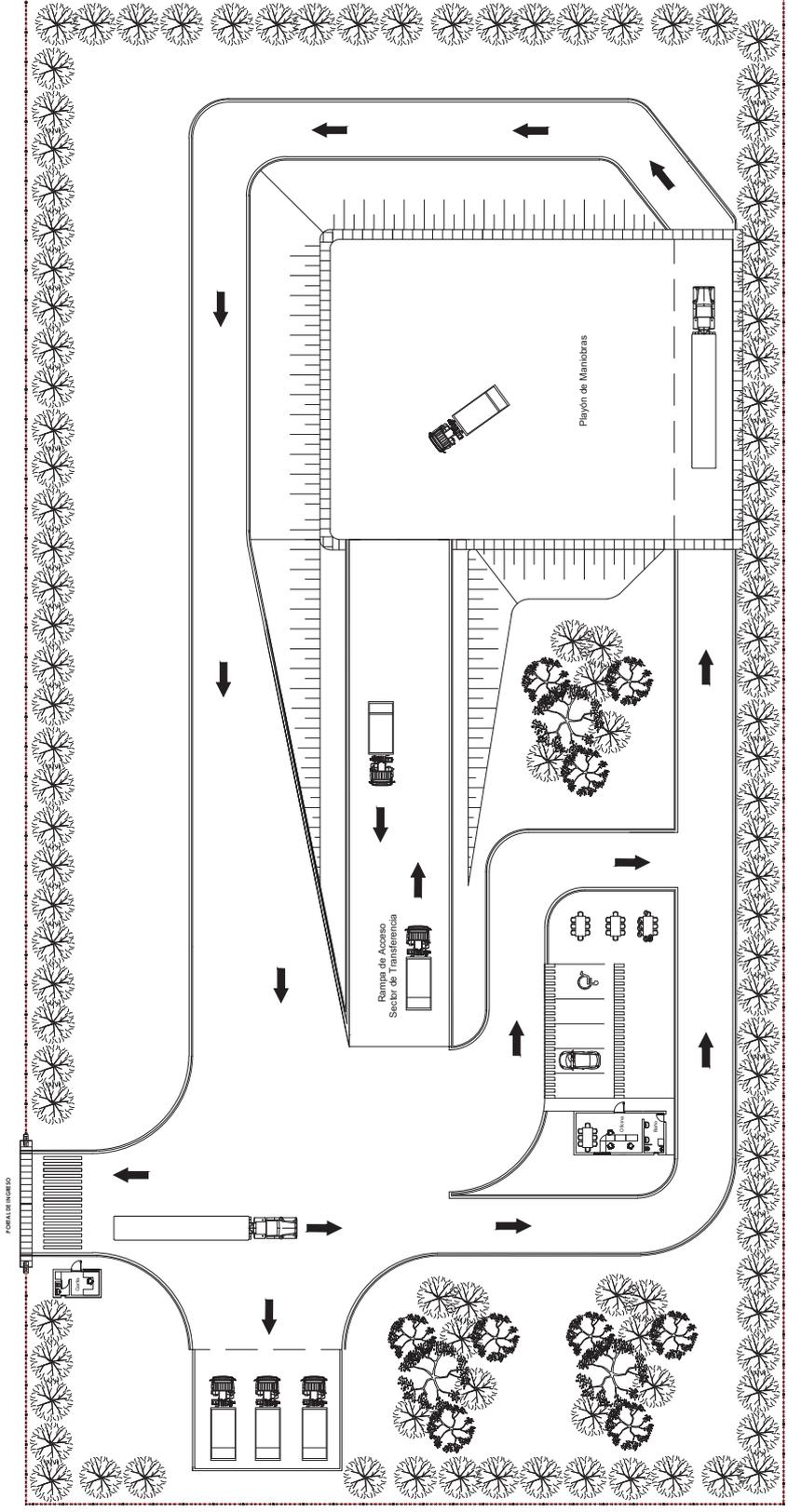
OFICINAS DE ADMINISTRACIÓN, CENTRO DE INTERPRETACIÓN, COCINA, COMEDOR Y VESTUARIOS



SECTOR DE TRATAMIENTO NFU

PORTÓN DE INGRESO + GARITA DE CONTROL

Fecha: 00/0/2023	Nombre: GREGORIO RAMÍREZ	Nombre del Proyecto: Diseño de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos para el Centro de Reciclaje y Separación y Estación de Transferencia para los Locales de Comercio, Industria, Oficinas y Oficinas Privadas de Santa Fe.	Escuela de Ingeniería Ambiental EAFIT-UNIAE
Revisó: Lucía Rubaja	Aprobó:	SECTOR DE TRATAMIENTO DE NFU + PORTÓN DE INGRESO Y GARITA + OFICINAS, COMEDOR, VESTUARIOS Y CENTRO DE INTERPRETACIÓN	Alumna: Macarena Oksengendler
Escala: 1:200	Planta N°: 8		Carrera: Ingeniería Ambiental



HERSILIA



Fecha:	Nombre: GREGORIO AYVA	Nombre del Proyecto: Clasificación de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos y Líquidos, Plan de Separación y Eliminación, Transferencia para las localidades de Coque, Pichilemu, Pichilemu, Pichilemu y Pichilemu de Santa Fe.	
Revisó:	Aprobó:	Alumna: Macarena Oksengendler	
Escala: 1:500	Plano N°:	Carrera: Ingeniería Ambiental	
ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA			