



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y  
Naturales

## **Prácticas Supervisadas**

Convenio

FCEFyN – Municipalidad de General Deheza

**“Proyecto para mejora de la gestión y disposición final de  
Residuos Sólidos en la ciudad de General Deheza”**

Autor: Giraudo, Juan José

Tutora: Dra. Ing. Teresa Reyna

Supervisor externo: Dr. Franco Morra

Julio 2018



## **INTRODUCCIÓN**

El siguiente Trabajo Práctico Final se encuentra enmarcado en un convenio firmado entre la Universidad Nacional de Córdoba y la Municipalidad de General Deheza. Corresponde a la materia Prácticas Supervisadas, contenida en el último año de la carrera de Ingeniería Civil.

La elección de la temática a tratar tuvo en cuenta el manejo inadecuado de residuos en las ciudades del interior de la provincia, y que nuestro país, al igual que en muchos otros temas, se encuentra atrasado con respecto a países del mismo nivel. Por ello, y sabiendo que la Municipalidad de General Deheza adquirió recientemente un terreno para un nuevo vertedero de residuos sólidos, se decidió plantear al intendente la idea de diseñar un Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos, acorde a las tecnologías actuales.

Se propuso desarrollar un trabajo de Ingeniería, en coordinación con los diversos sectores del municipio, para lograr como resultado un Plan integral. Se trabajó con la Secretaría de Obras Públicas, Secretaría de Servicios Públicos, Cooperativa de Trabajo, Intendencia, Prensa y Difusión, entre otros, logrando que el enfoque sea amplio y abarcativo.

La forma de trabajo fue mediante reuniones con cada uno de los sectores, presentando la documentación necesaria (planos de mensuras, ordenanzas, diagnósticos anteriores), y en las cuales cada parte contribuía con sus puntos de vista sobre el tema. Se realizaron muchas visitas al actual predio de vertido, y al predio adquirido, y se contó con las experiencias del personal encargado. Con la información obtenida, se pudo confeccionar el presente documento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Franco Morra, intendente de General Deheza, quien brindó su apoyo para la realización del presente, y puso a disposición los recursos del municipio.

A la Dra. Ing. Teresa Reyna, quien compartió los conocimientos adquiridos en su gran trayectoria como profesional, permitiendo que se pudiera cumplir con los objetivos establecidos.



## RESUMEN

General Deheza, al igual que la mayoría de ciudades del interior, realiza la disposición de residuos sólidos urbanos mediante el vertido a cielo abierto, lo cual trae como consecuencia grandes problemas ambientales, de salud pública, etc. Por ello, se decidió plantear al municipio una solución, aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil.

Un diagnóstico permitió llegar a la conclusión de que el viejo basural trae grandes problemas de contaminación, por lo cual, se deberá remediar el terreno lo antes posible.

La municipalidad, para la disposición futura de RSU, adquirió un nuevo predio, donde se prevé disponer los residuos sólidos en el futuro. Se realizó una caracterización de los residuos que ingresarán en el mismo, y se estudió todos los parámetros para el diseño de un Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos. Con dichos parámetros se procedió al diseño y planificación del mismo. Contará con relleno sanitario acorde a los estándares actuales. Se pone especial atención en la gestión de lixiviados.

En la siguiente instancia, se redactó un manual operativo, para que las personas que trabajen en el Centro de Tratamiento, conozcan los procedimientos óptimos que se deben aplicar a cada tipo de residuo sólido.

Por último, se trabajó con la gestión de RSU, y se crearon programas para llegar a las familias, quienes deberán ser parte de la mejora. La mayoría de los programas contienen una parte en materia de educación, debido a que se cree que la mejor forma de llegar a las familias es a través de los niños.



## ÍNDICE

1.1.	Objetivos	6
1.2.	Alcance	6
1.3.	Ciudad de General Deheza	6
1.4.	Horizonte de Proyecto	7
1.5.	Marco Teórico	8
1.6.	Justificativos del proyecto	9
1.7.	Marco Legal	10
1.8.	Contexto	10
1.9.	Diagnóstico	13
1.10.	Requerimientos legales para aprobación	13
<b>2.</b>	<b>Caracterización y cálculo de parámetros requeridos para el diseño</b>	<b>15</b>
2.1.	Emplazamiento de la obra	15
2.2.	Parámetros de los residuos que ingresan	19
2.3.	Estimación de volúmenes de entrada	20
2.4.	Construcción en etapas	25
2.5.	Caracterización del suelo del emplazamiento	25
2.6.	Topografía del terreno	27
<b>3.</b>	<b>Cálculo y diseño geométrico de los elementos del CTRSU</b>	<b>28</b>
3.1.	Tipología estructural a adoptar	28
3.2.	Diseño geométrico de las celdas	29
3.3.	Balance de lixiviados	32
<b>4.</b>	<b>Planificación provisoria para la construcción del CTRSU</b>	<b>40</b>
4.1.	Trabajos iniciales	40
4.2.	Relleno sanitario	43
4.3.	Gestión de lixiviados	48
4.4.	Trabajos anexos	50
4.5.	Cómputo métrico etapa	50
4.6.	Cómputo métrico general	51
<b>5.</b>	<b>Manual de operaciones del CTRSU</b>	<b>52</b>
5.1.	Domésticos	52
5.2.	Comerciales	54
5.3.	Industriales	55
5.4.	Poda	55
5.5.	Puntos limpios	55
5.6.	Operación de vertido de RS	58
5.7.	Operación de lixiviados	58
<b>6.</b>	<b>Plan de gestión integral de RSU</b>	<b>59</b>
6.1.	Problemáticas para su implementación	60
6.2.	Prevención y minimización de RSU	61
6.3.	Reciclaje y reutilización	63
6.4.	Indicadores de calidad	72



---

<b>Bibliografía</b>	<b>73</b>
<b>Comentarios finales</b>	<b>74</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1: Imagen satelital de la zona	7
Fig. 1.2: Estado actual de vertedero	14
Fig. 2.1: Tipo de suelo	16
Fig. 2.2: Tipo de suelo (2)	25
Fig. 3.1: Capas de impermeabilización	36
Fig. 4.1: Alambrado actual	40
Fig. 4.2: Cortina forestal	41
Fig. 4.3: Sitio de nuevo camino	42
Fig. 5.1: Máquina separadora	53
Fig. 6.1: Pirámide PGIRSU	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Generación en Córdoba	12
Tabla 2.1: Tipos de RSU	19
Tabla 2.2: Cálculo de población	21
Tabla 2.3: Volumen domiciliario	22
Tabla 2.4: Volumen industrial	23
Tabla 2.5: Volumen total	24
Tabla 3.1: Evapotranspiración	33
Tabla 4.1: Demanda vs Disponibilidad	43
Tabla 4.2: Movimiento de suelo	45
Tabla 4.3: Volúmenes de áridos	46
Tabla 4.4: Cómputo métrico etapa	50
Tabla 4.5: Cómputo métrico general	Anexo
Tablas 4.6 – 4.7: Cálculo de costo por m <sup>3</sup>	Anexo
Tabla 6.1: Problemáticas	60



## **1.1. OBJETIVOS**

- Recopilar información, realizar pre-diseños y cálculos estimativos para el planteo de un Centro de Tratamiento de Residuos sólidos domiciliarios, comerciales e industriales, que cumpla con los estándares de la Ingeniería Ambiental actual. El predio contará con un espacio para la separación de residuos, tratamiento, y disposición final, logrando evitar la contaminación de las inmediaciones, las cuales actualmente afectan a la localidad.
- Diseñar programas que contribuyan positivamente en la gestión de residuos, disminuyendo la cantidad de ellos que ingresan al centro, bajando los costos de operación y evitando la necesidad de disposición.

## **1.2. ALCANCE**

El alcance del presente trabajo final es únicamente el de servir como base para un diseño de un proyecto ejecutivo, y evitar que los trabajos actuales en el predio sean contraproducentes para el futuro del mismo.

Por otro lado, dentro de los programas para tratar cada uno de los puntos de la gestión integral de RSU, se encuentran varias ideas y recopilaciones, con experiencias en otras ciudades, aptos para ser planteados en General Deheza. La mayoría de ellos requieren presupuesto y personal acorde a la localidad.

## **1.3. CIUDAD DE GENERAL DEHEZA**

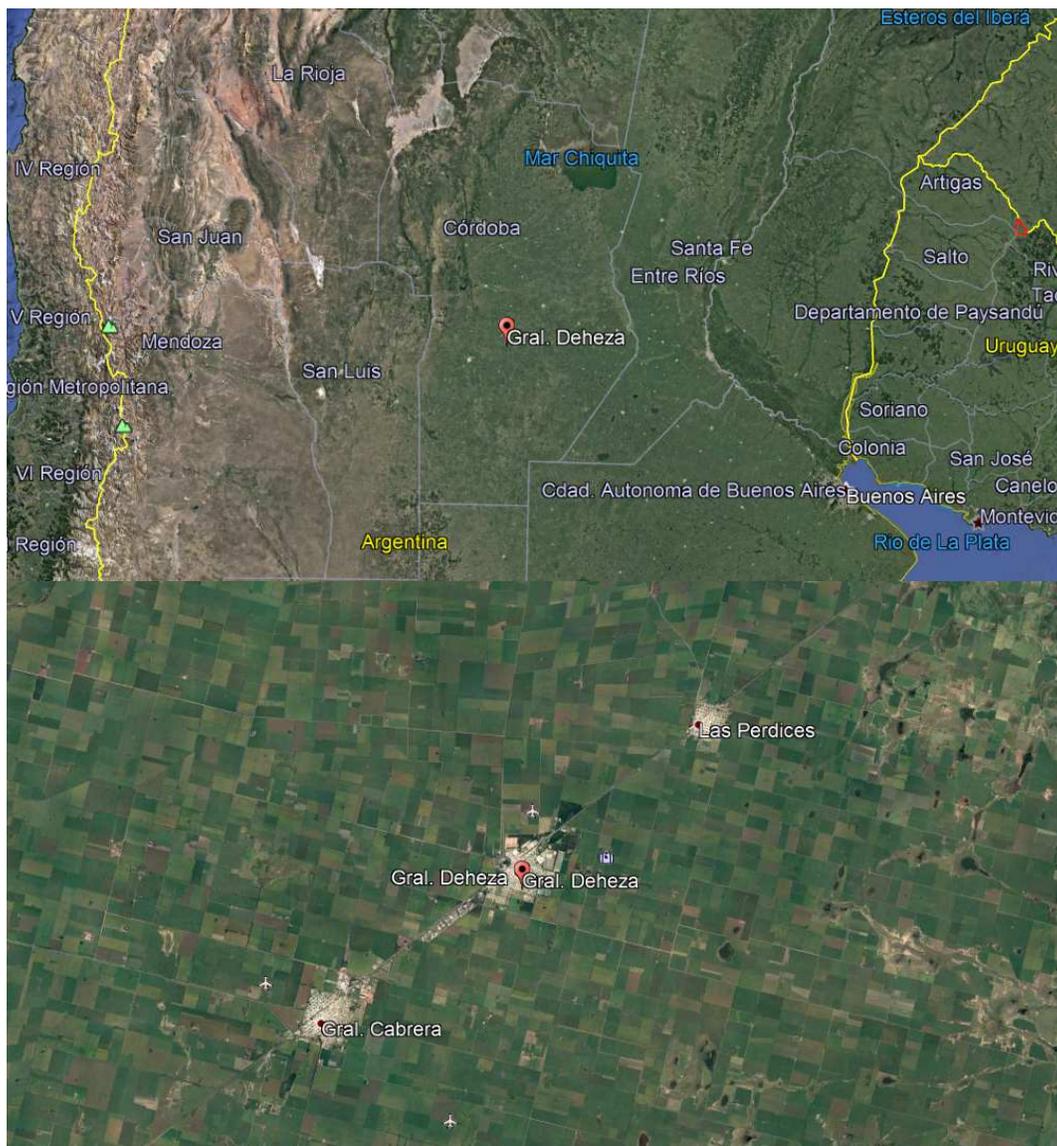
La ciudad de General Deheza se encuentra al sur de la provincia de Córdoba, a 200 km de la capital provincial. Está asentada sobre la ruta nacional N° 158, que une las ciudades de Villa María y Río Cuarto. Actualmente cuenta con 12.000 habitantes (unas 3.000 familias).

El municipio posee un sector comercial bien consolidado, con varios supermercados y negocios de todo tipo. Sin embargo, el fuerte de la ciudad son las actividades industriales, desarrolladas por aceiteras, molinos, metalúrgicas, etc., las cuales son realizadas por la gran mayoría del sector trabajador de la ciudad. Además, la ciudad cuenta con mucho movimiento de personas que no residen en General Deheza, pero sí desarrollan sus actividades allí, lo cual se deberá tener en cuenta en el presente Plan.

En la localidad se encuentran varios establecimientos educativos de nivel inicial y superior, entre ellas, el Instituto Técnico Adrián P. Urquía, el cual recibe estudiantes de toda la región. También existen varios clubs sociales, donde la población practica deportes, y diversas actividades recreativas.



Fig. 1.1: Imagen satelital de la zona



#### 1.4. HORIZONTE DE PROYECTO

El proyecto se diagramó para un horizonte de proyecto final de 25 años, coherente con una obra civil de esta categoría. Para una mejor administración de los recursos municipales, el horizonte de proyecto se dividió en 5 etapas, con 5 años entre cada una.



## 1.5. MARCO TEÓRICO

### 1.5.1. Residuo

“Son aquellos materiales generados en las actividades de producción, transformación y consumo, que son abandonados por su poseedor o bien este tiene la intención de abandonarlos, ya sea por no existir tecnología de recuperación o reciclaje, o bien por no existir mercados para su comercialización” (*Apuntes de Clase, Dr. Francisca, F., 2017*)

La velocidad a la que nuestra sociedad genera residuos es muy superior a su capacidad para hacerlos desaparecer; y en este caso, el término capacidad incluye disponibilidad de infraestructuras para el tratamiento y reciclado, existencia de personal cualificado con los conocimientos teóricos y prácticos necesarios, aplicación de sistemas de gestión adecuados, y, sobre todo, voluntad para afrontar un problema que hace ya tiempo que nos sobrepasa. (*De Residuo a Recurso, Red Española de Compostaje, 2014*)

### 1.5.2. Tipos de residuos (*Kielly, G., 2000*)

- Residuos domésticos: generados por los hogares como consecuencia de las actividades domésticas.
- Residuos comerciales: residuos generados por la actividad comercial, bares, mercados, oficinas, etc.
- Residuos industriales: generados por la industria de cualquier tipo.
- Bioresiduo: residuo biodegradable de jardines y parques.

### 1.5.3. Vertido de RSU

El método más tradicional de eliminación de RSU siempre fue el vertido. La gran mayoría de localidades pequeñas y medianas cuentan actualmente con un vertedero o basural a cielo abierto, en el cual depositan los residuos, generalmente sin ningún tratamiento previo. Durante las últimas tres décadas, en países desarrollados, se ha modificado la práctica desde el simple volcado (como se realiza actualmente) hacia un vertido controlado. Dichas prácticas incluyen programas de seguimiento de residuos, gases, lixiviados, con el fin de controlar la contaminación del entorno circundante, especialmente de las aguas subterráneas y superficiales. (*Red Española de Compostaje, 2014*)

### 1.5.4. Basurales a cielo abierto

Son lugares de disposición donde se lleva a cabo la eliminación indiscriminada de residuos sólidos sin control de operación o con medidas muy limitadas para proteger el ambiente circundante.

Actualmente la ciudad de General Deheza cuenta con un basural de este tipo.



Características (*Kielly, G., 2000*):

- Sin planificación y generalmente mal ubicados
- Los RSU son arrojados indiscriminadamente
- No se controla la zona
- Muy poca (o no existe) preparación del terreno
- No hay gestión del lixiviado
- No hay gestión del gas
- No hay compactación
- Mantenimiento inadecuado de accesos
- Sin vallado
- Control parcial o sin control de cantidades
- Sin historial de registros
- Altas probabilidades de incendios y de impactos desfavorables para el ambiente y la salud
- Inversión baja, pero alto costo a largo plazo

## **1.6. JUSTIFICATIVOS DE PROYECTO**

### **1.6.1. Aspectos de salud pública**

La gestión inadecuada de los RS tiene efectos negativos directos en la salud. La fermentación incontrolada de la basura es una fuente de alimentos y hábitat para el crecimiento bacteriano. En el mismo ambiente proliferan insectos, roedores, pájaros, etc., que actúan como portadores en la transmisión de algunas enfermedades infecciosas. El público en general está expuesto a ellas.

Los RSU pueden contener (*Kielly, G., 2000*):

- Agentes patógenos humanos: pañales, pañuelos, comida contaminada, etc.
- Agentes patógenos animales: residuos de animales domésticos
- Agentes patógenos del terreno: residuos de jardín

Algunas enfermedades que pueden ocasionar los elementos tóxicos: poliovirus, hepatitis, meningitis, diarrea, fiebre tifoidea, etc.

### **1.6.2. Aspectos ambientales**

Los vertederos y lugares de descarga producen la contaminación de las aguas subterráneas si no se tratan adecuadamente. Esto es sumamente importante en la ciudad de General Deheza, debido a que el vertedero (basural) actual, y también el futuro, se encuentran en una zona alta, por lo tanto, los lixiviados tóxicos se moverán a través de las líneas de flujo hacia la zona de la ciudad.

Los problemas adicionales (no menos importantes) que afectan ambientalmente a la población son los malos olores, desperdicios, animales carroñeros, infecciones por ratas, etc.



El resultado del vertido mundial de RSU, de forma incontrolada, ha dejado en herencia sitios de descarga abandonados, aguas contaminadas, lagos y arroyos envenenados, lugares de co-eliminación con suelos tóxicos y riesgo potencial de explosiones de metano. **El vertido, aunque es la ruta de evacuación más extendida hoy en día en la Argentina, queda reglada mundialmente como último recurso.** (Kielly, G., 2000)

### 1.6.3. Aspectos económicos

La creación de un Centro de Tratamiento de residuos sólidos, acompañado de un correcto plan de gestión integral, presupone un costo de diseño, construcción, organización y operación, mayor al requerido por un simple basural. De todas formas, en todos los casos bibliográficos estudiados, un buen diseño otorga un menor costo económico y ambiental a largo plazo. Un mal diseño obliga a que se hagan constantes correcciones, tareas de remediación, etc., las cuales requieren un desembolso de dinero y personal para realizarlas. Un buen diseño permite el óptimo desempeño a lo largo de la vida útil del proyecto.

## 1.7. MARCO LEGAL

### 1.7.1. Leyes nacionales

- Artículo 41 de la Constitución de la Nación Argentina
- Ley General de Ambiente (25.675)
- Ley de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos domiciliarios (25.916)
- Ley de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos industriales y de actividades de servicios (25.612)

### 1.7.2. Leyes provinciales

- Ley 9088 – Gestión de RSU y Residuos asimilables a los RSU
- Ley 10.208 – Política ambiental

### 1.7.3. Municipio

- Ordenanza 199/89 – Cestos contenedores de residuos
- Esquema de ordenamiento urbano – Año 2007
- Ordenanza 2997/17 – Prohibición de bolsas de polietileno

## 1.8. CONTEXTO

### 1.8.1. Escala mundial

- Ley de Residuos Sólidos de EEUU, año **1965**
- Carta Europea año **1989**: “Los residuos deberían manejarse de tal manera que se logre un uso óptimo de los recursos naturales y que se produzca una contaminación mínima.”
- Ley 939, Asamblea de California, año **1993**: el 50% de los residuos deben ser desviados de los vertederos.



### *Manejo de RSU*

- Noruega

Procesa y revaloriza el 80% de los residuos que genera. Importa de países vecinos, recicla y produce energía eléctrica para su sistema interconectado.

- Estados Unidos

Mayor producción mundial de basura (aproximadamente el doble que Argentina). Tasa de reciclaje cercana al 35%

### **1.8.2. Escala nacional** (<https://www.infobae.com/sociedad/2017/07/30/17-mil-toneladas-de-desechos-por-dia-como-es-el-camino-de-la-basura-en-buenos-aires/>)

- Buenos Aires

La empresa Ceamse, creada por el la Ciudad y Pcia. de Buenos Aires, posee un predio de 500 ha, donde llegan 17.000.000 de kg de residuos diarios, provenientes del 40% de la población nacional (15.000.000 habitantes).

Posee una tasa de reciclaje del 13%, y su meta es tener el 100% para 2030.

Destinos:

- **Clasificación de material reciclaje**
- Reconversión del caucho
- Fabricación de eco-ladrillos con sobras de alimentos
- **Generación de compost** a través de residuos verdes y poda
- Transformación de lixiviados en agua de riego
- **Generación de energía eléctrica** (alimenta aproximadamente 15.000 hogares)

Los RSU que no se tratan, se disponen correctamente en enterramientos sanitarios, aislados del suelo natural.

### **1.8.3. Escala provincial** (*Observatorio RSU, Ministerio de Ambiente de la Nación* – [www.observatoriorsu.ambiente.gob.ar](http://www.observatoriorsu.ambiente.gob.ar))

La provincia de Córdoba genera 3.264 tn/día, y crece a un ritmo de 0.3% anual.

La ciudad de Córdoba aún no define el sitio donde se deben disponer los RSU.

En el interior, prácticamente la totalidad de los municipios cuenta con basurales a cielo abierto, a pesar de que haya un programa provincial que los prohíba.

Los municipios poseen, en general, un adecuado sistema de recolección de los RSU, con frecuencias que oscilan entre 3 a 6 veces por semana dependiendo de la producción y la población de las localidades.



Se ha observado la poca profesionalización de las actividades de los gestores de residuos sólidos, tanto técnicos como económicos. No se cuentan con ordenanzas en la mayoría de las localidades que impulsen la gestión integral de los RSU

Hay intenciones por parte del gobierno provincial de regionalizar la gestión de RSU, además de intentos no formalizados y uno en funcionamiento en la región de Traslasierra administrado por el Ente Intermunicipal Traslasierra Limpia.

Tabla. 1.1: Generación en Cba.

Departamento	GPC	Generación	Planta de Separación	Disposición Final - Relleno Sanitario	Basural a cielo abierto
	Generación kg/hab x día	Diaria Tn/día			
<b>Mayor a 500.000 habitantes</b>					
Capital	1,007	1339	SI	Si	Si
<b>Habitantes 200.000 a 499.999</b>					
Río Cuarto	0,971	239	SI	Si	Si
Colón	0,971	219	No	No	Si
San Justo	0,971	200	No	No	Si
<b>Habitantes 100.000 a 199.999</b>					
Punilla	0,964	172	No	No	Si
General San Martín	0,964	123	No	Vertedero Controlado	No
Tercero Arriba	0,964	106	No	No	Si
Unión	0,964	102	No	No	Si
Marcos Juárez	0,964	100	No	No	Si
Río Segundo	0,964	100	No	No	Si
<b>Habitantes 50.000 a 99.999</b>					
Santa María	0,716	70	No	No	Si
Juárez Celman	0,716	44	No	No	Si
Cruz del Eje	0,716	42	No	No	Si
Calamuchita	0,716	39	No	No	Si
San Javier	0,716	38	No	No	Si
<b>Habitantes 10.000 a 49.999</b>					
Río Primero	0,694	32	No	No	Si
San Alberto	0,694	26	No	No	Si
Presidente Roque Sáenz Pe	0,694	25	No	No	Si
General Roca	0,694	25	No	No	Si
Ischilín	0,694	22	No	No	Si
Totoral	0,694	13	No	No	Si
Río Seco	0,694	9	No	No	Si
Tulumba	0,694	9	No	No	Si
<b>Habitantes 2.000 a 9.999</b>					
Pocho	0,632	3	No	No	Si
Minas	0,632	3	No	No	Si
Sobremonte	0,632	3	No	No	Si



### **1.9. DIAGNÓSTICO – PROBLEMÁTICAS EN LA GESTIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Desde hace aproximadamente 27 años, se realiza el vertido de RSU provenientes de la localidad, en un predio al norte de la ciudad. El predio cuenta con una superficie de 3 hectáreas, en las cuales se realiza una acumulación en área, con movimiento de tierra y enterrado.

Problemáticas principales y sus consecuencias:

- No se realiza ningún tipo de aislamiento entre el suelo natural y los residuos. La napa freática atmosférica puede presentar contaminación (en espera de resultados de análisis de calidad de agua).
- Se permite que cualquier persona física o jurídica acceda y disponga sus residuos, sin importar su tipo o cantidad.
- No se hace una diferenciación entre residuos domésticos, industriales y peligrosos. Hay posibilidad de que, dentro de los residuos depositados, haya agentes patógenos, metales pesados o elementos peligrosos. El simple contacto de este tipo de elementos puede provocar grandes afecciones.
- Al no haber ningún tipo de separación, todo material posiblemente reciclable se daña y pierde valor. Los residuos de poda también pierden su utilidad debido a que se mezclan y contaminan.
- Con el tiempo, el basural colapsó, y hoy en día no hay más espacio para disposición de RSU.

Como se puede ver en las fotografías siguientes, el vertido se realiza de forma irresponsable y desordenada, lo que concluyó con la necesidad de adquirir un espacio adicional de terreno. Es muy importante que el municipio entienda la necesidad de organizar el proceso de vertido, creando una planificación en su construcción y operación, logrando así que el predio adquirido tenga la mayor vida útil posible. A medida que ésta última aumente, la rentabilidad de la inversión lo hará proporcionalmente, por lo cual, no se trata de una cuestión meramente ambiental, sino también económica.

### **1.10. REQUERIMIENTOS LEGALES PARA LA APROBACIÓN DE UN CENTRO DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

En el momento del estudio, la Lic. Eugenia Acevedo se ocupa de la verificación de los requisitos que impone la provincia para la aprobación del presente proyecto. Se espera que se pida un Estudio de Impacto Ambiental, por lo cual, se diseñará con la premisa



de que cada punto tiene que ser beneficioso para el ambiente, y en caso de que no lo fuese, mitigar lo más posible los efectos negativos del mismo.

Fig. 1.2: Estado actual de vertedero





## **CAPITULO 2: CARÁCTERIZACIÓN Y CÁLCULO DE PARÁMETROS REQUERIDOS EN EL DISEÑO**

### **2.1. EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA**

La municipalidad de General Deheza, en el momento que notó que el viejo basural estaba colapsando (año 2017), decidió adquirir un predio colindante al anterior. Los justificativos del lugar elegido se basaron en que el foco de contaminación ya estaba generado desde hace muchos años.

Cabe destacar que el predio ya estaba adquirido en el momento de iniciar el proyecto, por lo que el autor no estuvo implicado en las decisiones de la compra. Sin embargo, se hará una evaluación sobre los aspectos relacionados al predio, indicando aquellos favorable y desfavorables.

La elección del lugar de emplazamiento es un trabajo interdisciplinario, y dependerá esencialmente de los siguientes aspectos (Kielly, G. 2000):

- Condiciones ecológicas y biológicas
- Condiciones geológicas e hidrogeológicas
- Fuentes de suministro de agua existentes
- Aspectos recreativos
- Desarrollo urbano potencial
- Posibilidades de acceso
- Distancia de transporte
- Posibilidades de tratamiento de lixiviado
- Cercanía a zonas residenciales
- Vientos predominantes

#### **2.1.1. Condiciones ecológicas y biológicas**

El sitio emplazado ya cuenta con un gran foco de contaminación, correspondiente al viejo basural, el cual no tuvo ningún tipo de control ecológico o biológico. La flora y fauna autóctona correspondiente a la zona aledaña no está presente en el lugar, ya que está explotada agrónomicamente desde hace muchos años.

#### **2.1.2. Condiciones geológicas e hidrogeológicas**

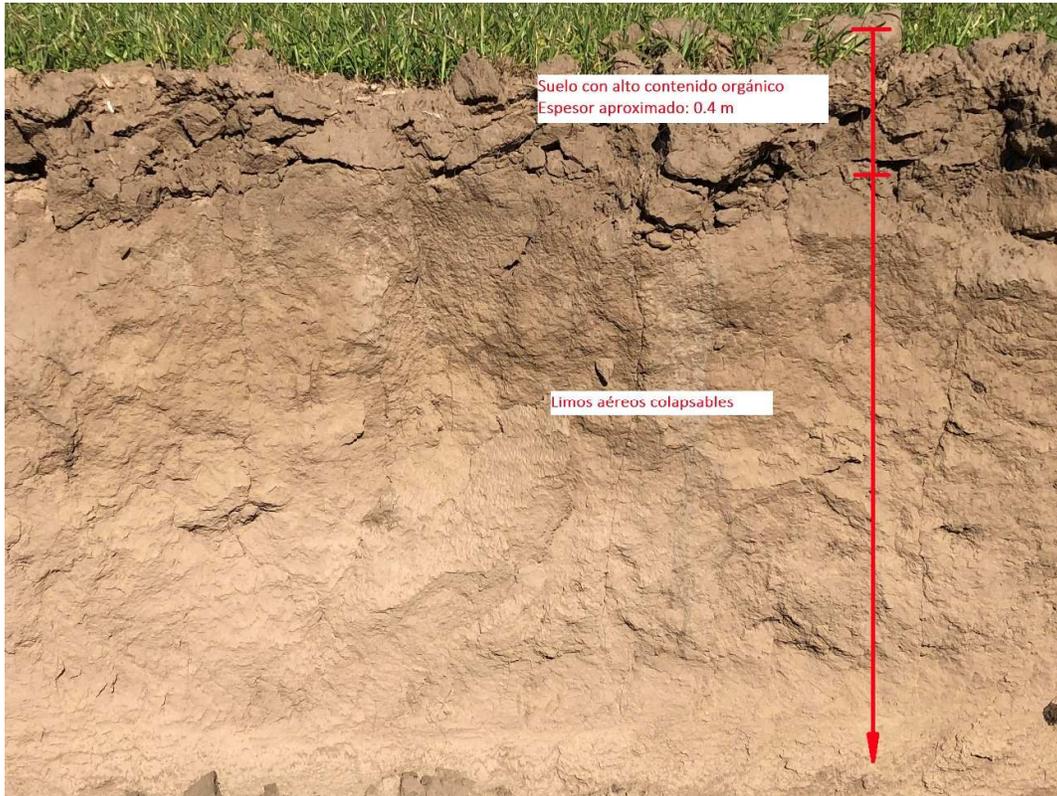
Dentro de la geología, el emplazamiento es indistinto sobre cualquier terreno en la zona, debido a que el tipo de suelo es homogéneo en relación al emplazamiento. Corresponde a mantos de limos que fueron depositados por vientos a lo largo de miles de años (Loess).

Por otro lado, dentro de la hidrología de la zona, el emplazamiento no es óptimo, ya que está situado en zonas altas. Cualquier contaminante que ingrese al suelo irá por gravedad hacia la ciudad, y contaminará los suelos sobre el cual la mismo está



emplazada. Cabe destacar que la conductividad del suelo es muy baja, por lo cual se tardarán muchos años hasta que llegue. El efecto se puede mitigar realizando una buena aislación entre el relleno sanitario y el suelo.

Fig. 2.1: Tipo de suelo



### 2.1.3. Fuentes de suministro de agua existentes

Actualmente existe una perforación a 15 metros de profundidad. Se está a la espera de los resultados de los análisis realizados sobre la calidad del agua.

### 2.1.4. Aspectos recreativos

A unos 1000 metros del basural, se encuentra el Club Acción Juvenil, donde se desarrollan actividades deportivas y recreativas. El Centro de Tratamiento podría afectar en caso de que el viento predominante sea en el sentido del Club, aunque, si se toman las medidas correspondientes, no se deberían generar malos olores excesivos, y, por lo tanto, no se afectaría el club.



### **2.1.5. Desarrollo urbano potencial**

El desarrollo del predio en el lugar elegido corresponde a una buena opción en este apartado, debido a que la ciudad se está desarrollando hacia el otro extremo, alejándose del sitio de disposición de residuos.

### **2.1.6. Posibilidades de acceso**

Los accesos al sitio son buenos, siendo una ruta de transporte pesado. No se interfiere con el tránsito de la ciudad.

### **2.1.7. Distancia de transporte**

La distancia de transporte es aceptable, ya que el predio se encuentra a 2500 metros del centro de la ciudad. Además, la frecuencia de viajes por día son relativamente pocos, por lo cual, no es un apartado que con gran importancia.

### **2.1.8. Posibilidades de tratamiento de lixiviado**

El lixiviado se puede tratar en una planta de tratamiento de efluentes cloacales. La planta municipal se encuentra a varios km del centro de tratamiento de RSU, por lo tanto, se deberá evaluar la posibilidad de construir una pequeña planta de tratamiento para lixiviado, tratándolo en el lugar, y utilizándolo para el riego de los árboles de la cortina forestal.

### **2.1.9. Cercanía a zonas residenciales**

El predio del actual basural no compromete a zonas residenciales, ya que se encuentra, por lo menos, a 1000 metros de los límites de General Deheza.

### **2.1.10. Vientos predominantes**

La zona es ventosa en las estaciones otoño-invierno, con vientos provenientes del norte.

### **2.1.11. Comparativa**

Se realizó la comparación de los aspectos mencionados anteriormente, con respecto a un predio ubicado donde el autor considera ideal. Se llega al resultado de que el predio propuesto por el autor cumple superiormente con los requisitos. Sin embargo, el predio adquirido reúne en un mismo sitio toda la contaminación por RSU, lo cual, es beneficioso para la sociedad.

Plano 2.1: Comparativa entre terrenos.



	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
Tema: Comparativa entre terrenos Centro de tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza				PLANO N°: 2.1
				Sustituye a:
				Sustituido por:



## 2.2. PARÁMETROS DE LOS RESIDUOS QUE INGRESAN

### 2.2.1. Tipo de residuos que ingresan (Secretaría de Ambiente, Pcia. de Córdoba)

La ciudad de General Deheza tiene una particularidad especial, y es que posee una gran cantidad de industrias. Debido a ello, actualmente se generan más residuos de tipo industrial que de tipo doméstico, siendo éste un problema que se intentará solucionar con las etapas de gestión integral de RSU.

Dentro de los **domésticos**, según estudios realizados por la Secretaría de Ambiente, los porcentajes aproximados de cada tipología son:

Tabla 2.1: Tipo de RSU

		o de reutilización
<b>Papeles y cartones</b>	<b>14,43 %</b>	<b>100</b>
Diarios y revistas	0,45 %	
Papel de oficina	0,38 %	
Papel mezclado	7,8 %	
Cartón	4,8 %	
Envases tetrabrick	1 %	
<b>Plásticos</b>	<b>14,64 %</b>	<b>100</b>
PET	2,89 %	
PEAD	1,83 %	
PVC	0,52 %	
PEBD	5,55 %	
PP	2,5 %	
PS	1,31 %	
Otros	0,03 %	
<b>Vidrio</b>	<b>4,87 %</b>	<b>100</b>
Verde	2,31 %	
Ambar	0,81 %	
Blanco	1,69 %	
Plano	0,05 %	
<b>Metales</b>	<b>2,34 %</b>	<b>100</b>
Metales ferrosos	2,12 %	
Metales no ferrosos	0,22 %	
<b>Materiales textiles</b>	<b>3,34 %</b>	
<b>Madera</b>	<b>0,37 %</b>	<b>0</b>
<b>Goma, cuero y corcho</b>	<b>0,32 %</b>	<b>100</b>
<b>Pañales y apositos</b>	<b>6,68 %</b>	<b>0</b>
<b>Residuos de poda</b>	<b>3,2 %</b>	<b>Compostaje</b>
<b>Residuos peligrosos</b>	<b>1,6 %</b>	<b>0</b>
<b>Desechos alimenticios</b>	<b>42,65 %</b>	<b>Biogas</b>



### **2.2.2. Compacidad alcanzada**

Actualmente el material que proviene de los hogares es separado, y aquellos materiales que no son aptos para el reciclado se compactan en fardos de 1.2 m x 0.6 m x 0.6 m. Es de importancia que todo material que ingrese sea compactado, para así aumentar varias veces la vida útil del relleno sanitario.

Los fardos de 0.43 m<sup>3</sup> pesan aproximadamente 150 kg, lo cual da una densidad en el orden de los 350 kg/m<sup>3</sup>. Una vez dispuestos sobre el espacio de vertido, los residuos se compactan utilizando la maquinaria, alcanzando densidades de aproximadamente 700 kg/m<sup>3</sup>

### **2.2.3. Tratamiento previo**

Se preferirá que los residuos lleguen al centro con un porcentaje de separación incluida, para que la tarea de reciclaje sea más fácilmente realizada por los operarios. Cualquier mejora en el porcentaje de separación primaria (en los hogares) contribuirá positivamente, disminuyendo la tarea de las personas encargadas de hacerlo en el Centro de Tratamiento.

No se realiza trituración previa de residuos domésticos, aunque sí se deberá aplicar a los residuos de poda.

## **2.3. ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES DE INGRESO**

La estimación de los volúmenes actuales y futuros determinará la vida útil del predio adquirido por el municipio. Otra vez, para el caso de que los datos tengan carácter de definitivos, se requerirán estudios más exhaustivos.

### **2.3.1. Volumen promedio diario doméstico y comercial**

El volumen doméstico es transportado hasta el basural a través de camiones recolectores. Al mismo llegan las siguientes cantidades:

- Lunes: 4 camiones diarios
- Martes, miércoles, jueves y viernes: 1 camión diario
- Sábado: 1 camión diario

Las cantidades estudiadas arrojan un valor actual de 0.59 kg/hab.día (*Lic. Eugenia Acevedo*), lo cual es acorde a las cantidades determinadas por las Secretaría de Ambiente.



### Cálculo

Se recopiló información censal del INDEC, provenientes de los censos del 1991, 2001 y 2010. Se utilizó el método de Tasa de crecimiento anual compuesto para el cálculo de las tasas de crecimiento, arrojando un promedio de 0.019 (1.9%) anual.

Tabla 2.2: Cálculo de población

Cálculo de población			
Año	Habitantes	n	tcca
1991	7690		
		10	0,022
2001	9537		
		9	0,017
2010	11061		
		<b>Promedio</b>	<b>0,019</b>

Según la Secretaría de Ambiente, la cantidad de RSU generado por la población crece a un ritmo de 2-3% anual, valor que se contempló para el cálculo de la cantidad de RSU generados.

Teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y de generación, se procedió al cálculo del volumen de generación anual, por cada año que contemple el horizonte de proyecto (25 años).

Cabe destacar que los cálculos se hicieron con valores de generación actuales. La etapa próxima de gestión de RSU está destinada a disminuirlos, por lo tanto, todos los valores calculados resultan conservadores, es decir, la vida útil del predio aumentará en la medida que las políticas y programas de gestión sean eficientes.

Con respecto a la densidad, se tomó de 700 kg/m<sup>3</sup>. La misma es la densidad que se alcanza una vez depositado el residuo.



A continuación, se muestran las cantidades calculadas:

Tabla 2.3: Volumen domiciliario

AÑO	POBLACIÓN		GENERACIÓN			VOLUMEN ACUMULADO
	[hab]	[kg/hab.día]	[kg/día]	[tn/año]	[m3/año]	[m3]
2018	12877	0,59	7597,4	2773,1	3961,5	
2019	13124	0,61	7977,2	2911,7	4159,5	
2020	13376	0,62	8252,2	3012,0	4302,9	
2021	13632	0,63	8536,7	3115,9	4451,3	
2022	13894	0,64	8830,9	3223,3	4604,7	21479,9
2023	14160	0,65	9135,3	3334,4	4763,4	
2024	14432	0,65	9450,2	3449,3	4927,6	
2025	14709	0,66	9776,0	3568,2	5097,5	
2026	14991	0,67	10113,0	3691,2	5273,2	
2027	15279	0,68	10461,6	3818,5	5455,0	46996,7
2028	15572	0,69	10822,2	3950,1	5643,0	
2029	15871	0,71	11195,3	4086,3	5837,6	
2030	16175	0,72	11581,2	4227,1	6038,8	
2031	16485	0,73	11980,4	4372,9	6246,9	
2032	16802	0,74	12393,4	4523,6	6462,3	77225,3
2033	17124	0,75	12820,6	4679,5	6685,1	
2034	17452	0,76	13262,6	4840,8	6915,5	
2035	17787	0,77	13719,8	5007,7	7153,9	
2036	18128	0,78	14192,7	5180,3	7400,5	
2037	18476	0,79	14682,0	5358,9	7655,6	113035,8
2038	18831	0,81	15188,1	5543,6	7919,5	
2039	19192	0,82	15711,6	5734,7	8192,5	
2040	19560	0,83	16253,2	5932,4	8474,9	
2041	19935	0,84	16813,5	6136,9	8767,0	
2042	20318	0,86	17393,1	6348,5	9069,2	
<b>TOTAL RSU A HORIZONTE DE PROYECTO</b>						<b>155458,9</b>

### 2.3.2. Volumen industrial

Actualmente el volumen que disponen las empresas dentro del predio no son registradas, lo cual es un grave problema a la hora de evaluar cualquier política de gestión. Los empleados municipales que se encargan de la operación del predio están convencidos de que las industrias y los particulares disponen residuos en igual o mayor que el sector doméstico.

Será necesario la creación de un programa de gestión que regule la generación y el vertido de RS por parte de las empresas, ya que actualmente las mismas trasladan un grave problema al municipio.



El autor Gerard Kiely, en su libro “Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión” estima un aproximado de 1.2 tn/empleado.año para la generación industrial de características similares a las de la localidad. Se intentó recopilar entonces los datos sobre qué cantidad de empleados industriales existen, pero no se logró contar con dicha información.

Cabe destacar que la principal industria de la localidad (AGD) cuenta con su propio vertedero y queda fuera del alcance del estudio.

Se estimó entonces 1 empleado industrial cada 8 habitantes, y 3 tn/año.empleado<sup>1</sup>. Con respecto a la densidad de los residuos, se tomó de 900 kg/m<sup>3</sup>. Con los datos censales calculados anteriormente, se pudo llegar a los siguientes datos estimativos:

Los cálculos realizados nos arrojan los siguientes resultados:

Tabla 2.4: Volumen industrial

AÑO	POBLACIÓN		GENERACIÓN	
	[hab]	[empleados industriales]	[kg/año]	[m3/año]
2025	14709	1839	5515,9	6128,7
2026	14991	1874	5621,7	6246,3
2027	15279	1910	5729,5	6366,1
2028	15572	1946	5839,4	6488,3
2029	15871	1984	5951,4	6612,7
2030	16175	2022	6065,6	6739,6
2031	16485	2061	6182,0	6868,9
2032	16802	2100	6300,6	7000,6
2033	17124	2140	6421,4	7134,9
2034	17452	2182	6544,6	7271,8
2035	17787	2223	6670,2	7411,3
2036	18128	2266	6798,1	7553,5
2037	18476	2310	6928,6	7698,4
2038	18831	2354	7061,5	7846,1
2039	19192	2399	7196,9	7996,6
2040	19560	2445	7335,0	8150,0
2041	19935	2492	7475,7	8306,3
2042	20318	2540	7619,1	8465,7
<b>TOTAL RSU INDUSTRIALES A HORIZONTE DE PROYECTO</b>			<b>130285,8</b>	

<sup>1</sup> Se estimó el más del doble de generación por industria, debido a que se realizó un ajuste por las experiencias del personal del viejo basural.



Tabla 2.5: Volumen total

AÑO	VOLUMEN DOMÉSTICO [m3/año]	VOLUMEN INDUSTRIAL [m3/año]	VOLUMEN TOTAL [m3/año]	VOLUMEN ACUMULADO [m3]	Área util de celda común [m2]	Metros lineales necesarios [m]
2018	3961,5	5365,4	9326,92			
2019	4159,5	5468,3	9627,88			
2020	4302,9	5573,2	9876,17			
2021	4451,3	5680,2	10131,41			
2022	4604,7	5789,1	10393,82	49356,21	387	127,54
2023	4763,4	5900,2	10663,61			
2024	4927,6	6013,4	10941,00			
2025	5097,5	6128,7	11226,22			
2026	5273,2	6246,3	11519,51			
2027	5455,0	6366,1	11821,11	105527,65	387	272,68
2028	5643,0	6488,3	12131,28			
2029	5837,6	6612,7	12450,27			
2030	6038,8	6739,6	12778,36			
2031	6246,9	6868,9	13115,81			
2032	6462,3	7000,6	13462,92	169466,29	387	437,90
2033	6685,1	7134,9	13819,99			
2034	6915,5	7271,8	14187,30			
2035	7153,9	7411,3	14565,19			
2036	7400,5	7553,5	14953,97			
2037	7655,6	7698,4	15353,98	242346,72	387	626,22
2038	7919,5	7846,1	15765,56			
2039	8192,5	7996,6	16189,08			
2040	8474,9	8150,0	16624,89			
2041	8767,0	8306,3	17073,38			
2042	9069,2	8465,7	17534,94	325534,56	387	841,17
<b>TOTAL</b>			<b>325534,56</b>			

Debido a que los resultados fueron muy estimativos, y con el objeto de que todos nuestros cálculos resulten conservadores, se tomará como volumen total a 25 años el valor de 350.000 m<sup>3</sup>. Dicho valor corresponde al valor inicial sin modificaciones, con una baja densidad y sin el necesario control de acceso del basural. **Cabe destacar que una vez que se estudien los programas de separación, minimización, reciclado, generación industrial, formación ciudadana, etc., el valor debería bajar ampliamente, lo cual nos daría como consecuencia un aumento en la vida útil del predio adquirido.**



## 2.4. CONSTRUCCIÓN EN ETAPAS

Como se nombró al inicio del presente trabajo, la construcción del centro de tratamiento estará diagramada en etapas, con la primera de ellas, suficiente para 5 años de vertido de RSU.

En los primeros 5 años, se estimará que la población generará 50.000 m<sup>3</sup> de RS.

## 2.5. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEL EMPLAZAMIENTO

### 2.5.1. Tipo de suelo

La zona está caracterizada por la presencia de suelo loésico, compuesto por limos depositados por tormentas de viento a lo largo de miles de años. Como se explicará en el párrafo siguiente, la humedad es particularmente perjudicial para este tipo de suelos, por lo cual, se deberá tener especial cuidado al momento del manejo de lixiviados.

### 2.5.2. El rol del contenido de humedad en los loess *(Características Geotécnicas del Loess de Argentina, Ing. Rocca, Ing. Redolfi, Ing. Terzariol, Universidad Nacional de Córdoba, 2007)*

El agua tiene un rol muy importante en la formación y comportamiento posterior del loess. A medida que el contenido de humedad decrece, las partículas finas se desplazan hacia el menisco, la concentración iónica en los fluidos de los poros se incrementa, el espesor de la doble capa disminuye y las fuerzas de atracción de Van der Waals prevalecen sobre las fuerzas de repulsión de la doble capa. Cuando las fuerzas de atracción interpartículas dominan, las partículas arcillosas flocculan formando puentes de arcilla y contrafuertes en los contactos entre granos de arena y limo.

Una mayor reducción del contenido de humedad, hace que los cationes hidratados de la doble capa se deshidratan y se vinculen iónicamente a las partículas arcillosas contiguas. Mientras tanto, la concentración de sales alcanza la saturación y las sales precipitan como cristales que robustecen la estructura del suelo. El aumento contemporáneo de la succión aumenta también la resistencia, que es más efectiva entre partículas arcillosas en los puentes y contrafuertes, que en los meniscos entre partículas gruesas. El efecto combinado de estos procesos confiere a los loess alta resistencia cohesiva que permite cortes verticales y la aptitud para soportar cargas importantes.

El incremento del contenido de humedad revierte los procesos: las sales solubles se hidratan y debilitan, y la concentración iónica en el fluido continúa decreciendo con el incremento del contenido de humedad. Al disminuir la concentración de iones se incrementa la doble capa que se forma alrededor de las partículas. La rigidez al corte y la resistencia de las formaciones arcillosas decrece a medida que se incrementa la capa hidratada. Las fuerzas de repulsión se vuelven dominantes y las partículas arcillosas se dispersan. También, la succión gradualmente disminuye a medida que se incrementa el grado de saturación.

Eventualmente, la estructura se debilita y colapsa aún sin alcanzar la saturación. Muy poca carga externa se requiere para alcanzar el colapso final, y a veces el propio peso



de la masa del suelo es suficiente. Los loess no colapsan cuando son permeados por fluidos no polarizados. Esto señala la importancia de las arcillas y las sales de hidratación en el comportamiento metaestable.

La resistencia, la rigidez y el grado de colapso están condicionados por la relación de vacíos inicial y el contenido de humedad del suelo. Otros parámetros relevantes son la fábrica, la composición química del fluido saturante, la cantidad de sales solubles, la cantidad de agentes cementantes no solubles, la profundidad y el nivel de cargas externas.

Fig. 2.2: Tipo de suelo



### 2.5.3. Conductividad hidráulica (*Características Geotécnicas del Loess de Argentina, Ing. Rocca, Ing. Redolfi, Ing. Terzariol, Universidad Nacional de Córdoba, 2007*)

Los suelos loésicos presentan singularidades en cuanto a la anisotropía de la conductividad hidráulica, donde el coeficiente de permeabilidad vertical ( $k_v$ ) es mayor que el coeficiente de permeabilidad horizontal ( $k_h$ ). Los niveles superiores de limos arcillosos presentan estructuralmente una red de fisuras y microfisuras visibles. Esta red incrementa el valor de la permeabilidad, que se detecta en los ensayos. Esta situación no es observada en una muestra similar ensayada en laboratorio. En estado natural los suelos se encuentran generalmente, en condición subsaturada, con la intervención de tres fases, y la estructura sólida es metaestable y susceptible al colapso cuando circula el agua.



El modelo empleado para interpretar distintos ensayos de infiltración realizados en estos loess, analiza la solución de la ecuación de continuidad de flujo no saturado unidimensional. Como flujo transitorio, y en suelos no saturados, la permeabilidad ( $K$ ) del medio es dependiente de la succión matricial ( $s$ ), la cual está condicionada por la humedad volumétrica ( $\theta$ )

## **2.6. TOPOGRAFÍA DEL TERRENO**

La topografía del terreno en la zona es de llanura. Debido a ello, se podrán generar disposiciones en área.

Las escorrentías superficiales van de norte a sur. En el proyecto se contemplará un terraplén para evitar que las mismas ingresen al relleno sanitario y aumenten el nivel de lixiviados.

### **2.6.1. Nivel freático en el terreno**

Actualmente el predio viejo cuenta con una perforación para la extracción de agua subterránea a 15 metros de profundidad. Se estima que el nivel puede fluctuar, por lo cual, para la seguridad del relleno sanitario, se excavará hasta una profundidad de 8 metros como máximo. Será necesario un estudio más detallado en caso de que se lleve a cabo el proyecto ejecutivo.



## **CAPÍTULO 3: CÁLCULO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS ELEMENTOS DEL CENTRO DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

### **3.1. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL A ADOPTAR**

#### **3.1.1. Disposición de los RSU**

De acuerdo al tipo de suelo, topografía, escorrentías, y otros estudios realizados, el autor cree conveniente que el relleno sanitario debe realizarse mediante celdas excavadas, con una profundidad de 8 metros, y un terraplén perimetral de 2.5 metros de altura, el cual aumentará la capacidad útil de cada celda, y evitará que la escorrentía superficial llegue a los residuos.

#### **3.1.2. Separación según tipo de celdas**

Se plantean dos tipos de celdas:

- Comunes o mezcla: allí se dispondrán elementos que no pudieron valorizarse anteriormente, y que, en el futuro, tampoco podrán hacerlo. Por ejemplo: material orgánico mezclado, metales, elementos farmacéuticos, elementos reciclables contaminados.
- Biodegradables: se dispondrá material biodegradable únicamente, a la espera de que se genere una valorización, como podrá ser la generación de compost o biogas.

#### **3.1.3. Dimensiones de las celdas**

Las celdas comunes se plantearán de grandes dimensiones, para facilitar el ingreso de maquinaria y acelerar el proceso constructivo. Se prevé un ancho de 40 metros, con un largo de la mayor dimensión posible de acuerdo al largo del predio.

Las celdas biodegradables se plantean más pequeñas, con 20 metros de ancho.

#### **3.1.4. Barreras impermeabilizantes**

Como se dijo anteriormente, un buen diseño de un relleno sanitario logra impermeabilizar el fondo del mismo, para que no haya contacto entre los residuos y el suelo natural. Actualmente, la tendencia de la Ingeniería Ambiental es la implementación de geomembranas, las cuales generan una impermeabilización muy alta pero requiere personal especializado para su colocación, debido a que debe ser soldada para evitar filtraciones.

Debajo de la geomembrana, se deberá preparar el suelo, compactándolo y evitando que tenga elementos que puedan dañar el producto impermeabilizador. Sobre la misma, se decidió disponer de una capa de suelo-arcilla compactada, para disminuir aún más la conductividad, y generar protección, evitando así posibles filtraciones.



### **3.1.5. Barreras filtrantes**

Sobre la barrera impermeabilizante, serán dispuestas dos capas de áridos:

- Capa 20 cm de árido 16-323 mm
- Capa 20 cm de árido 50 mm

La finalidad de éstas es filtrar el material, para que únicamente descienda el líquido y sea más fácil su captación.

### **3.2. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS CELDAS**

Para el diseño de las celdas que contendrán los residuos, se destaca la siguiente información:

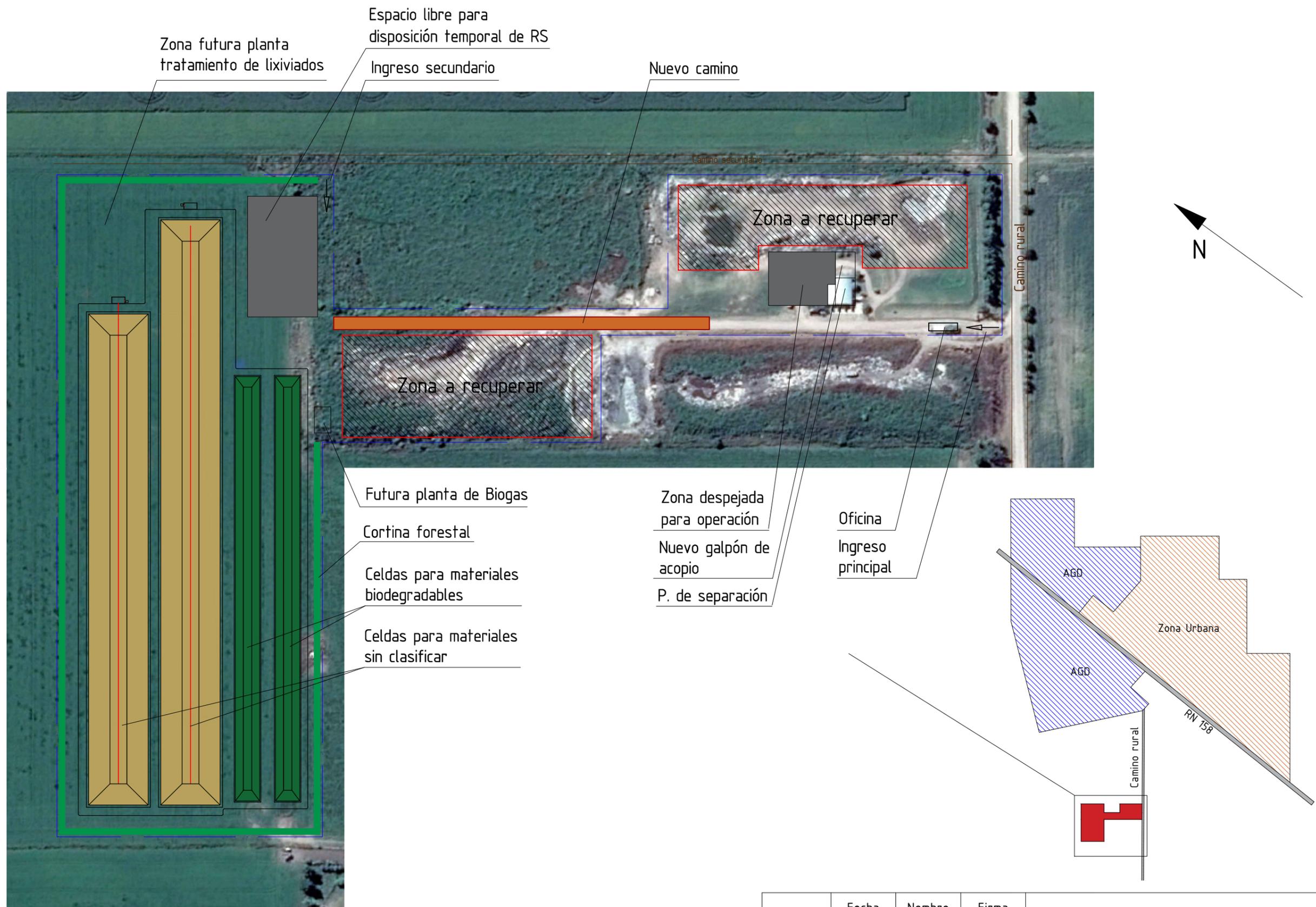
- Profundidad para excavación: 8 metros
- Tipos de celdas: 2 (para residuos sin clasificar y para biodegradables)
- Volumen para almacenar en primera etapa (5 años): 50.000 m<sup>3</sup>
- Tipo de suelo: loésico

Como se dijo en el apartado anterior, se plantean celdas de 40 y 20 metros de ancho. El talud vertical se estima en 1:1.5

A continuación, se presenta una distribución en área de las celdas sobre el predio, y el diseño geométrico de las mismas.

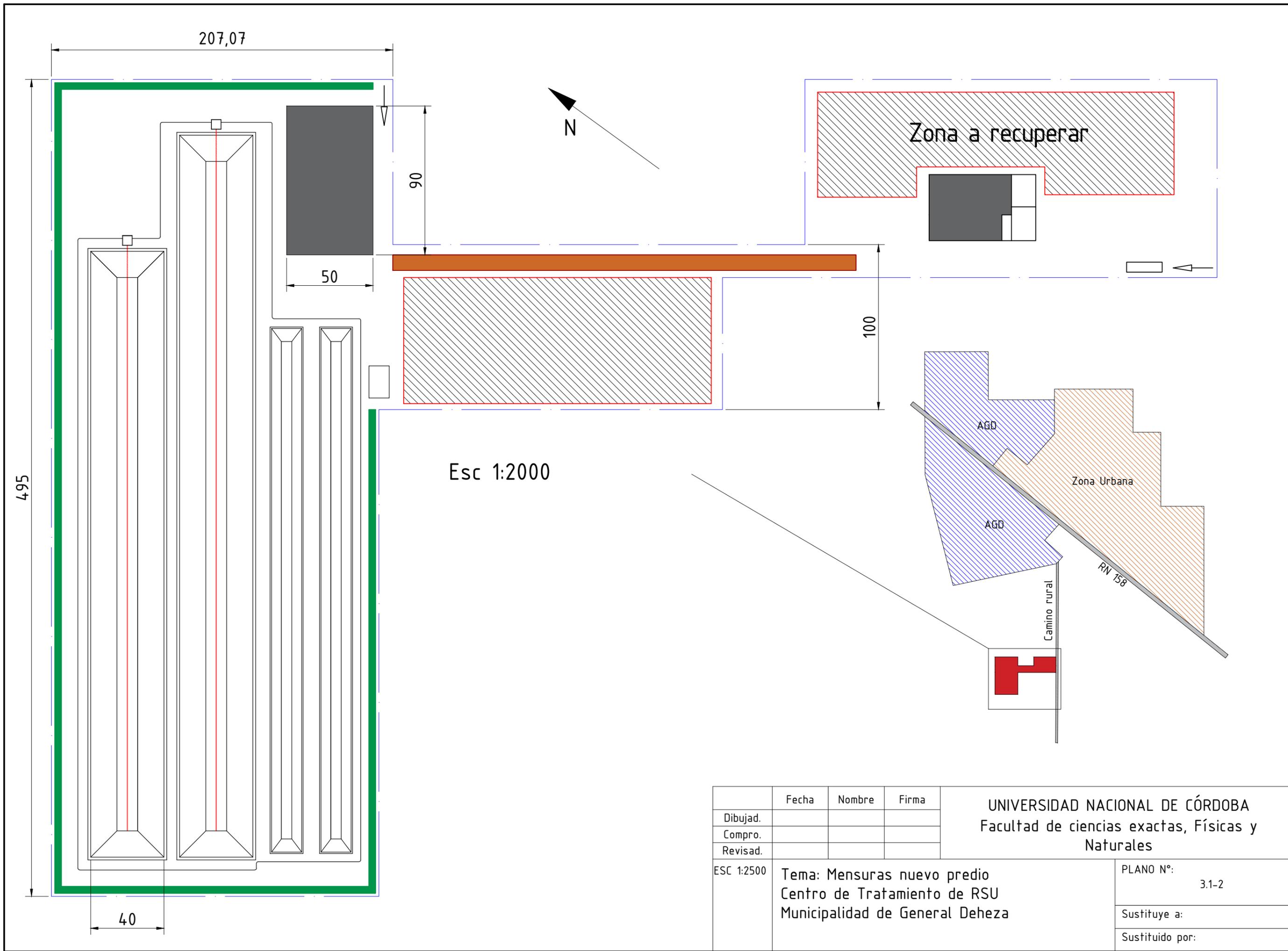
Plano 3.1: Distribución en área del predio.

Plano 3.2: Diseño geométrico de celdas.

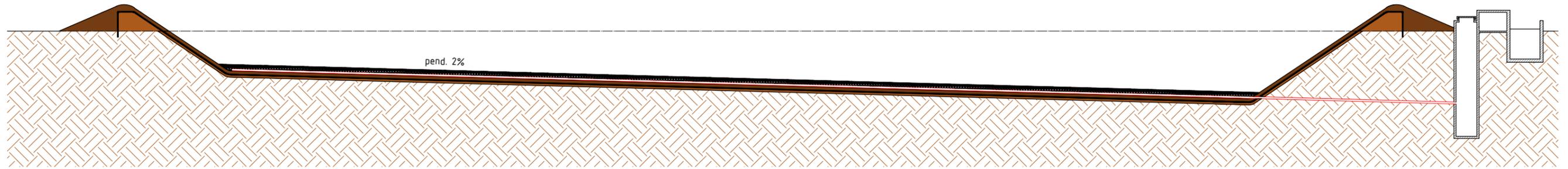


Esc 1:2500

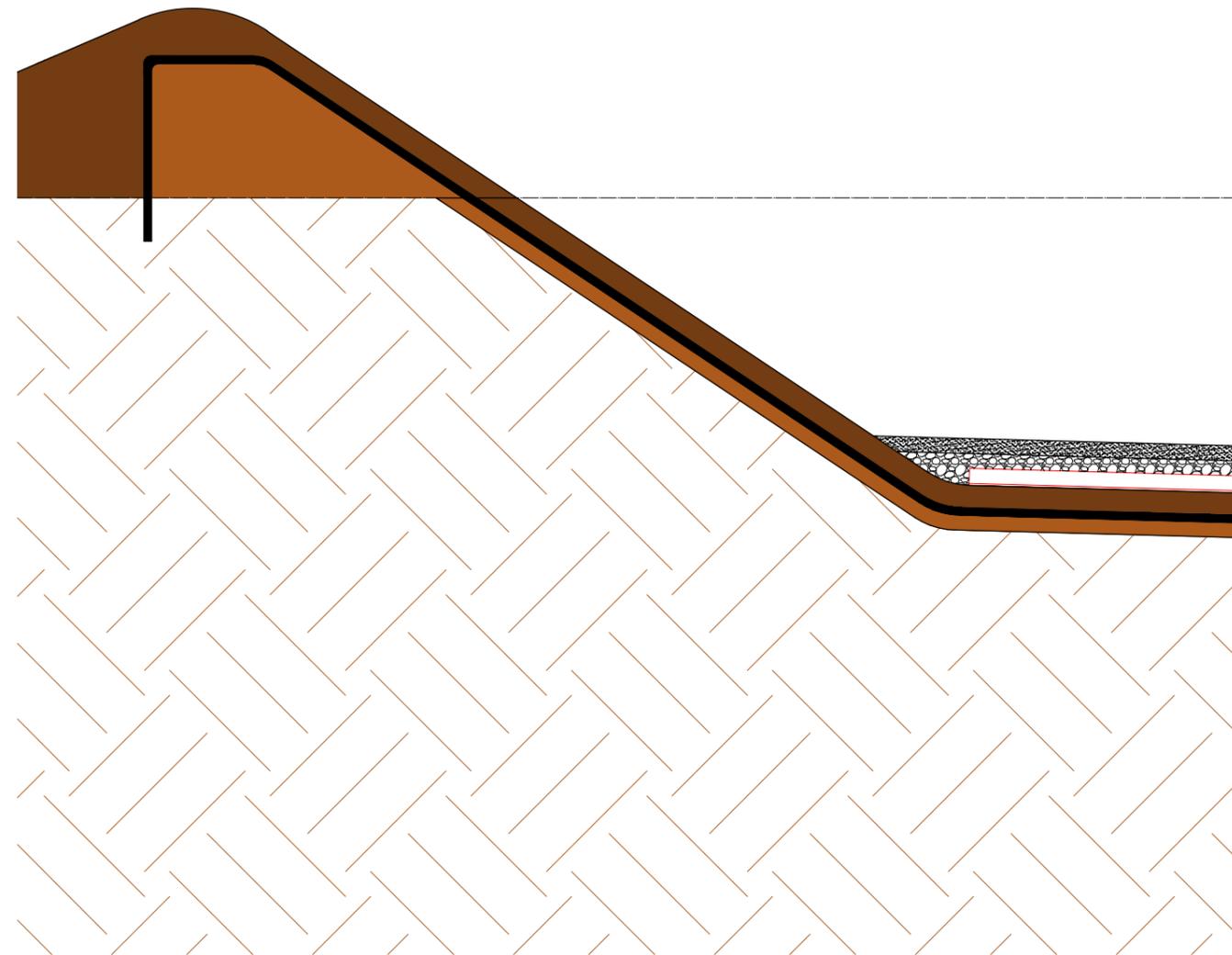
	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
Tema: Lay Out - Predio completo Centro de Tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza				PLANO N°: 3.1-1
				Sustituye a:
				Sustituido por:



	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA Facultad de ciencias exactas, Físicas y Naturales		
Dibujad.						
Compro.						
Revisad.						
ESC 1:2500	Tema: Mensuras nuevo predio Centro de Tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza			PLANO N°: 3.1-2		
				Sustituye a:		
				Sustituido por:		



ESC 1:400

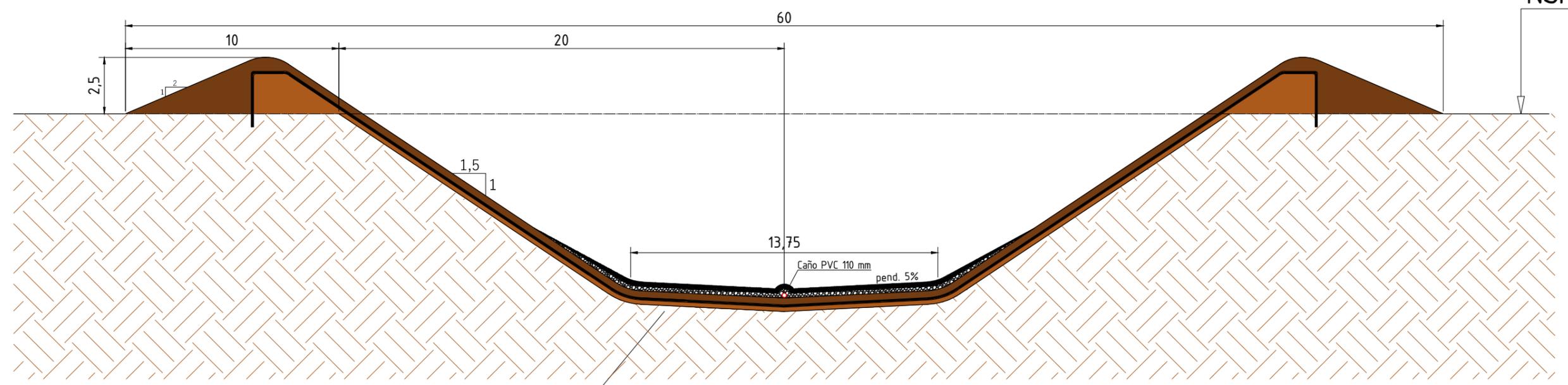


20 cm agregado fino  
 20 cm agregado grueso  
 30 cm suelo mejorado con arcilla  
 Geomembrana 1000 micrones  
 20 cm suelo natural compactado

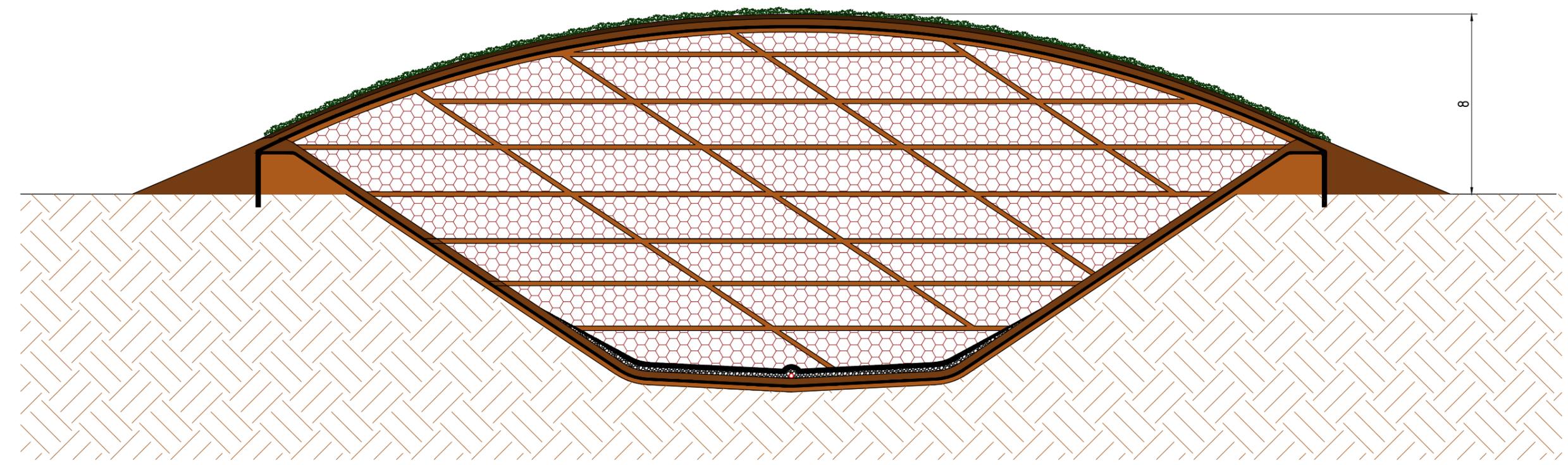
ESC 1:100

	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
Tema: Corte longitudinal Centro de Tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza				PLANO N°: 3.2-1
				Sustituye a:
				Sustituido por:

NSN



Capa 0.2 m árido 16-32 mm  
 Capa 0.2 m árido 50 mm  
 Capa 0.3 m suelo mejorado con arcila bentonita  
 Geomembrana 1000 micrones  
 Suelo compactado

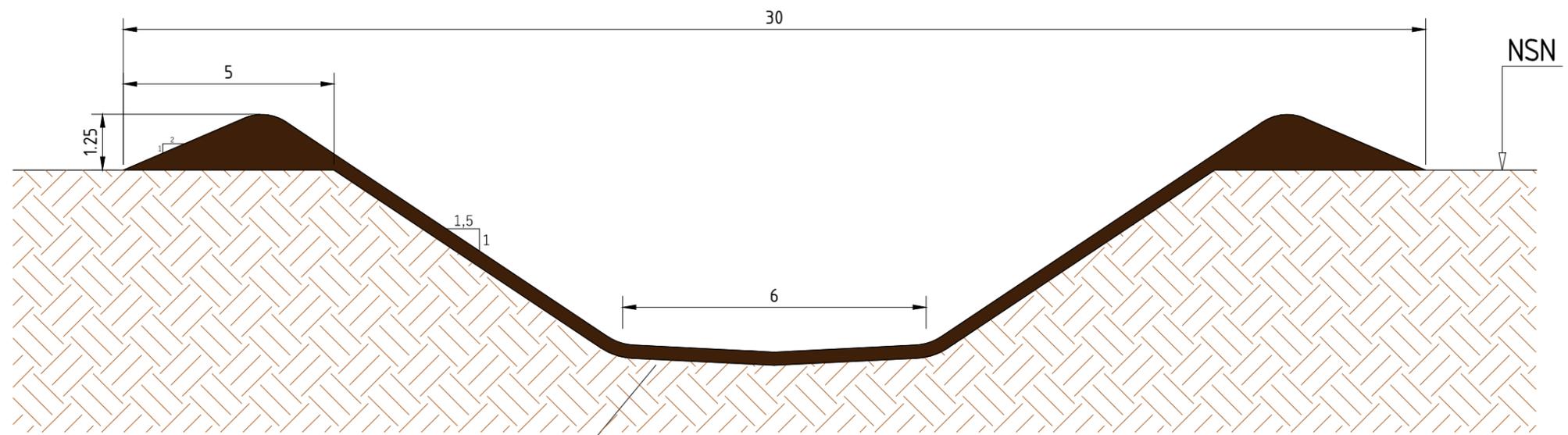


Escavación: 231 m<sup>2</sup>  
 Suelo compactado base: 19 m<sup>2</sup>  
 Suelo arcilla protección: 30 m<sup>2</sup>  
 Suelo arcilla cobertura: 14 m<sup>2</sup>  
 Suelo celdas diarias: 45 m<sup>2</sup>  
 Suelo sobrante por metro lineal: 123 m<sup>2</sup>

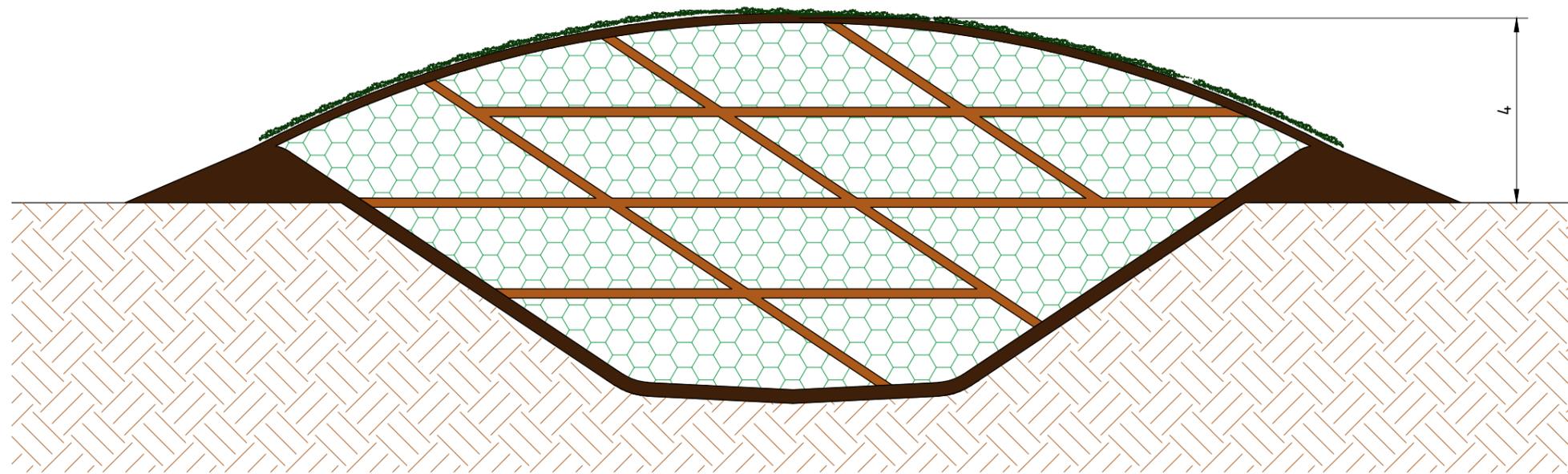
Área disponible por metro lineal: 387 m<sup>2</sup>

Esc. 1:200

	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de Ciencias Exáctas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
Tema: Cortes celdas para materiales sin clasificar Centro de Tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza				PLANO N°: 3.2-2
				Sustituye a:
				Sustituido por:



Suelo compactado



Escavación: 57 m<sup>2</sup>  
 Suelo compactado base: 15 m<sup>2</sup>  
 Suelo cobertura: 4 m<sup>2</sup>  
 Suelo celdas diarias: 15 m<sup>2</sup>  
 Suelo sobrante por metro lineal: 23 m<sup>2</sup>

ESC 1:125

Área disponible por metro lineal: 104 m<sup>2</sup>

	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
Tema: Cortes celdas para materiales biodegradables Centro de Tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza				PLANO N°: 3.2-3
				Sustituye a:
				Sustituido por:



### 3.3. BALANCE DE LIXIVIADOS

El lixiviado es el agua contaminada de los vertederos que, llegó a éstos a través de la precipitación exterior y la humedad contenida en residuos y suelos. La composición típica de los lixiviados depende del tipo de residuos del vertedero y la edad del mismo. El lixiviado de los vertederos jóvenes es mucho más contaminante que los antiguos. Con el tiempo, el pH cambia de ligeramente ácido a neutro, y la relación DBO/DQO disminuye. El lixiviado puede tratarse en la planta depuradora municipal sin problemas. Deben realizarse análisis periódicos para examinar sus parámetros. (Kielly, G., 2000)

Aporte de líquidos:

- Agua que entra desde la celda de arriba (precipitaciones, escorrentía)
- Humedad de los residuos
- Humedad del material de cobertura

Pérdidas de líquidos:

- Escorrentía superficial y sub-superficial que sale del vertedero
- Agua utilizada para la formación de gas
- Evaporación

#### 3.3.1. Recogida de lixiviados

Se diseñó un sistema de drenaje compuesto por caños perforados de PVC de 200 mm de diámetro en el fondo de los rellenos, los cuales captarán el lixiviado y, por gravedad, lo llevarán a un depósito. Cabe destacar que los operarios deben tener el menor contacto posible con el líquido, ya que es un vector para patógenos, virus, bacterias, etc.

#### 3.3.2. Balance de agua

La cantidad de lixiviado producido en un vertedero depende de su balance de agua:

$$LC = PR + SRT - SRO - EP - ST$$

LC: Lixiviado

PR: Precipitación

SRO: Salida de escorrentía superficial

SRT: Entrada de escorrentía superficial

EP: Evapotranspiración

ST: Cambio en el agua almacenada

En el cálculo del balance de agua, se toma como principal pérdida a la evapotranspiración, debido a que la zona cuenta con altos aportes de radiación solar extraterrestre, y altas temperaturas durante las épocas con lluvias elevadas.

Se utilizó la fórmula de Hargreaves ([hidrologia.usal.es/practicas/ET/ET\\_hargreaves.pdf](http://hidrologia.usal.es/practicas/ET/ET_hargreaves.pdf)) para evaluar la Evapotranspiración potencial. En la misma, se necesitan los datos de temperaturas y radiación solar.



$$ET_0 = 0.0135 (t_{med} + 17.78) R_s$$

$$R_s = R_0 \cdot KT \cdot (t_{max} - t_{min})^{0.5}$$

Donde:

- $ET_0$ : evapotranspiración potencial diaria, mm/día
- $t_{med}$ : temperatura media diaria, °C
- $R_s$ : radiación solar incidente
- $R_0$ : radiación solar extraterrestre
- $KT$ : coeficiente empírico, según Samani,  $KT = 0.162$  para regiones interiores
- $t_{max}$ : temperatura máxima media
- $t_{min}$ : temperatura mínima media
- 

Con la fórmula anterior se determinó mes a mes la evapotranspiración potencial, y se lo comparó con los registros de lluvia. Se concluyó que la evapotranspiración potencial siempre es mayor a la lluvia mensual, por lo cual, será posible el regado de los residuos con los lixiviados generados por la lluvia y la humedad, para facilitar así que se logre el fenómeno de evapotranspiración.

Tabla 3.1: Evapotranspiración

MES	R.	T°	T°	T°	R.	POTENCI	LLUVIA	ESTADO
	SOLAR	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA	SOLAR	AL	MENSUAL	
	EXT.	MEDIA	MEDIA	DIARIA	INC.	MENSUA	MENSUAL	
	[mm/día]	°C	°C	°C	[mm/día]	[mm/mes]	[mm/mes]	
Enero	17,700	34	16	25,4	12,165	212,746	169	Defecto
Febrero	16,065	31	14	24,2	10,731	182,439	134	Defecto
Marzo	13,695	27	13	22,1	8,301	134,076	113	Defecto
Abril	10,560	22	10	19	5,926	88,275	43	Defecto
Mayo	8,125	18	6	15	4,560	60,533	24	Defecto
Junio	6,925	15	4	12,4	3,721	45,478	5	Defecto
Julio	7,425	14	2	11,5	4,167	49,412	0	Defecto
Agosto	9,360	15	5	13,5	4,795	60,745	0	Defecto
Septiembre	12,295	19	8	16,7	6,606	92,249	19	Defecto
Octubre	15,065	22	11	19,5	8,094	122,211	63	Defecto
Noviembre	17,100	26	13	22,6	9,988	163,344	108	Defecto
Diciembre	18,035	34	15	24,9	12,735	220,134	146	Defecto

Coficien 0,162

Fuentes:

Registro de temperaturas: INTA

Registro de lluvias: INTA

Radiación solar extraterrestre: Allen, 1998 - Latitud 32,7°

Cálculo de evapotranspiración potencial: Fórmula de Hargreaves



### 3.3.3. Depósito provisorio de lixiviados

Una vez llegado al nivel de capacidad de campo, el lixiviado excedente se almacenará en una cisterna de pequeñas dimensiones en uno de los extremos de la celda. Luego, se pasará a una pileta de floculación, para después bombearlo de nuevo al relleno sanitario y rociarlo, facilitando la evapotranspiración y eliminando la humedad.

Se realizará el cálculo de una cisterna que permita el almacenamiento de la cantidad de agua generada en una lluvia promedio.

Área: 5.400 m<sup>2</sup>

Lámina: 0.04 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

Volumen a almacenar: 216 m<sup>3</sup>

Dimensiones mínimas: 12 m (lado 1) x 3 m (lado 2) x 4 m (profundidad)

El cálculo anterior es conservador, debido a que, en la mayor parte de la vida útil, el relleno sanitario no estará abierto en su totalidad. Además, gran parte del agua que ingresa por lluvias es tomado por los residuos, ya que los mismos actúan como una esponja. Se necesitarían lluvias muy importantes para llegar a agotar la capacidad de campo de los mismos. En caso de que ocurra el suceso, la cisterna contará con un caño que desagote hacia el canal lateral, evitando así que el relleno sanitario colapse de líquido. Se asume que, si ocurre, la cantidad excedente de agua haría que las concentraciones de contaminantes sean bajas.

### 3.3.4. Tratamiento de lixiviados – Planteo de una posible planta de tratamientos a futuro

Inicialmente, el lixiviado puede ser tomado por la evapotranspiración. Cuando avancen los plazos y el relleno sanitario vaya creciendo en volumen, las lluvias harán que la capacidad de campo de los residuos se vaya agotando. Por eso, a futuro, se deberá evaluar la posible construcción de una planta de tratamiento de lixiviados. Para ello, se deberán hacer estudios químicos y biológicos, para caracterizar los líquidos, y así encontrar el proceso que sea más eficiente para su tratamiento.

### 3.3.5. Aplicación del modelo HELP para la predicción del comportamiento de relleno sanitario

*(Bibliografía: “Aplicación del modelo HELP para la predicción de la producción de lixiviados en el relleno sanitario La Esmeralda” – Sebastián Giraldo Atehortúa, Paula Andrea Rodríguez Henao. Universidad Nacional de Colombia)*

En el manejo de problemas ambientales es preciso conocer el comportamiento del sistema a tratar, los modelos de simulación permiten observar la respuesta que tendrá el proceso ante diferentes opciones de diseño y apoyarán al diseñador al momento de



la elección de alternativas. En procesos de tratamiento ya establecidos y en operación, se usan los modelos de simulación en el mejoramiento y optimización del sistema.

El modelo HELP aplicado en el presente trabajo, es una herramienta que cobrará suficiente importancia para esas aplicaciones a partir del momento que cuente con una correcta validación y suficiente información histórica de la región donde se halla ubicado el problema a tratar.

Este modelo simula el balance hídrico de un relleno sanitario, basado en un modelo cuasibidimensional, es el único modelo que actualmente tiene en cuenta estas consideraciones, pues el resto de modelos que evalúan el desempeño de rellenos sanitarios utilizan modelos unidimensionales, esto es, evaluar únicamente el flujo en una dimensión (flujo vertical a través de las distintas capas del relleno) obviando el cálculo de flujos laterales.

### ***Limitaciones***

La principal limitación del modelo, se encuentra en que fue desarrollado para una región diferente para la cual se está aplicando en la actualidad, dentro del presente proyecto. El modelo fue desarrollado para el territorio de los Estados Unidos, que presenta algunas características distintas a las del territorio argentino.

### ***Datos a ingresar***

#### ***1. Suelo y residuos***

##### ***1.1. Datos generales***

Landfill área (área de relleno sanitario): 2 hectáreas

Percent of área where runoff is posible (área donde es posible la escorrentía): 60%

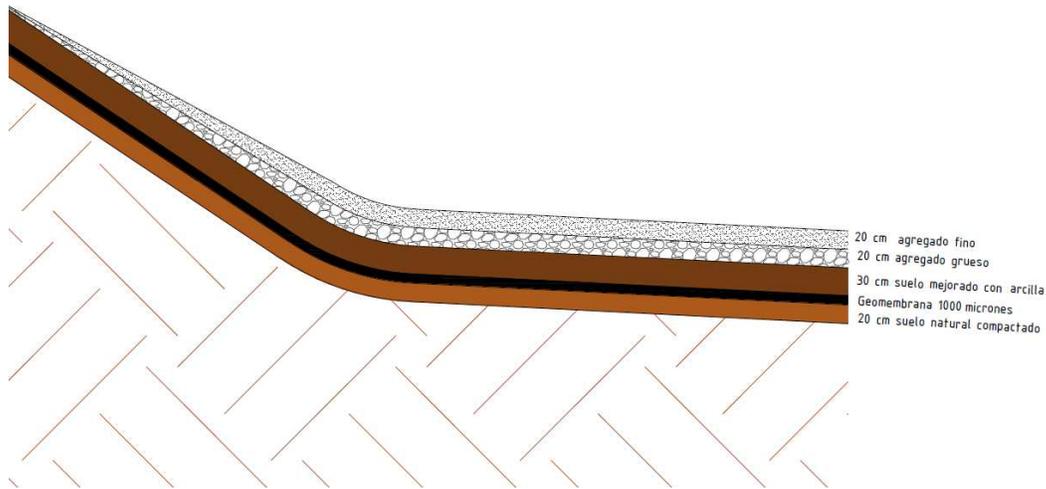
Do you want to specify initial moisture storage? (Quiere especificar humedad inicial?):  
NO

##### ***1.2. Datos de tipo constructivo (Landfill Layer Data)***

El modelo requiere que se especifiquen los datos de las diferentes capas de impermeabilización y filtro que posee el fondo del relleno sanitario. A continuación, se muestra un esquema de cada capa que posee el diseño del mismo.



Fig. 3.1: Capas de impermeabilización



Las capas se simplificarán en las siguientes:

- Capa 1: 1500 cm de residuos.
- Capa 2: 40 cm de grava.
- Capa 3: 30 cm de suelo mejorado con arcilla
- Capa 4: Geomembrana, espesor 1000 micrones (0.1 cm).
- Capa 4: 20 cm de suelo loésico compactado.

Parámetros N° 1:

Layer Type (Tipo de capa):

- 1: Capa con permeabilidad moderada – alta. Drena verticalmente. No permite que el líquido se mueva horizontalmente. Los residuos son clasificados según este tipo.
- 2: Capa con permeabilidad moderada – alta- Drena verticalmente cuando no está saturada, y lateralmente si lo está. La grava es clasificación 2.
- 3: Capa con baja permeabilidad. Barrera de suelo compactado.
- 4: Geomembrana. Limita el drenaje vertical.

Layer Thickness (Espesor de capa): Se determina según detalles constructivos.

- Soil Texture (Textura del suelo)
- Total Porosity (Porosidad total)
- Field Capacity (Capacidad de campo)
- Wilting Point (Punto de marchitez)

Para los últimos 4 parámetros, se utilizan los valores por defecto, según el tipo de material que estemos computando.

Initial Moisture (Humedad inicial): Estimativo.



### Parámetros N° 2:

Sat. Hyd. Conductivity (Conductividad hidráulica condición saturada): Según tipo de suelo.

Drainage Length (Largo del drenaje)

Drain Slope (Pendiente de drenaje)

Leachate Recirc. (Porcentaje de recirculación de lixiviados)

Recirc. to Layer (Número de recirculaciones)

Subsurface Inflow. (Infiltración subsuperficial): Estimativo

### Parámetros N° 3:

Geomembrane Pinole Density (Densidad de agujeros de la geomembrana)

Geomembrane Instal. Defects (Densidad de defectos de instalación)

Geomembrane Placement Quality (Calidad de disposición de la geomembrana)

Geotextile Transmissivity (Transmisividad del geotextil)

- 1.3. Información sobre número de curva de escorrentía (Runoff curve number information)

### ***Método del SCS***

Es un modelo empírico desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos que determina un umbral de escorrentía (P0) a través de un número hidrológico o número de curva (CN) agregado de la cuenca. El Numero de Curva toma un valor de 0 a 100 según sea su capacidad de generar escorrentía superficial. Valores cercanos a 0 representan condiciones de permeabilidad muy alta, mientras que valores cercanos a 100 representan condiciones de impermeabilidad.

El Número de Curva (Curve Number) depende de las siguientes propiedades generadoras de escorrentía de la cuenca: 1) tipo hidrológico de suelo; 2) uso de la tierra y tratamiento; y 3) condición previa de humedad. El método fue desarrollado a partir de registros de lluvia y escorrentía en 24 horas, por lo que no considera explícitamente la variación temporal de la escorrentía.

Para el cálculo del modelo estudiado, se utilizará el modo "HELP Model Cumputed Curve Number". Los parámetros que debemos ingresar son los siguientes:

Slope (Pendiente): 1%

Slope Length (Largo de pendiente): 300 m

Soil Texture (Tipo de suelo): 9 ML – Limos plásticos

Vegetation (Vegetación): 4: Muy estable

### **Resultado: Curva N° 38.2**

(Anexo: Tabla de datos ingresados)

Capa	Tipo de capa*	Espesor [cm]	Tipo de suelo seleccionado	Porosidad total (Vol/Vol)	Capacidad de campo (Vol/Vol)	Punto de marchitamiento (Vol/Vol)	Humedad inicial (Vol/Vol)	Conductividad Hidraulica (cm/seg)	Largo de drenaje (m)	Pendiente de drenaje	Recirculación de lixiviados (%)	Tipo de recirculación	Infiltración (mm/año)
Residuos	1	1500	18 (Municipal Waste)	0,671	0,292	0,077	0,2	1,0 E -3	120	0,05	100	1	0
Grava	2	40	21 (Gravel)	0,394	0,032	0,013	0,001	3,0 E -1	120	0,05	0	0	0
Suelo - arcilla	3	30	17 (Bentonite mat)	0,75	0,747	0,4	0,05	3 E -9	120	0,05	0	0	0
Geomembrana	4	0,1	35 (High density polyethylene)					2 E -13	120	0,05	0	0	0
Suelo compactado	3	20	22 (ML Compactated)	0,419	0,307	0,18	0,1	1,9 E -5	120	0,05	0	0	50

Capa	Tipo de capa*	Densidad de huecos (#/Hectárea)	Densidad de defectos de instalación (#/Hectárea)	Calidad de disposición**	Transmisibilidad de geotextil (cm/seg)
Geomembrana	4	10	10	3 (Good)	100

\*

- 1: Capa con permeabilidad moderada – alta. Drena verticalmente. No permite que el líquido se mueva horizontalmente. Los residuos son clasificados según este tipo.  
2: Capa con permeabilidad moderada – alta- Drena verticalmente cuando no está saturada, y lateralmente si lo está. La grava es clasificación 2.  
3: Capa con baja permeabilidad. Barrera de suelo compactado.  
4: Geomembrana. Limita el drenaje vertical.

\*\*

- 1: Excelente  
4: Malo

VALORES POR DEFECTO SEGÚN TIPO DE SUELO SELECCIONADO





## **2. Datos climatológicos**

### 2.1. Evapotranspiración

Latitud: -32°

Evaporative zone depth (Profundidad de la zona de evaporación): 50 cm

Maximum leaf area index (Índice de hojas – Medida de la vegetación de la zona): 3.5

Growing season start day (Día de inicio de estación de crecimiento): 200

Growing season end day (Día de finalización de estación de crecimiento): 80

Average wind speed (Velocidad de viento promedio): 45 km/h

First quarter relative humidity (Humedad relativa del primer cuarto): 60%

Second quarter relative humidity (Humedad relativa del segundo cuarto): 20%

Third quarter relative humidity (Humedad relativa del tercer cuarto): 30%

Fourth quarter relative humidity (Humedad relativa del cuarto cuarto): 60%

### 2.2. Precipitación, temperatura y radiación solar

Para estos datos, se tomaron los datos de la ciudad de Atlanta, Georgia, debido a que presenta condiciones climatológicas muy similares a las de la zona donde se emplaza el proyecto. Los cultivos son muy similares, por lo cual, nos da una idea de que los datos de radiación, precipitación y temperatura son similares.

## **Resultados**

En el siguiente anexo, se muestra el documento .out, resultado de la simulación realizada por el modelo. En el mismo, se puede observar (cuadro pág. 9) que:

- Precipitación anual promedio: 1256 mm
- Evapotranspiración anual promedio: 1181 mm

Por lo tanto, con un buen manejo de los lixiviados, se podrán recircular, para controlar la temperatura de los residuos y facilitar la evapotranspiración. Se confirman los cálculos realizados anteriormente con la teoría de Hargreaves.

GD



```

*****
*****
**
**
**          HYDROLOGIC EVALUATION OF LANDFILL PERFORMANCE          **
**          HELP MODEL VERSION 3.07  (1 NOVEMBER 1997)              **
**          DEVELOPED BY ENVIRONMENTAL LABORATORY                   **
**          USAE WATERWAYS EXPERIMENT STATION                       **
**          FOR USEPA RISK REDUCTION ENGINEERING LABORATORY        **
**
**
*****
*****

```

```

PRECIPITATION DATA FILE:   C:\PREPGD.D4
TEMPERATURE DATA FILE:    C:\TEMPGD.D7
SOLAR RADIATION DATA FILE: C:\SOLARGD.D13
EVAPOTRANSPIRATION DATA:  C:\ETGD.D11
SOIL AND DESIGN DATA FILE: C:\SUELOGD.D10
OUTPUT DATA FILE:         C:\GD.OUT

```

TIME: 18:28 DATE: 8/ 9/2018

\*\*\*\*\*

TITLE: GENERAL DEHEZA

\*\*\*\*\*

NOTE: INITIAL MOISTURE CONTENT OF THE LAYERS AND SNOW WATER WERE  
COMPUTED AS NEARLY STEADY-STATE VALUES BY THE PROGRAM.

LAYER 1

-----

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER  
MATERIAL TEXTURE NUMBER 18

```

THICKNESS           = 1500.00  CM
POROSITY             = 0.6710  VOL/VOL
FIELD CAPACITY      = 0.2920  VOL/VOL

```

GD

WILTING POINT = 0.0770 VOL/VOL  
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.2852 VOL/VOL  
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.100000005000E-02 CM/SEC  
 NOTE: SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY IS MULTIPLIED BY 4.63  
 FOR ROOT CHANNELS IN TOP HALF OF EVAPORATIVE ZONE.

LAYER 2

-----

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 21

THICKNESS = 40.00 CM  
 POROSITY = 0.3970 VOL/VOL  
 FIELD CAPACITY = 0.0320 VOL/VOL  
 WILTING POINT = 0.0130 VOL/VOL  
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.3970 VOL/VOL  
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000012000 CM/SEC  
 SLOPE = 0.05 PERCENT  
 DRAINAGE LENGTH = 120.0 METERS

LAYER 3

-----

TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 17

THICKNESS = 30.00 CM  
 POROSITY = 0.7500 VOL/VOL  
 FIELD CAPACITY = 0.7470 VOL/VOL  
 WILTING POINT = 0.4000 VOL/VOL  
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.7500 VOL/VOL  
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000003000E-08 CM/SEC

LAYER 4

-----

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 35

THICKNESS = 0.10 CM  
 POROSITY = 0.0000 VOL/VOL  
 FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL  
 WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL  
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL  
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC

	GD		
FML PINHOLE DENSITY	=	10.00	HOLES/HECTARE
FML INSTALLATION DEFECTS	=	10.00	HOLES/HECTARE
FML PLACEMENT QUALITY	=	3 - GOOD	

LAYER 5

-----

TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER  
MATERIAL TEXTURE NUMBER 22

THICKNESS	=	20.00	CM
POROSITY	=	0.4190	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.3070	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.1800	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.4190	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	0.189999992000E-04	CM/SEC
SUBSURFACE INFLOW	=	50.0	MM/YR

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

-----

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE #18 WITH A GOOD STAND OF GRASS, A SURFACE SLOPE OF 1.% AND A SLOPE LENGTH OF 300. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER	=	38.20	
FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF	=	80.0	PERCENT
AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE	=	2.0000	HECTARES
EVAPORATIVE ZONE DEPTH	=	75.0	CM
INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE	=	10.947	CM
UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE	=	50.325	CM
LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE	=	5.775	CM
INITIAL SNOW WATER	=	0.000	CM
INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS	=	474.571	CM
TOTAL INITIAL WATER	=	474.571	CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW	=	50.00	MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

-----

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM GENERAL DEHEZA CORDOBA

GD

STATION LATITUDE = -32.00 DEGREES  
MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 3.50  
START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 200  
END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 80  
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 75.0 CM  
AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 45.00 KPH  
AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 60.00 %  
AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 30.00 %  
AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 30.00 %  
AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 60.00 %

NOTE: PRECIPITATION DATA FOR ATLANTA GEORGIA  
WAS ENTERED FROM THE DEFAULT DATA FILE.

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING  
COEFFICIENTS FOR ATLANTA GEORGIA

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
5.5	7.2	11.4	16.6	20.7	24.4
25.9	25.7	22.8	16.8	11.1	7.0

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING  
COEFFICIENTS FOR ATLANTA GEORGIA  
AND STATION LATITUDE = 33.65 DEGREES

\*\*\*\*\*

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 1974

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1201.42	24028.398	100.00
RUNOFF	0.000	0.000	0.00
EVAPOTRANSPIRATION	1201.685	24033.697	100.02
SUBSURFACE INFLOW INTO LAYER 5	50.000000	1000.000	4.16

GD

PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.000000	0.000	0.00
AVG. HEAD ON TOP OF LAYER 4	788.1288		
CHANGE IN WATER STORAGE	49.736	994.714	4.14
SOIL WATER AT START OF YEAR	4745.713	94914.266	
SOIL WATER AT END OF YEAR	4795.449	95908.984	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	-0.0006	-0.013	0.00

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 1975

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1676.40	33527.992	100.00
RUNOFF	0.000	0.000	0.00
EVAPOTRANSPIRATION	1484.430	29688.605	88.55
SUBSURFACE INFLOW INTO LAYER 5	50.000000	1000.000	2.98
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.000000	0.000	0.00
AVG. HEAD ON TOP OF LAYER 4	1321.8263		
CHANGE IN WATER STORAGE	241.970	4839.402	14.43
SOIL WATER AT START OF YEAR	4795.449	95908.984	
SOIL WATER AT END OF YEAR	5037.419	100748.383	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	-0.0008	-0.016	0.00

GD

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 1976

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1161.29	23225.762	100.00
RUNOFF	0.000	0.000	0.00
EVAPOTRANSPIRATION	1040.886	20817.729	89.63
SUBSURFACE INFLOW INTO LAYER 5	50.136986	1002.740	4.32
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.000000	0.000	0.00
AVG. HEAD ON TOP OF LAYER 4	1855.3301		
CHANGE IN WATER STORAGE	170.538	3410.761	14.69
SOIL WATER AT START OF YEAR	5037.419	100748.391	
SOIL WATER AT END OF YEAR	5207.958	104159.148	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	0.0006	0.012	0.00

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 1977

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1191.51	23830.281	100.00
RUNOFF	0.000	0.000	0.00
EVAPOTRANSPIRATION	1130.159	22603.184	94.85

	GD		
SUBSURFACE INFLOW INTO LAYER 5	50.000000	1000.000	4.20
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.000000	0.000	0.00
AVG. HEAD ON TOP OF LAYER 4	2117.0210		
CHANGE IN WATER STORAGE	111.354	2227.081	9.35
SOIL WATER AT START OF YEAR	5207.958	104159.148	
SOIL WATER AT END OF YEAR	5319.312	106386.234	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	0.0008	0.016	0.00

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 1978

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1050.29	21005.801	100.00
RUNOFF	0.000	0.000	0.00
EVAPOTRANSPIRATION	1048.449	20968.988	99.82
SUBSURFACE INFLOW INTO LAYER 5	50.000000	1000.000	4.76
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.000000	0.000	0.00
AVG. HEAD ON TOP OF LAYER 4	2365.3555		
CHANGE IN WATER STORAGE	51.841	1036.813	4.94
SOIL WATER AT START OF YEAR	5319.312	106386.234	
SOIL WATER AT END OF YEAR	5371.152	107423.047	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	0.0000	-0.001	0.00

GD

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1974 THROUGH 1978

-----

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PRECIPITATION						
-----						
TOTALS	139.24 121.77	100.18 102.87	157.68 52.83	74.73 84.89	126.03 114.20	86.21 95.55
STD. DEVIATIONS	31.97 58.01	91.38 59.20	90.65 45.93	31.81 48.26	55.55 37.40	31.22 24.89
RUNOFF						
-----						
TOTALS	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
STD. DEVIATIONS	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
EVAPOTRANSPIRATION						
-----						
TOTALS	97.664 111.535	74.524 176.505	107.051 69.826	92.407 76.781	103.391 85.925	91.060 94.453
STD. DEVIATIONS	10.518 56.514	45.889 38.756	27.869 49.686	21.106 42.224	45.840 32.301	38.559 28.401
SUBSURFACE INFLOW INTO LAYER 5						
-----						
TOTALS	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5						
-----						
TOTALS	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000

-----  
 AVERAGES OF MONTHLY AVERAGED DAILY HEADS (CM)  
 -----

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4  
 -----

AVERAGES	147.2294	150.3003	155.2848	166.1303	167.9382	172.7211
	174.7277	176.2627	177.5492	178.6615	179.7639	180.8696
STD. DEVIATIONS	66.8848	69.2162	67.2460	62.2070	62.0257	62.9858
	63.3183	63.4085	63.4621	63.4661	63.4661	63.4685

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS 1974 THROUGH 1978  
 -----

	MM		CU. METERS	PERCENT
	-----		-----	-----
PRECIPITATION	1256.18	( 242.467)	25123.6	100.00
RUNOFF	0.000	( 0.0000)	0.00	0.000
EVAPOTRANSPIRATION	1181.122	(181.8540)	23622.44	94.025
SUBSURFACE INFLOW INTO LAYER 5	50.00000		1000.000	3.98031
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.00000	( 0.00000)	0.000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	1689.532	( 635.356)		
CHANGE IN WATER STORAGE	125.088	( 3.2321)	2501.75	9.958

\*\*\*\*\*



\*\*\*\*\*

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS 1974 THROUGH 1978  
 -----

(MM) (CU. METERS)  
 -----

	GD		
PRECIPITATION		87.12	1742.440
RUNOFF		0.000	0.0000
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER	5	0.000000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER	4	2458.619	
SNOW WATER		61.34	1226.8546
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)			0.3745
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)			0.0770

\*\*\*\*\*



\*\*\*\*\*

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 1978

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
-----	-----	-----
1	490.3553	0.3269
2	15.8800	0.3970
3	22.5000	0.7500
4	0.0000	0.0000
5	8.3800	0.4190
SNOW WATER	0.000	

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*



## **CAPÍTULO 4: PLANIFICACIÓN PROVISORIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

A continuación, se explica cada uno de los ítems computados para la realización del centro de tratamiento. Al final del apartado, se anexa el cómputo métrico y presupuesto. Todos los valores son estimativos, referidos al mes de julio de 2018. Se requerirá de mayor exactitud al momento de realizar el proyecto ejecutivo.

En la mayoría de los ítems, se computa únicamente el material, debido a que se presupone que los trabajos son realizados por empleados municipales.

### **4.1. TRABAJOS INICIALES**

Las tareas iniciales se realizarán por única vez para todas las etapas, y serán necesarias desde su inicio hasta el momento del cierre.

#### **4.1.1. Construcción de alambrado perimetral**

La construcción del cerco alambrado perimetral deberá realizarse en primera instancia, debido a que evitará que ingresen personas ajenas al centro de tratamientos. Hoy en día, el predio cuenta con un alambrado muy precario.

Fig. 4.1: Alambrado actual





Tipo de alambrado necesario: olímpico de 2 m de alto con 3 filas de alambre de púas, alambre de damero 2 mm y malla 5 cm.

#### 4.1.2. Plantación de árboles perimetrales – Generación de cortina forestal

La creación de una cortina forestal contribuirá a mitigar los efectos negativos que genera un predio donde se dispondrán residuos. Los beneficios son muchos, entre los cuales podemos destacar:

- Disminución de la velocidad del viento que ingresa al predio, por lo cual, evitará el traslado de malos olores a la ciudad.
- Mitigación de la contaminación visual que genera el centro.
- Evitará que algún residuo suelto se vuele y salga del predio.

Tipo de especie a utilizar: Álamo (altura de aproximadamente 300 cm)

Fig. 4.2: Cortina forestal (ilustrativa)



#### 4.1.3. Despeje de camino de ingreso al nuevo predio

Se recomienda que el ingreso al nuevo predio sea a través del predio viejo. Los beneficios de la medida son:

- Menor recorrido entre la planta de separación y reciclaje, hasta el sitio de disposición final.
- Cuando se hagan los trabajos de saneamiento y se necesite tierra, podrá llevarse con menor recorrido.
- Las instalaciones de portería, portones, etc., ya están construidas para el predio viejo, así que podrán aprovecharse.
- Habrá mayor control de acceso.



Para el despeje del camino, será necesario el movimiento de los residuos que ocupan el camino (especificado en plano). Los trabajos deberán realizarse con la maquinaria que se encargue del nivelado del viejo vertedero.

Fig. 4.3: Sitio del nuevo camino



#### **4.1.4. Mejora del ingreso del Centro de Tratamiento de RSU**

Se deberá realizar una mejora del ingreso al predio, ya que la actual está en malas condiciones. El portón de ingreso se encuentra con herrumbre, deberá evaluarse la posibilidad de arreglarlo.

#### **4.1.5. Cartelería**

Es importante que el centro cuente con nueva cartelería. Los carteles serán de índole informativa, y contribuirán con los programas de formación ciudadana que se desarrollará en las próximas etapas del corriente trabajo. Los carteles serán diseñados por expertos en el tema.

#### **4.1.6. Limpieza de zona cercana a la planta de separación**

Actualmente, en la zona cercana a la planta de separación, se acumula gran cantidad de chatarra, que ocupan espacio que puede ser utilizado para mejorar la circulación en



las inmediaciones, especialmente al momento del saneamiento del viejo predio. Por ello, se decide que es necesario despejarlo. La chatarra podrá venderse, o disponerse junto con el resto de los residuos del predio.

## 4.2. RELLENO SANITARIO

### Características:

Tipo de vertido: Celdas excavadas

Profundidad útil promedio: 8 metros

Terraplén de 2.5 metros (evita que ingrese escorrentía y aumenta la capacidad)

Tipo de barrera de contención de lixiviado: geomembrana + capa de suelo mejorado

### **Construcción en etapas**

Para lograr mayor eficiencia en el diseño y planificación del centro de tratamiento, se desarrollará en etapas, con un horizonte de proyecto 5 años cada una.

**En esta primera instancia, se realizarán los cálculos, cómputos y presupuestos para la primera etapa.**

### 4.2.1. Cómputo de metros lineales requeridos para cada etapa de proyecto

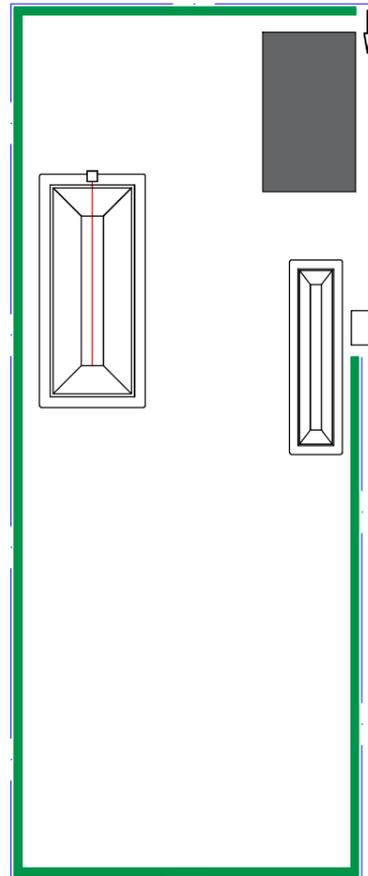
Se calcula, de acuerdo al volumen útil por metro lineal, la longitud con la que deberá contar el relleno sanitario para contener los residuos generados por la población a lo largo de las diferentes etapas del proyecto. Se comprueba que la demanda requerida cumpla con la disponibilidad de la distribución en etapas, asumiendo que el porcentaje de productos biodegradables aumenta en el tiempo.

Tabla 4.1: Demanda vs disponibilidad

DEMANDA VS DISPONIBILIDAD							
Etapa			1	2	3	4	5
AÑO			2022	2027	2032	2037	2042
Celda sin clasificar	Metros lineales	m	120	240	400	550	790
	Area disponible por ml	m2			387		
Celda biodegradable	Metros lineales	m	100	200	320	450	640
	Area disponible por ml	m2			104		
Disponibilidad total		m3	56840	113680	188080	259650	372290
Demanda		m3	49356	105528	169466	242347	325535
Cumple?			SI	SI	SI	SI	SI

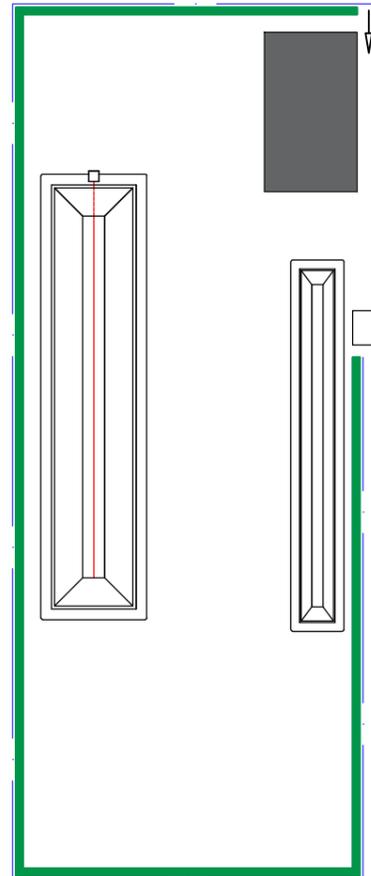
A continuación, se muestra la distribución que irá tomando el predio a medida que se cumplan los horizontes de proyecto estipulados. (Plano 4.1)

**ETAPA 1**  
AÑO 2022



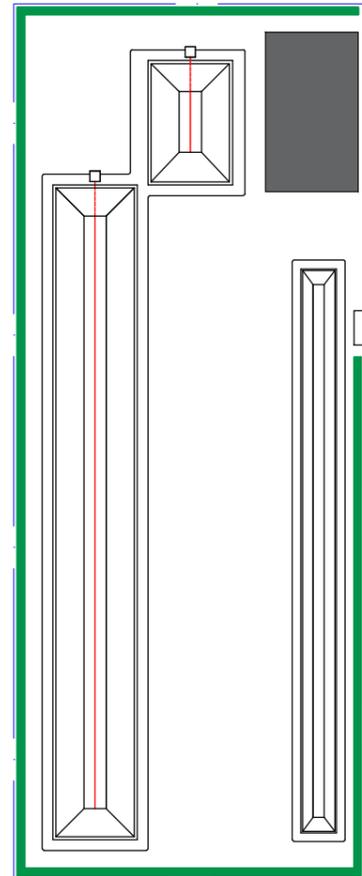
Capacidad total: 56.840 m<sup>3</sup>  
Demanda: 49.356 m<sup>3</sup>

**ETAPA 2**  
AÑO 2027



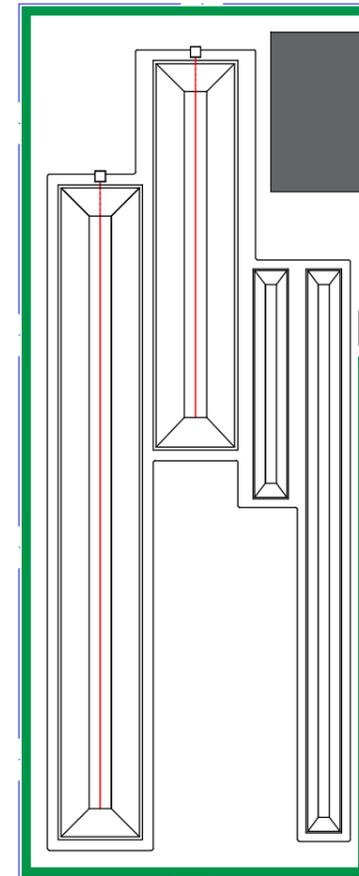
Capacidad total: 113.680 m<sup>3</sup>  
Demanda: 105.528 m<sup>3</sup>

**ETAPA 3**  
AÑO 2032



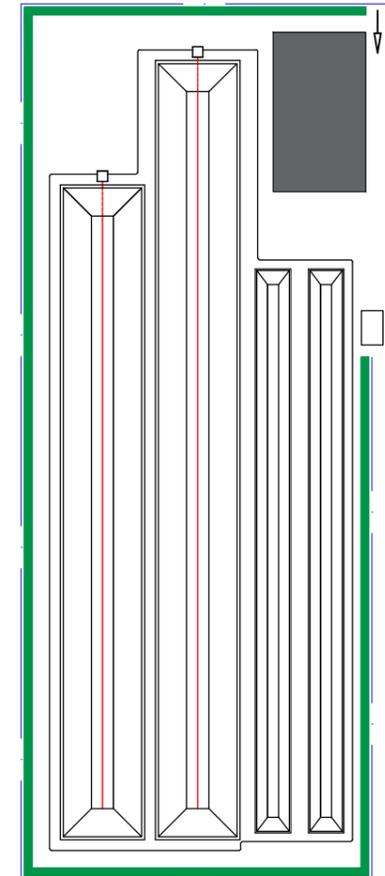
Capacidad total: 188.080 m<sup>3</sup>  
Demanda: 169.446 m<sup>3</sup>

**ETAPA 4**  
AÑO 2037



Capacidad total: 259.650 m<sup>3</sup>  
Demanda: 242.374 m<sup>3</sup>

**ETAPA 5**  
AÑO 2042



Capacidad total: 372.290 m<sup>3</sup>  
Demanda: 325.535 m<sup>3</sup>

ESC 1:4000

	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
Tema: Etapas Centro de Tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza				PLANO N°: 4.1
				Sustituye a:
				Sustituido por:



#### 4.2.2. Limpieza de terreno – Retiro de cubierta vegetal

Como se determinó en el apartado anterior, para la primera etapa se requieren 120 metros lineales de celda sin clasificar, y 100 metros lineales de celda de biodegradables.

El área total de limpieza será de 11.400 m<sup>2</sup>

#### 4.2.3. Movimiento de suelo

El movimiento de suelo es el principal trabajo a realizar para la construcción del relleno sanitario. Deberá ser realizado por una retroexcavadora.

Una parte del suelo extraído se utilizará para el terraplenado y las celdas divisorias internas. El sobrante, podrá venderse o utilizarse para otras obras de la localidad. Actualmente hay mucha demanda de éste material, por lo cual se encontrará uso muy fácilmente.

Tabla 4.2: Movimiento de suelo

<b>CELDAS SIN CLASIFICAR</b>	
Volumen excavado por metro lineal	231 m <sup>2</sup> /m
Volumen de suelo utilizado en base	19 m <sup>2</sup> /m
Volumen de suelo utilizado en protección	30 m <sup>2</sup> /m
Volumen de suelo utilizado en cobertura	14 m <sup>2</sup> /m
Volumen de suelo utilizado en celdas diarias	45 m <sup>2</sup> /m
<b>Volumen sobrante por metro lineal</b>	<b>123 m<sup>2</sup>/m</b>
<b>CELDAS BIODEGRADABLES</b>	
Volumen excavado por metro lineal	57 m <sup>2</sup> /m
Volumen de suelo utilizado en base	15 m <sup>2</sup> /m
Volumen de suelo utilizado en protección	0 m <sup>2</sup> /m
Volumen de suelo utilizado en cobertura	4 m <sup>2</sup> /m
Volumen de suelo utilizado en celdas diarias	23 m <sup>2</sup> /m
<b>Volumen sobrante por metro lineal</b>	<b>104 m<sup>2</sup>/m</b>

ETAPA	AÑO	METROS		VOLUMEN A EXCAVAR [m <sup>3</sup> ]	SUELO	
		LINEALES CELDA COMÚN [m]	LINEALES CELDA BD [m]		SOBRANTE ACUMULADO [m <sup>3</sup> ]	SOBRANTE E ETAPA [m <sup>3</sup> ]
1	2022	120,00	100,00	33420,0	25160,0	25160,0
2	2027	240,00	200,00	66840,0	50320,0	25160,0
3	2032	400,00	320,00	110640,0	82480,0	32160,0
4	2037	550,00	450,00	152700,0	114450,0	31970,0
5	2042	790,00	640,00	218970,0	163730,0	49280,0



#### 4.2.4. Construcción de aislación suelo natural – RSU

La barrera aislante entre los residuos y el suelo natural, se compondrá de una geomembrana de 1000 micrones de espesor, adquirida en la empresa IPESA. El producto viene en rollos de 7 metros de ancho por 300 de largo, y tiene un costo de US\$ 2 por m<sup>2</sup>. Como el ancho del relleno sanitario es mayor a los 7 metros, deberá soldarse, por lo cual, se requerirá de personal adicional.

Sobre la geomembrana, se dispondrá suelo mejorado con arcilla bentonita a un 5%. El producto se adquiere en “Bentonita del Lago”, una empresa de la Pcia. de Buenos Aires, que tiene experiencia en este tipo de trabajos, ya que realizó el mismo tipo de obra para Ceamse.

Para las celdas biodegradables no será necesario crear una aislación, debido a que en caso de que se genere compost, el contacto con el suelo natural favorece el proceso. Si se genera biogas en el futuro, se requerirá de una geomembrana.

#### 4.2.5. Construcción de barreras filtrantes

Como se dijo anteriormente, las barreras filtrantes tienen la función de evitar que partes sólidas de los residuos, ingresen junto con el lixiviado hacia las cañerías que los desagotan. Se utilizarán, para tal fin, piedra partida de tamaño nominal 50 mm, y 19 - 32 mm.

Las celdas biodegradables tampoco requieren de las barreras filtrantes.

Cantidades requeridas de cada uno:

Tabla 4.3: Volúmenes de áridos

PRODUCTO	ÁREA	METROS	VOLUMEN
	POR ML	LINEALES	TOTAL
	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>
Agregado tamaño nominal 50 mm	4	140	<b>560</b>
Agregado tamaño nominal 16 - 32 mm	4	140	<b>560</b>





---

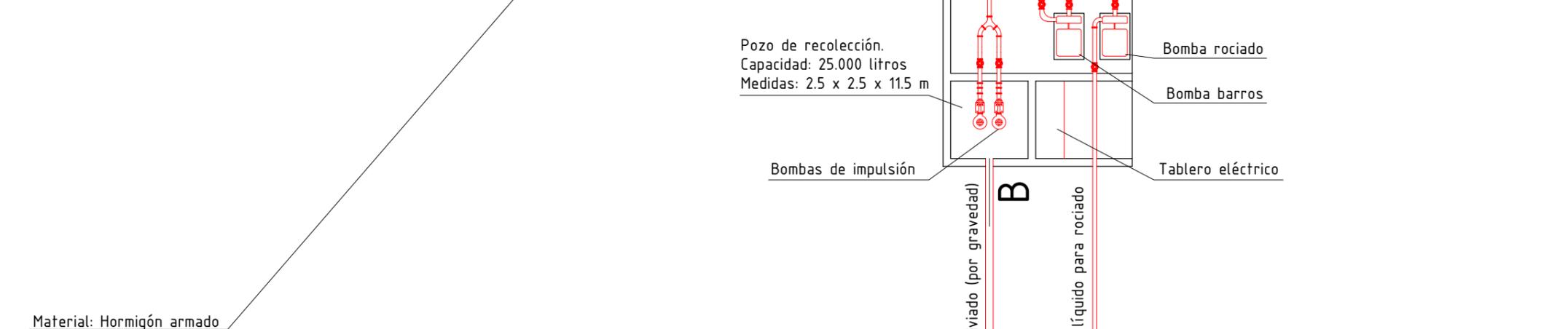
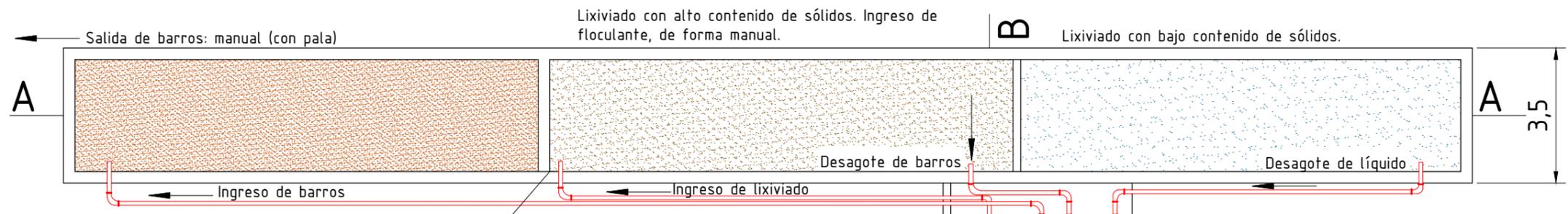
### **4.3. GESTIÓN DE LIXIVIADOS**

#### **4.3.1. Construcción de conductos y cámara para lixiviados**

Se necesitará de la construcción de una cámara de recolección de lixiviados, que recibirá los líquidos que egresen del relleno sanitario, con alto contenido de carga orgánica y contaminación. Luego, los líquidos serán bombeados hasta unas piletas cercanas, donde se le agregará un producto floculante, haciendo que los sólidos sedimenten y se separen de la parte líquida, lo cual evitará que se tapen los rociadores. Una vez separados los sólidos, la capa superior del líquido pasará hacia otra pileta, para luego bombearse hasta el relleno sanitario. El fenómeno de evapotranspiración eliminará la humedad sobrante.

Plano 4.2: Detalles constructivos de planta de lixiviados

# PLANTA

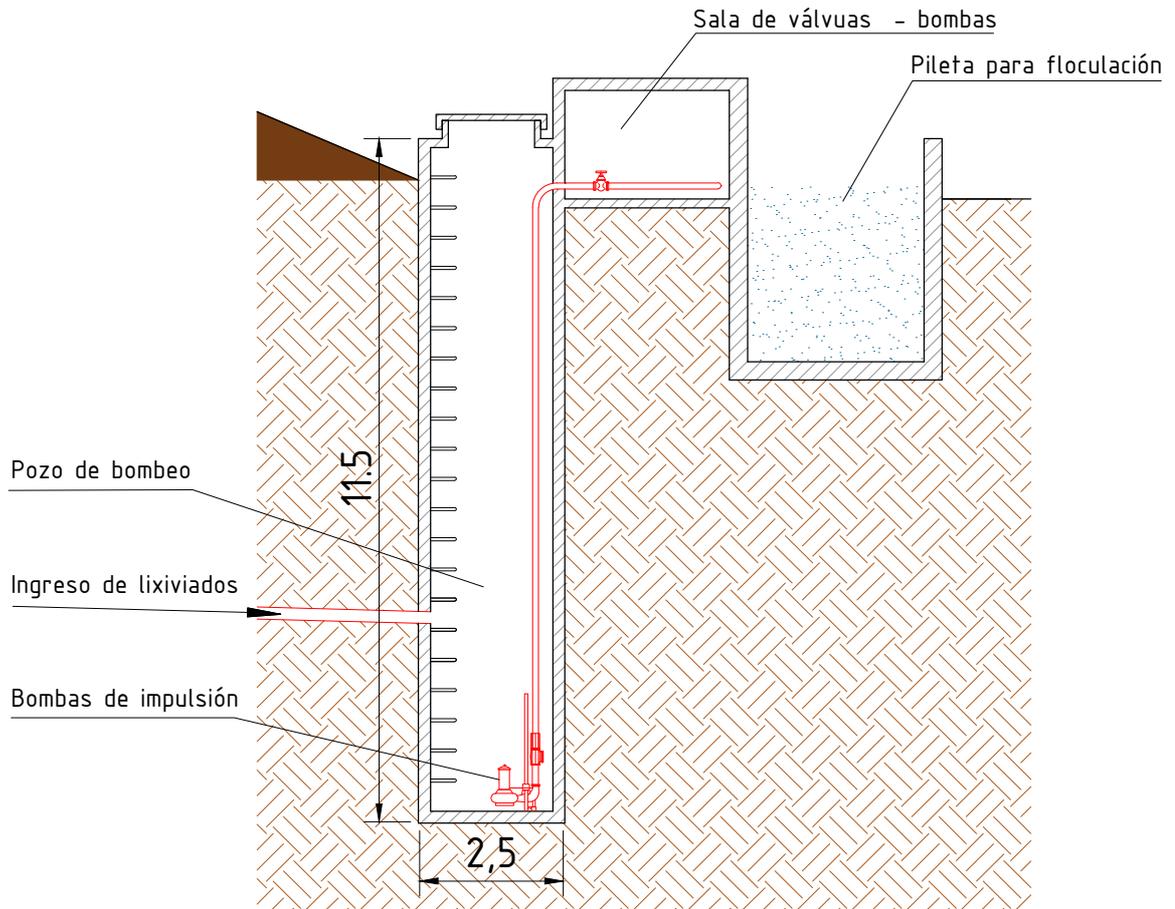


## CORTE A-A

ESC 1:1250

	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
Tema: Gestión de lixiviados Centro de Tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza				PLANO N°: 4.2-1
				Sustituye a:
				Sustituido por:

# CORTE B-B



	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de ciencias exactas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
	Tema: Gestión de lixiviados (Corte) Centro de Tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza			PLANO N°: 4.2-2
				Sustituye a:
				Sustituido por:



#### 4.4. TRABAJOS ANEXOS

##### 4.4.1. Construcción de galpón de acopio para materiales reciclables

Cuando la planta de separación esté funcionando, y los ciudadanos separen en origen, se generarán cantidades importantes de productos como papel, plástico, cartón, etc. Para evitar que se deterioren, es conveniente protegerlos de la intemperie. Por lo tanto, se necesitará un galpón que haga de depósito, acopiando los productos hasta el momento de la venta.

#### 4.5. CÓMPUTO MÉTRICO DE LA ETAPA

A continuación, se muestra un cómputo métrico estimativo, con los valores actuales de costos. En caso de que se lleve a cabo el proyecto, deberá estudiarse con más detalle cada uno de los ítems, obteniendo así un precio más certero.

Tabla 4.4: Cómputo métrico etapa

CÓDIGO	ITEM	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
<b>1 TRABAJOS INICIALES</b>					
	1.1 Alambrado perimetral	m	950	\$ 1.000,00	\$ 950.000,00
	1.2 Cortina forestal	unidad	700	\$ 130,00	\$ 91.000,00
	1.3 Despeje de camino de ingreso a predio		global aproximado		\$ 50.000,00
	1.4 Mejora en ingreso a CDT de RSU		global aproximado		\$ 150.000,00
	1.5 Cartelería		global aproximado		\$ 50.000,00
<b>TOTAL ÍTEM</b>					<b>\$ 1.291.000,00</b>
<b>2 RELLENO SANITARIO</b>					
	2.1 Limpieza de terreno	m2	11400	\$ 101,20	\$ 1.153.680,00
	2.2 Movimiento de suelo	m3	33420	\$ 80,00	\$ 2.673.600,00
	2.3 Compactación suelo natural	m3	3580	\$ 250,00	\$ 895.000,00
	2.4 Geomembrana 1000 micrones	m2	8400	\$ 60,00	\$ 504.000,00
	2.5 Bentonita para aislante suelo - RS	m3	180	\$ 1.500,00	\$ 270.000,00
	2.6 Compactación suelo protección	m3	3600	\$ 250,00	\$ 900.000,00
	2.7 Piedra partida 50 mm	m3	560	\$ 1.600,00	\$ 896.000,00
	2.8 Piedra partida 19-32 mm	m3	560	\$ 1.400,00	\$ 784.000,00
<b>TOTAL ÍTEM</b>					<b>\$ 8.076.280,00</b>
<b>3 GESTIÓN DE LIXIVIADOS</b>					
	3.1 Construcción de cámaras y pozos		global aproximado		\$ 750.000,00
	3.2 Bombeo y cañerías		global aproximado		\$ 300.000,00
<b>TOTAL ÍTEM</b>					<b>\$ 1.050.000,00</b>
<b>TOTAL OBRA</b>					<b>\$ 10.417.280,00</b>



#### **4.6. CÓMPUTO MÉTRICO GENERAL – DETERMINACIÓN DE PRECIO POR M<sup>3</sup>**

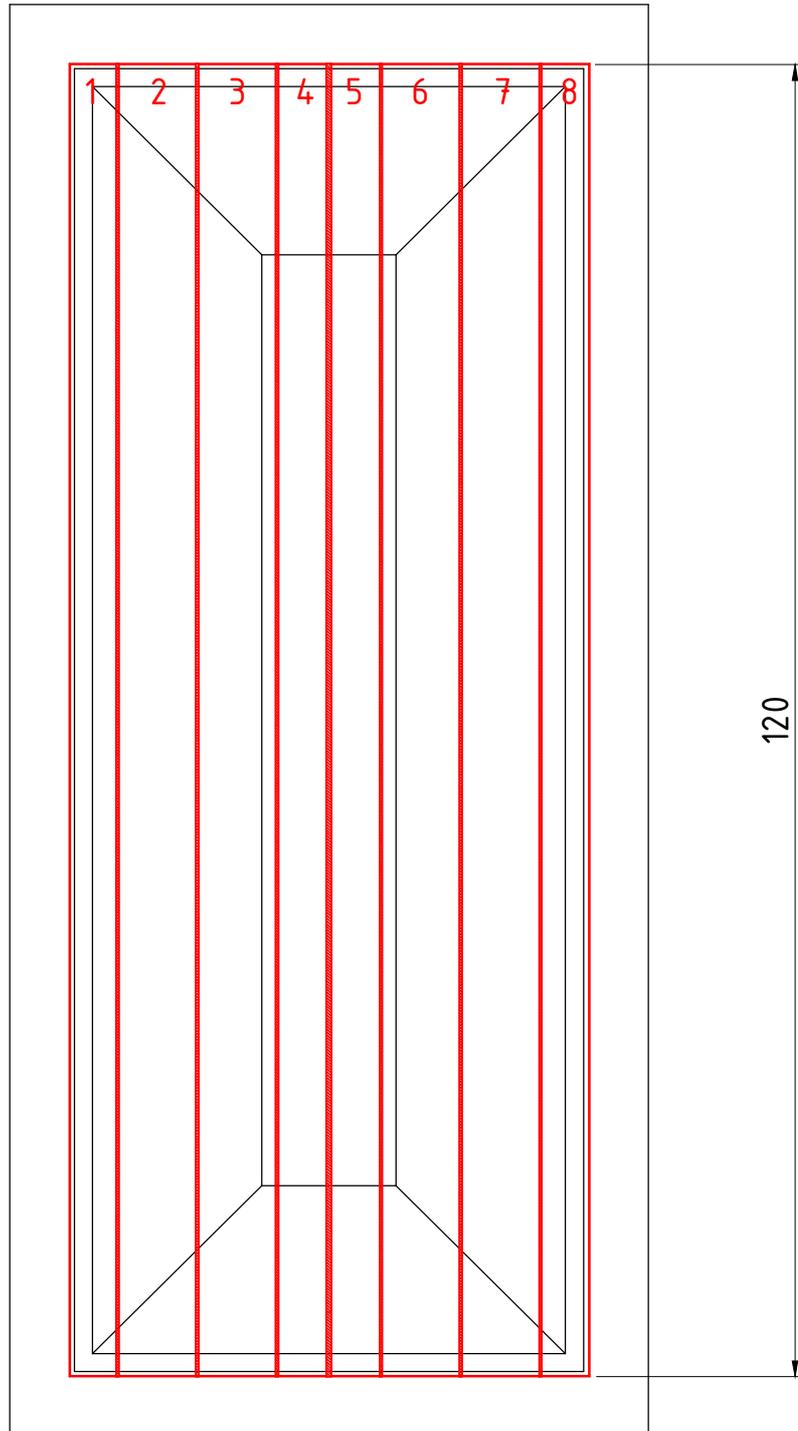
En esta instancia, se realizó un cómputo general, referido a un valor en dólares americanos, para determinar el precio por metro cúbico de residuo depositado, y obtener un precio por habitante por mes, para poder generar la tasa municipal correspondiente.

Se calculó, además, los valores que se tendrían en caso de que las industrias pagaran un canon al momento de disponer sus residuos en el vertedero.

A continuación, se adjuntan las tablas correspondientes.

Tabla 4.5: Cómputo métrico general

Tabla 4.6 – 4.7: Valores por habitante



Largo total del paño: 130 metros  
 Cantidad de paños: 8  
 Ancho del paño: 7 metros  
 Solape: 25 cm  
 Área total de geomembranas: 84.00 m<sup>2</sup>  
 Metros lineales de soldadura: 910

	Fecha	Nombre	Firma	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA</b> Facultad de ciencias exactas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
	Tema: Disposición geomembranas Centro de Tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza			PLANO N°: 4.3
				Sustituye a:
				Sustituido por:

Capacidad relleno sanitario

m3 375000

CÓDIGO	ITEM	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	OBSERVACIONES
<b>0 VALOR DEL PREDIO</b>			global		\$ 4.050.000,00	Referido al valor de 150,000 dólares americanos
<b>1 TRABAJOS INICIALES</b>						
1.1	Alambrado perimetral	m	950	\$ 1.000,00	\$ 950.000,00	Olímpico - 2 metros de altura, 3 filas de alambre de púas. Diam 2 mm
1.2	Cortina forestal	unidad	1000	\$ 250,00	\$ 250.000,00	Álamos cada 1,5 metros
1.3	Despeje de camino de ingreso a predio		global aproximado		\$ 50.000,00	
1.4	Mejora en ingreso a CDT de RSU		global aproximado		\$ 350.000,00	Nuevo ingreso, pintura de elementos existentes y nuevo portón
1.5	Cartelería		global aproximado		\$ 50.000,00	
<b>TOTAL ÍTEM</b>					<b>\$ 1.650.000,00</b>	
<b>2 RELLENO SANITARIO</b>						
2.1	Limpieza de terreno	m2	65000	\$ 50,00	\$ 3.250.000,00	
2.2	Movimiento de suelo	m3	33420	\$ -	\$ -	No se computa debido a que el suelo es necesario en la localidad
2.3	Compactación suelo natural	m3	15010	\$ 150,00	\$ 2.251.500,00	
2.4	Geomembrana 1000 micrones	m2	44240	\$ 60,00	\$ 2.654.400,00	
2.5	Bentonita para aislante suelo - RS	m3	180	\$ -	\$ -	Se aprovecharán las propiedades puzolánicas de las cenizas (AGD)
2.6	Compactación suelo protección	m3	34760	\$ 150,00	\$ 5.214.000,00	Mezclado suelo - cenizas y compactación
2.7	Piedra partida 50 mm	m3	3160	\$ 1.300,00	\$ 4.108.000,00	
2.8	Piedra partida 19-32 mm	m3	3160	\$ 1.300,00	\$ 4.108.000,00	
<b>TOTAL ÍTEM</b>					<b>\$ 21.585.900,00</b>	
<b>3 GESTIÓN DE LIXIVIADOS</b>						
3.1	Construcción de cámaras y pozos		global aproximado		\$ 750.000,00	
3.2	Bombeo y cañerías		global aproximado		\$ 750.000,00	
<b>TOTAL ÍTEM</b>					<b>\$ 1.500.000,00</b>	
<b>TOTAL OBRA</b>					<b>\$ 28.785.900,00</b>	
<b>4 OPERACIÓN</b>						
4.1	Mano de obra operativa	horas	200000	\$ 120,00	\$ 24.000.000,00	4 operarios x 25 años
4.2	Maquinaria	horas	24000	\$ 90,00	\$ 2.160.000,00	4 horas diarias x 25 años
4.3	Otros insumos		global aproximado		\$ 2.000.000,00	
<b>TOTAL OPERACIÓN</b>					<b>\$ 28.160.000,00</b>	
<b>COSTO DE DISPOSICIÓN DE RSU (25 años)</b>					<b>\$ 50.371.800,00</b>	
<b>por m3</b>					<b>\$ 134,32</b>	
<b>por m3</b>					<b>U\$ 4,97</b>	

AÑO	POBLACION	PORCIÓN DOMÉSTICA				PORCIÓN INDUSTRIAL			COSTO TOTAL MENSUAL DE DISP	
		VOLUMEN	COSTO	COSTO	COSTO	VOLUMEN	COSTO ANUAL DE	COSTO	[dólares americanos]	[pesos arg]
			ANUAL DE DISPOSICIÓN	MENSUAL DE DISPOSICIÓN	MENSUAL DE DISPOSICIÓN		DISPOSICIÓN	MENSUAL DE DISPOSICIÓN		
		[m3/año]	[dólares americanos]	[dólares americanos]	[pesos arg/HAB]	[m3/año]	[dólares americanos]	[dólares americanos]		
2018	12877	3961,5	U\$ 19.708,49	U\$ 1.642,37	\$ 3,44	5365,4	U\$ 26.692,87	U\$ 2.224,41	U\$ 3.866,78	\$104.403,08
2019	13124	4159,5	U\$ 20.693,69	U\$ 1.724,47	\$ 3,55	5468,3	U\$ 27.204,94	U\$ 2.267,08	U\$ 3.991,55	\$107.771,93
2020	13376	4302,9	U\$ 21.407,03	U\$ 1.783,92	\$ 3,60	5573,2	U\$ 27.726,83	U\$ 2.310,57	U\$ 4.094,49	\$110.551,20
2021	13632	4451,3	U\$ 22.144,97	U\$ 1.845,41	\$ 3,65	5680,2	U\$ 28.258,74	U\$ 2.354,89	U\$ 4.200,31	\$113.408,33
2022	13894	4604,7	U\$ 22.908,33	U\$ 1.909,03	\$ 3,71	5789,1	U\$ 28.800,85	U\$ 2.400,07	U\$ 4.309,10	\$116.345,66
2023	14160	4763,4	U\$ 23.698,02	U\$ 1.974,83	\$ 3,77	5900,2	U\$ 29.353,35	U\$ 2.446,11	U\$ 4.420,95	\$119.365,58
2024	14432	4927,6	U\$ 24.514,92	U\$ 2.042,91	\$ 3,82	6013,4	U\$ 29.916,46	U\$ 2.493,04	U\$ 4.535,95	\$122.470,61
2025	14709	5097,5	U\$ 25.359,99	U\$ 2.113,33	\$ 3,88	6128,7	U\$ 30.490,37	U\$ 2.540,86	U\$ 4.654,20	\$125.663,30
2026	14991	5273,2	U\$ 26.234,18	U\$ 2.186,18	\$ 3,94	6246,3	U\$ 31.075,28	U\$ 2.589,61	U\$ 4.775,79	\$128.946,31
2027	15279	5455,0	U\$ 27.138,52	U\$ 2.261,54	\$ 4,00	6366,1	U\$ 31.671,42	U\$ 2.639,29	U\$ 4.900,83	\$132.322,36
2028	15572	5643,0	U\$ 28.074,02	U\$ 2.339,50	\$ 4,06	6488,3	U\$ 32.279,00	U\$ 2.689,92	U\$ 5.029,42	\$135.794,29
2029	15871	5837,6	U\$ 29.041,77	U\$ 2.420,15	\$ 4,12	6612,7	U\$ 32.898,23	U\$ 2.741,52	U\$ 5.161,67	\$139.365,00
2030	16175	6038,8	U\$ 30.042,88	U\$ 2.503,57	\$ 4,18	6739,6	U\$ 33.529,34	U\$ 2.794,11	U\$ 5.297,69	\$143.037,50
2031	16485	6246,9	U\$ 31.078,51	U\$ 2.589,88	\$ 4,24	6868,9	U\$ 34.172,56	U\$ 2.847,71	U\$ 5.437,59	\$146.814,89
2032	16802	6462,3	U\$ 32.149,83	U\$ 2.679,15	\$ 4,31	7000,6	U\$ 34.828,11	U\$ 2.902,34	U\$ 5.581,50	\$150.700,37
2033	17124	6685,1	U\$ 33.258,08	U\$ 2.771,51	\$ 4,37	7134,9	U\$ 35.496,24	U\$ 2.958,02	U\$ 5.729,53	\$154.697,23
2034	17452	6915,5	U\$ 34.404,53	U\$ 2.867,04	\$ 4,44	7271,8	U\$ 36.177,19	U\$ 3.014,77	U\$ 5.881,81	\$158.808,89
2035	17787	7153,9	U\$ 35.590,51	U\$ 2.965,88	\$ 4,50	7411,3	U\$ 36.871,21	U\$ 3.072,60	U\$ 6.038,48	\$163.038,86
2036	18128	7400,5	U\$ 36.817,36	U\$ 3.068,11	\$ 4,57	7553,5	U\$ 37.578,53	U\$ 3.131,54	U\$ 6.199,66	\$167.390,77
2037	18476	7655,6	U\$ 38.086,51	U\$ 3.173,88	\$ 4,64	7698,4	U\$ 38.299,43	U\$ 3.191,62	U\$ 6.365,50	\$171.868,37
2038	18831	7919,5	U\$ 39.399,41	U\$ 3.283,28	\$ 4,71	7846,1	U\$ 39.034,15	U\$ 3.252,85	U\$ 6.536,13	\$176.475,52
2039	19192	8192,5	U\$ 40.757,57	U\$ 3.396,46	\$ 4,78	7996,6	U\$ 39.782,97	U\$ 3.315,25	U\$ 6.711,71	\$181.216,21
2040	19560	8474,9	U\$ 42.162,54	U\$ 3.513,54	\$ 4,85	8150,0	U\$ 40.546,16	U\$ 3.378,85	U\$ 6.892,39	\$186.094,57
2041	19935	8767,0	U\$ 43.615,94	U\$ 3.634,66	\$ 4,92	8306,3	U\$ 41.323,98	U\$ 3.443,67	U\$ 7.078,33	\$191.114,83
2042	20318	9069,2	U\$ 45.119,45	U\$ 3.759,95	\$ 5,00	8465,7	U\$ 42.116,73	U\$ 3.509,73	U\$ 7.269,68	\$196.281,40

Dólar \$ 27,00

Costo por m3

U\$ 4,97

Ingreso por m3 de residuos industriales

U\$ 6,00

AÑO	POBLACION	PORCIÓN INDUSTRIAL				PORCIÓN DOMÉSTICA				COSTO TOTAL MENSUAL DE DISP	
		VOLUMEN	COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN	COSTO MENSUAL DE DISPOSICIÓN	INGRESOS AL MUNICIPIO	VOLUMEN	COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN	COSTO MENSUAL DE DISPOSICIÓN	COSTO MENSUAL DE DISPOSICIÓN		
			[m3/año]	[dólares americanos]			[dólares americanos]	[dólares americanos]	[m3/año]	[dólares americanos]	[dólares americanos]
2018	12877	5365,4	U\$ 26.692,87	U\$ 2.224,41	U\$ 32.192,46	3961,5	U\$ 19.708,49	U\$ 1.642,37	\$ 3,44	U\$ 1.184,08	\$31.970,04
2019	13124	5468,3	U\$ 27.204,94	U\$ 2.267,08	U\$ 32.810,03	4159,5	U\$ 20.693,69	U\$ 1.724,47	\$ 3,55	U\$ 1.257,38	\$33.949,36
2020	13376	5573,2	U\$ 27.726,83	U\$ 2.310,57	U\$ 33.439,45	4302,9	U\$ 21.407,03	U\$ 1.783,92	\$ 3,60	U\$ 1.307,87	\$35.312,45
2021	13632	5680,2	U\$ 28.258,74	U\$ 2.354,89	U\$ 34.080,94	4451,3	U\$ 22.144,97	U\$ 1.845,41	\$ 3,65	U\$ 1.360,23	\$36.726,22
2022	13894	5789,1	U\$ 28.800,85	U\$ 2.400,07	U\$ 34.734,74	4604,7	U\$ 22.908,33	U\$ 1.909,03	\$ 3,71	U\$ 1.414,54	\$38.192,49
2023	14160	5900,2	U\$ 29.353,35	U\$ 2.446,11	U\$ 35.401,08	4763,4	U\$ 23.698,02	U\$ 1.974,83	\$ 3,77	U\$ 1.470,86	\$39.713,15
2024	14432	6013,4	U\$ 29.916,46	U\$ 2.493,04	U\$ 36.080,20	4927,6	U\$ 24.514,92	U\$ 2.042,91	\$ 3,82	U\$ 1.529,26	\$41.290,15
2025	14709	6128,7	U\$ 30.490,37	U\$ 2.540,86	U\$ 36.772,36	5097,5	U\$ 25.359,99	U\$ 2.113,33	\$ 3,88	U\$ 1.589,83	\$42.925,50
2026	14991	6246,3	U\$ 31.075,28	U\$ 2.589,61	U\$ 37.477,79	5273,2	U\$ 26.234,18	U\$ 2.186,18	\$ 3,94	U\$ 1.652,64	\$44.621,29
2027	15279	6366,1	U\$ 31.671,42	U\$ 2.639,29	U\$ 38.196,75	5455,0	U\$ 27.138,52	U\$ 2.261,54	\$ 4,00	U\$ 1.717,77	\$46.379,68
2028	15572	6488,3	U\$ 32.279,00	U\$ 2.689,92	U\$ 38.929,50	5643,0	U\$ 28.074,02	U\$ 2.339,50	\$ 4,06	U\$ 1.785,29	\$48.202,91
2029	15871	6612,7	U\$ 32.898,23	U\$ 2.741,52	U\$ 39.676,32	5837,6	U\$ 29.041,77	U\$ 2.420,15	\$ 4,12	U\$ 1.855,31	\$50.093,29
2030	16175	6739,6	U\$ 33.529,34	U\$ 2.794,11	U\$ 40.437,45	6038,8	U\$ 30.042,88	U\$ 2.503,57	\$ 4,18	U\$ 1.927,90	\$52.053,23
2031	16485	6868,9	U\$ 34.172,56	U\$ 2.847,71	U\$ 41.213,19	6246,9	U\$ 31.078,51	U\$ 2.589,88	\$ 4,24	U\$ 2.003,16	\$54.085,20
2032	16802	7000,6	U\$ 34.828,11	U\$ 2.902,34	U\$ 42.003,82	6462,3	U\$ 32.149,83	U\$ 2.679,15	\$ 4,31	U\$ 2.081,18	\$56.191,78
2033	17124	7134,9	U\$ 35.496,24	U\$ 2.958,02	U\$ 42.809,61	6685,1	U\$ 33.258,08	U\$ 2.771,51	\$ 4,37	U\$ 2.162,06	\$58.375,62
2034	17452	7271,8	U\$ 36.177,19	U\$ 3.014,77	U\$ 43.630,85	6915,5	U\$ 34.404,53	U\$ 2.867,04	\$ 4,44	U\$ 2.245,91	\$60.639,47
2035	17787	7411,3	U\$ 36.871,21	U\$ 3.072,60	U\$ 44.467,85	7153,9	U\$ 35.590,51	U\$ 2.965,88	\$ 4,50	U\$ 2.332,82	\$62.986,19
2036	18128	7553,5	U\$ 37.578,53	U\$ 3.131,54	U\$ 45.320,91	7400,5	U\$ 36.817,36	U\$ 3.068,11	\$ 4,57	U\$ 2.422,92	\$65.418,72
2037	18476	7698,4	U\$ 38.299,43	U\$ 3.191,62	U\$ 46.190,33	7655,6	U\$ 38.086,51	U\$ 3.173,88	\$ 4,64	U\$ 2.516,30	\$67.940,12
2038	18831	7846,1	U\$ 39.034,15	U\$ 3.252,85	U\$ 47.076,44	7919,5	U\$ 39.399,41	U\$ 3.283,28	\$ 4,71	U\$ 2.613,09	\$70.553,54
2039	19192	7996,6	U\$ 39.782,97	U\$ 3.315,25	U\$ 47.979,54	8192,5	U\$ 40.757,57	U\$ 3.396,46	\$ 4,78	U\$ 2.713,42	\$73.262,26
2040	19560	8150,0	U\$ 40.546,16	U\$ 3.378,85	U\$ 48.899,96	8474,9	U\$ 42.162,54	U\$ 3.513,54	\$ 4,85	U\$ 2.817,39	\$76.069,65
2041	19935	8306,3	U\$ 41.323,98	U\$ 3.443,67	U\$ 49.838,04	8767,0	U\$ 43.615,94	U\$ 3.634,66	\$ 4,92	U\$ 2.925,16	\$78.979,23
2042	20318	8465,7	U\$ 42.116,73	U\$ 3.509,73	U\$ 50.794,12	9069,2	U\$ 45.119,45	U\$ 3.759,95	\$ 5,00	U\$ 3.036,84	\$81.994,63

Dólar \$ 27,00

Costo por m3

U\$ 4,97

Ingreso por m3 de residuos industriales

U\$ 8,00

AÑO	POBLACION	PORCIÓN INDUSTRIAL				PORCIÓN DOMÉSTICA				COSTO TOTAL MENSUAL DE DISP	
		VOLUMEN	COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN	COSTO MENSUAL DE DISPOSICIÓN	INGRESOS AL MUNICIPIO	VOLUMEN	COSTO ANUAL DE DISPOSICIÓN	COSTO MENSUAL DE DISPOSICIÓN	COSTO MENSUAL DE DISPOSICIÓN		
										[m3/año]	[dólares americanos]
2018	12877	5365,4	U\$ 26.692,87	U\$ 2.224,41	U\$ 42.923,28	3961,5	U\$ 19.708,49	U\$ 1.642,37	\$ 3,44	U\$ 289,84	\$7.825,70
2019	13124	5468,3	U\$ 27.204,94	U\$ 2.267,08	U\$ 43.746,71	4159,5	U\$ 20.693,69	U\$ 1.724,47	\$ 3,55	U\$ 345,99	\$9.341,84
2020	13376	5573,2	U\$ 27.726,83	U\$ 2.310,57	U\$ 44.585,93	4302,9	U\$ 21.407,03	U\$ 1.783,92	\$ 3,60	U\$ 378,99	\$10.232,86
2021	13632	5680,2	U\$ 28.258,74	U\$ 2.354,89	U\$ 45.441,25	4451,3	U\$ 22.144,97	U\$ 1.845,41	\$ 3,65	U\$ 413,54	\$11.165,51
2022	13894	5789,1	U\$ 28.800,85	U\$ 2.400,07	U\$ 46.312,99	4604,7	U\$ 22.908,33	U\$ 1.909,03	\$ 3,71	U\$ 449,68	\$12.141,44
2023	14160	5900,2	U\$ 29.353,35	U\$ 2.446,11	U\$ 47.201,44	4763,4	U\$ 23.698,02	U\$ 1.974,83	\$ 3,77	U\$ 487,49	\$13.162,34
2024	14432	6013,4	U\$ 29.916,46	U\$ 2.493,04	U\$ 48.106,94	4927,6	U\$ 24.514,92	U\$ 2.042,91	\$ 3,82	U\$ 527,04	\$14.230,00
2025	14709	6128,7	U\$ 30.490,37	U\$ 2.540,86	U\$ 49.029,81	5097,5	U\$ 25.359,99	U\$ 2.113,33	\$ 3,88	U\$ 568,38	\$15.346,23
2026	14991	6246,3	U\$ 31.075,28	U\$ 2.589,61	U\$ 49.970,38	5273,2	U\$ 26.234,18	U\$ 2.186,18	\$ 3,94	U\$ 611,59	\$16.512,95
2027	15279	6366,1	U\$ 31.671,42	U\$ 2.639,29	U\$ 50.929,00	5455,0	U\$ 27.138,52	U\$ 2.261,54	\$ 4,00	U\$ 656,75	\$17.732,12
2028	15572	6488,3	U\$ 32.279,00	U\$ 2.689,92	U\$ 51.906,01	5643,0	U\$ 28.074,02	U\$ 2.339,50	\$ 4,06	U\$ 703,92	\$19.005,78
2029	15871	6612,7	U\$ 32.898,23	U\$ 2.741,52	U\$ 52.901,75	5837,6	U\$ 29.041,77	U\$ 2.420,15	\$ 4,12	U\$ 753,19	\$20.336,06
2030	16175	6739,6	U\$ 33.529,34	U\$ 2.794,11	U\$ 53.916,61	6038,8	U\$ 30.042,88	U\$ 2.503,57	\$ 4,18	U\$ 804,63	\$21.725,14
2031	16485	6868,9	U\$ 34.172,56	U\$ 2.847,71	U\$ 54.950,93	6246,9	U\$ 31.078,51	U\$ 2.589,88	\$ 4,24	U\$ 858,34	\$23.175,31
2032	16802	7000,6	U\$ 34.828,11	U\$ 2.902,34	U\$ 56.005,09	6462,3	U\$ 32.149,83	U\$ 2.679,15	\$ 4,31	U\$ 914,40	\$24.688,92
2033	17124	7134,9	U\$ 35.496,24	U\$ 2.958,02	U\$ 57.079,47	6685,1	U\$ 33.258,08	U\$ 2.771,51	\$ 4,37	U\$ 972,90	\$26.268,41
2034	17452	7271,8	U\$ 36.177,19	U\$ 3.014,77	U\$ 58.174,47	6915,5	U\$ 34.404,53	U\$ 2.867,04	\$ 4,44	U\$ 1.033,94	\$27.916,33
2035	17787	7411,3	U\$ 36.871,21	U\$ 3.072,60	U\$ 59.290,47	7153,9	U\$ 35.590,51	U\$ 2.965,88	\$ 4,50	U\$ 1.097,60	\$29.635,30
2036	18128	7553,5	U\$ 37.578,53	U\$ 3.131,54	U\$ 60.427,88	7400,5	U\$ 36.817,36	U\$ 3.068,11	\$ 4,57	U\$ 1.164,00	\$31.428,04
2037	18476	7698,4	U\$ 38.299,43	U\$ 3.191,62	U\$ 61.587,11	7655,6	U\$ 38.086,51	U\$ 3.173,88	\$ 4,64	U\$ 1.233,24	\$33.297,37
2038	18831	7846,1	U\$ 39.034,15	U\$ 3.252,85	U\$ 62.768,58	7919,5	U\$ 39.399,41	U\$ 3.283,28	\$ 4,71	U\$ 1.305,42	\$35.246,21
2039	19192	7996,6	U\$ 39.782,97	U\$ 3.315,25	U\$ 63.972,71	8192,5	U\$ 40.757,57	U\$ 3.396,46	\$ 4,78	U\$ 1.380,65	\$37.277,60
2040	19560	8150,0	U\$ 40.546,16	U\$ 3.378,85	U\$ 65.199,95	8474,9	U\$ 42.162,54	U\$ 3.513,54	\$ 4,85	U\$ 1.459,06	\$39.394,68
2041	19935	8306,3	U\$ 41.323,98	U\$ 3.443,67	U\$ 66.450,72	8767,0	U\$ 43.615,94	U\$ 3.634,66	\$ 4,92	U\$ 1.540,77	\$41.600,70
2042	20318	8465,7	U\$ 42.116,73	U\$ 3.509,73	U\$ 67.725,50	9069,2	U\$ 45.119,45	U\$ 3.759,95	\$ 5,00	U\$ 1.625,89	\$43.899,03

Dólar \$ 27,00



## **CAPÍTULO 5: MANUAL DE OPERACIONES**

A continuación, se explicará en forma resumida las tareas a realizar con cada tipo de residuos sólido que ingresa al Centro de Tratamiento.

### **5.1. DOMÉSTICOS (RD)**

Los RS de tipo domésticos que lleguen al centro de tratamiento serán de dos tipos:

#### **5.1.1. Residuos sin clasificar o mezcla (RDM)**

Llegan a través del camión compactador, y son residuos que las familias no clasificaron. En caso de que la mayoría de las familias se adapte al programa y separe el material reciclable, el material que llegue de la recolección común tendrá mucho contenido orgánico, junto con algunos productos como pañales, nylon, etc. Hoy en día, previo a la aplicación del Plan, el 100% de los RSU corresponden a esta clasificación.

#### ***Depósito temporal***

Este tipo de residuos deberá ingresarse a la planta de separación, por lo cual, se dispondrá en la zona cercana a la misma. Actualmente la planta cuenta con un espacio destinado a este producto.

#### ***Tratamiento***

Los RS sin clasificar (RSM) deberán ingresar a la planta. Se realizará una separación manual, por parte de los 7 operarios municipales que conforman el personal de la planta. Su tarea, será:

Inicialmente, cuando los operarios cuenten con poca experiencia y la población no esté totalmente adaptada a los programas de separación, deberán separar de los elementos reciclables, en las categorías:

- PET (de acuerdo a colores),
- Vidrio,
- Papel y cartón,
- Metales.

Los elementos pasantes de la cinta serán:

- Material orgánico,
- Materiales farmacéuticos,
- Nylon,
- Papeles sucios o inservibles,
- Plásticos no reciclables.

Una vez que la población se adapte a los programas de separación, el contenido de reciclables que ingresen a la planta debería bajar significativamente. En esa instancia, podrá evaluarse la reducción del personal, y la separación pasará a tener una nueva categoría, correspondiente a MATERIAL INORGÁNICO. Las categorías serán:

- PET (de acuerdo a colores),
- Vidrio,



- Papel y cartón,
- Metales.
- MATERIAL INORGÁNICO (farmacéuticos, nylon, papeles sucios, plásticos no reciclables)

Los elementos pasantes de la cinta:

- Material orgánico.

Fig. 5.1: Máquina separadora



### *Disposición final*

Inicialmente el material pasante de la cinta de separación deberá disponerse en una celda común, sin posibilidad de valorización alguna. Esto se da porque tiene muchos materiales que disminuyen la calidad del residuo e impiden su tratamiento.

Cuando el programa se esté ejecutando, y las familias puedan comenzar con la separación, el material reciclable de la cinta disminuirá, lo que dará la posibilidad de que los operarios de la planta puedan trabajar con mayor facilidad, pudiendo también separar el material inorgánico que genera la contaminación mencionada. Eso da la posibilidad de que el material pasante de la cinta sea material orgánico biodegradable, lo cual permite que sea dispuesto en forma separada, en una celda especial. La celda podrá, en un futuro, generar energía eléctrica con Biogas, o producir compost para uso interno del municipio.



### **5.1.2. Residuos reciclables (RDR)**

Como se explicará en la parte siguiente del presente trabajo, los residuos reciclables serán recogidos diferenciadamente. Las familias deberán sacarlos a la calle el día correspondiente al día que sacan los residuos de poda, en pilas separadas. Los empleados municipales encargados de la recolección, deberán recogerlos y disponerlos en camiones separados. En caso de que se cuente con un solo camión, se deberán generar compartimentos separados para evitar el mezclado.

#### *Depósito temporal*

Deberán disponerse en zonas cercanas a la planta de tratamiento, para así facilitar su traslado hasta el sitio de acopio. No tienen que tener contacto con materiales que puedan contaminarlos.

#### *Tratamiento*

Se deberá realizar una separación, que podrá ser manual y no requerirá de maquinaria especial. Además, deberán generarse fardos para obtener menor volumen y permitir el mayor aprovechamiento de la zona de acopio.

#### *Destino final*

El material reciclable se dispondrá en el nuevo galpón de acopio. Cuando el mismo esté llenándose, se venderá.

## **5.2. COMERCIALES (RC)**

Posteriormente se plantea un programa para que los comercios pertenecientes a una Red Municipal puedan actuar como receptores de productos reciclables, a cambio de bonos que podrán usar como medio de pago para las tasas municipales. El concepto se explicará con mayor detalle en apartados posteriores.

### **5.2.1. Reciclables (RCR)**

Los residuos reciclables que capten los comercios de la red, serán recogidos un día específico, a acordar con los comerciantes.

El depósito inicial, tratamiento y destino final serán exactamente los mismos que los residuos domésticos reciclables.

### **5.2.2. Sin clasificar (RCM)**

Los comercios que generen residuos sin clasificar (alimenticios, orgánicos, etc.) los dispondrán el día que corresponde para la recolección por parte del camión compactador. En caso de que la cantidad generada sea excesiva, se evaluará que sean llevados por los mismos comerciantes hasta el centro de tratamiento.

Se tratarán y dispondrán de la misma forma que los RS domiciliarios.



### **5.3. INDUSTRIALES (RI)**

Al momento de inicio del presente proyecto, el municipio contaba con un gran problema, y era que las empresas hacían uso indiscriminado del viejo basural. Buscando una solución, el autor propone la creación de un centro de pre-tratamiento para las empresas, que se desarrollará en apartados posteriores. Los beneficios del proceso están dados por una mayor facilidad para la separación de los materiales que llegan a predio municipal.

#### **5.3.1. Reciclables (RIR)**

Los materiales reciclables provenientes de las industrias serán pocos en caso de que el centro de pre-tratamiento funcione correctamente. Cualquier material reciclable que ingrese, tendrá el mismo tratamiento y destino que los materiales reciclables domésticos y comerciales.

#### **5.3.2. Sin clasificar (RIM)**

Los materiales sin clasificar que provengan de las empresas, deberán ser PESADOS. Esto es debido a que, como se va a explicar posteriormente, se cobrará un canon por el uso del predio municipal.

Se intentará que este tipo de residuo ingrese a la planta de separación para aprovechar algún material reciclable que pueda contener, aunque, en caso de que no se cuente con capacidad suficiente, se deberá enviar directamente a la celda común.

#### **5.3.3. Chatarra (RIC)**

La chatarra es compuesta por metales de cualquier tipo. Se dispondrá en el playón del nuevo predio, y se venderá como producto reciclado. Actualmente tiene un precio conveniente en el mercado.

### **5.4. PODA (RP)**

Los residuos de poda, tanto del municipio como los residuos de jardín de la población, se dispondrán de forma temporal en el nuevo predio. Allí, mediante una máquina Chipeadora, se triturarán y recolectarán. Los usos podrán ser los siguientes:

- Material apto para generación de Biogas y compost.
- Material apto para plazas y espacios verdes
- Producto de canje por materiales reciclables
- Producto para decorar hogares de la población

### **5.5. PUNTOS LIMPIOS (RL)**

Posteriormente se explicará el concepto de punto limpio. Corresponde a un espacio donde los vecinos dejarán sus productos reciclables y biodegradables. El municipio deberá ser el encargado de recogerlos cuando los contenedores estén llenos, y transportarlos hacia el centro de tratamiento.



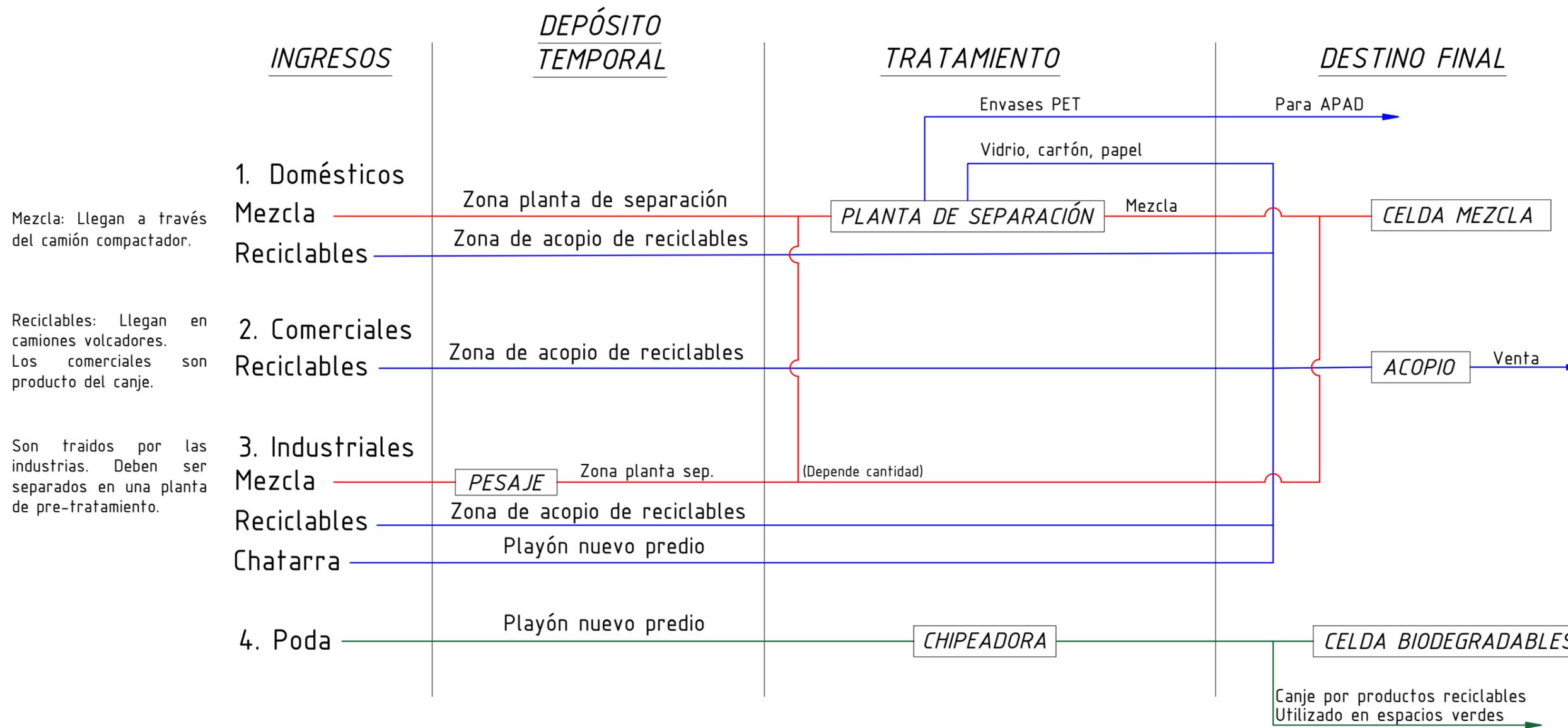
### **5.5.1. Reciclables (RLR)**

Los productos reciclables ya estarán previamente separados, por lo cual, formarán los fardos y acopiarán junto con los provenientes de los otros sectores.

### **5.5.2. Biodegradables (RLO)**

El material biodegradable proveniente de los puntos limpios tendrá muy buena calidad, ya que las personas que arrojarán allí únicamente sus residuos de cocina. Se podrán disponer directamente sobre la celda de biodegradables, para su utilización en la producción de compost o Biogas.

A continuación, se muestra un lay out de los pasos que deberá seguir un residuo, según su tipo, una vez que ingresa al Centro (Plano 5.1). Además, se adjunta un plano esquemático que muestra las diferentes zonas del CTR.



	Fecha	Nombre	Firma	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de ciencias exactas, Físicas y Naturales
Dibujad.				
Compro.				
Revisad.				
	Tema: Lay Out RSU Centro de tratamiento de RSU Municipalidad de General Deheza			PLANO N°: 5.1
				Sustituye a:
				Sustituido por:



## **5.6. OPERACIÓN DE VERTIDO DE SÓLIDOS**

Históricamente, los residuos que ingresaban al predio, se iban disponiendo en los lugares que se encontraran vacíos en el momento, y luego se prendían fuego intencionalmente para disminución de volumen. A partir del presente proyecto, se dejará esa falta de planificación, y los residuos se dispondrán de forma estratégica.

Se comenzará la disposición desde el extremo este del relleno (parte más cercana a la recolección de lixiviados), mediante celdas diarias. Una vez que se dispuso los residuos generados durante el día, se cubrirán con una capa de 10 cm de tierra, que estará acopiada en las inmediaciones.

A medida que se vaya llenando la celda, será conveniente cubrirla, para así evitar que ingresen posibles animales, y disminuir el ingreso de agua de lluvia, generando una menor cantidad de lixiviados.

## **5.7. OPERACIÓN DE GESTIÓN DE LIXIVIADOS**

Como se explicó anteriormente, cuando la lluvia ingresa al relleno sanitario, toma contacto con los residuos y pasa a ser un material con alta carga orgánica, pudiendo también contener productos contaminantes. Por ello, no podrá arrojarse en canales o efluentes, y se retendrá siempre en el predio.

Dentro de los detalles constructivos, se mostró una cámara para su recolección. La cámara cuenta con dos espacios diferenciados. La separación se da para aportar, en la primera cámara, productos flocculantes, lo cual hace que las pequeñas partículas orgánicas se junten, aumenten su masa, y sedimenten. La parte líquida pasará hacia el otro lado, para luego bombearse hacia el relleno, llegando a éste mediante rociadores que faciliten la evapotranspiración.

La cámara contará con sensores que prendan las bombas cuando sea necesario, por lo cual, el sistema será automático. El encargado del predio deberá verificar que funcione correctamente mediante pruebas periódicas.

El sistema tendrá una bomba de barros, para limpiar los sedimentos en el fondo de la primera cámara. Los barros se secarán en la pileta correspondiente, y volverán a formar parte del relleno sanitario, siendo los microorganismos los encargados de digerirlos y disminuir su carga orgánica. El traslado de barros desde la pileta de secado hasta el relleno sanitario se hará de forma manual.



## **CAPÍTULO 6: PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESÍDUOS**

El objetivo principal del presente trabajo práctico contempla el diseño y cálculo de un Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos. Sin embargo, el desarrollo técnico del mismo necesariamente debe estar acompañado por un óptimo plan de gestión, para que el vertido sea el mínimo posible, y la vida útil del relleno sanitario (y por lo tanto del predio) aumenten a su máximo posible.

La gestión integrada de RSU se viene promoviendo desde hace más de 50 años en el mundo, sin embargo, no está desarrollada en nuestro país. Consiste en un conjunto de operaciones que tienen por objeto dar a los residuos producidos en una zona, el destino y tratamiento adecuado, de una manera sustentable, técnica y económicamente factible, y socialmente aceptable. (*Apuntes de clase, Dr. Francisca, F., 2017*)

Etapas de la gestión integral:

- Generación
- Disposición inicial
- Recolección
- Transporte
- Almacenamiento
- Transferencia
- Tratamiento
- Disposición final

En hogares

A cargo  
del  
municipio

Los planes de gestión de este tipo pueden ser visualizados de forma de pirámide invertida. La cantidad de RSU debe disminuir desde su generación (parte superior) hacia abajo, y el vertido tiene que ser de la menor cantidad posible.

Fig. 6.1: Pirámide PGIRSU



El plan debe estar enfocado en cada fila de la pirámide, por lo cual, se tomará cada una y se lo desarrollará en etapas, para que así el municipio pueda trabajar sobre cada uno de ellos, mejorando progresivamente hasta llegar al ideal.



## 6.1. PROBLEMÁTICAS INICIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN

Al momento del estudio de un plan de mejora en la gestión de los RSU, nos encontramos con problemáticas:

Tabla 6.1: Problemáticas

Problemática	Dificultad	Plazo	Posible solución
Falta de control, cuantificación y cualificación de los residuos sólidos urbanos por parte de la municipalidad. La implementación de un plan de este tipo, requerirá que se realicen mediciones, debido a que es la única forma de generar indicadores de calidad, para determinar si se están cumpliendo con las metas del plan	Media - Baja	Corto	Determinación de indicadores, con puntos de muestreo lo más representativos posibles. Generación de plan de medición de RSU en punto de disposición final. Creación de registros.
Gran historial de vertido indiscriminado de residuos en basural.	Media	Mediano	Concientizar a la población en general y sobre todo al personal municipal, de que el vertido indiscriminado no es una opción viable.
La población no cuenta con hábitos que beneficien al plan. Hubo intentos de concientización pero no tuvieron resultados.	Media - Alta	Mediano	Educación y formación ciudadana. Programa de beneficios y castigos.
Las empresas de la localidad hacen uso del basural de manera indiscriminada, sin aportar soluciones. La municipalidad acepta los residuos que generan, sin cobrar ningún tipo de canon.	Alta	Inmediato	Controlar la entrada de residuos en el centro de tratamiento, cuantificar el costo por m <sup>3</sup> y transferirlo a las empresas que requieran del tratamiento de sus RS.



## 6.2. PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN DE RSU

Lo prioritario en una política de gestión es la reducción de la cantidad de residuos. Esto implica que las industrias, comercios, agricultura y viviendas no creen residuos en primer lugar. Para ello, se debe trabajar la conciencia ciudadana, e incentivar a comercios e industrias para que reduzcan sus consumos al máximo. (Kielly, G., 2000)

Las ventajas de la minimización:

- La generación de grandes volúmenes de RS está correlacionada con la disminución de la mayoría de las fuentes no renovables.
- Los requisitos energéticos para la transformación y mejora de las prestaciones de los residuos están proporcionados a la cantidad tratada y aumenta exponencialmente con el incremento de la dilución de los residuos.
- Genera disminución en el elevado coste de recogida, separación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final.
- Los residuos equivalen a una pérdida de rendimiento, por lo tanto, la disminución de los mismo generaría un aumento en la productividad. Es de vital importancia que las industrias y comercios visualicen este concepto.

### 6.2.1. Porción doméstica

Actualmente, el volumen de residuos sólidos domésticos que genera la localidad está comprendida en aproximadamente 10 toneladas diarias. La recolección se lleva a cabo todos los días en forma sectorizada, llegando así al centro de RSU las siguientes cantidades (*Diagnóstico de RSU, Acevedo, E., 2018*):

- Lunes: 4 camiones diarios
- Martes, miércoles, jueves y viernes: 2 camiones diario
- Sábados: 1 camión diario

Los datos nos indican que los residuos domésticos no son la problemática principal, ya que representan cantidades excesivas, y con un programa de conciencia ciudadana, mostrando los beneficios de reducir, utilizar envases retornables, etc., es suficiente. Se deberá centrar la atención en el programa de reciclaje y reutilización, tanto de la parte orgánica como inorgánica.

### 6.2.2. Porción comercial

Actualmente hay antecedentes de minimización de residuos en comercios con la prohibición de bolsas de polietileno. Será necesario la creación de planes similares, trabajando en conjunto con la población, proponiendo alternativas para reducir el volumen de residuos.

### ***Red municipal de comercios verdes***

La creación de una red de comercios que cumplan con especificaciones ambientales de RSU, fomentará la participación de los mismos en la problemática. Un programa de este



tipo resulta muy fácil de aplicar para el municipio, ya que solo es necesario plantear una serie de requisitos, y luego auditar a los comerciantes, verificando el cumplimiento o no de los mismos.

Los requisitos que deberán cumplir los comercios de la red podrán ser (por ejemplo):

- No otorgar a sus clientes ningún tipo de material no biodegradable (polietileno, PET, etc.)
- Separar la parte reciclable de los envases que reciben (cajas de cartón, plásticos, etc.) entregándoselos al municipio para que éste lo recicle.
- Recibir productos reciclables de los clientes, pasándoselos luego al municipio para que se lleven a la planta de reciclaje.
- Fomentar el cuidado por el medioambiente, mediante entrega de folletos y carteles proveídos por el municipio.
- El comerciante de la red deberá participar en capacitaciones mensuales o bimensuales.

Los comerciantes pertenecientes a la red podrán tener beneficios de tipo impositivos. Además, su comercio se destacará con señaléticas. Un comercio que cumpla con las especificaciones tendrá una mejor imagen, lo cual también será un beneficio y un incentivo por parte de los comerciantes para adherirse a la red.

Se requiere la organización de una comisión que determine los requerimientos de la red, asigne auditores, programe las capacitaciones, etc. También se requerirá de un diseñador gráfico que realice los folletos, adhesivos y demás señaléticas.

### **6.2.3. Porción industrial**

Actualmente comprende la problemática más importante. Históricamente las empresas de la localidad (con excepción de AGD, que cuenta con su propio sistema de recolección y vertido) juntan sus residuos y los transportan por sus medios hasta el basural municipal. El volumen que generan es, a veces, superior al que se genera en la porción doméstica y comercial. El hecho de que las empresas dispongan en el vertedero municipal, transmite al municipio un problema de grandes dimensiones, ya que los mismos requieren un tratamiento que debe ser afrontado por las arcas del municipio, y ocupa un gran volumen físico dentro del predio, lo cual acorta la vida útil del mismo. Por ello, es importante que las empresas entiendan el concepto de minimización y lo apliquen.

Un comercio o industria disminuirá la generación únicamente si está convencido de que los beneficios del programa pueden reducir los costes y mejorar su actuación ambiental. Se debe exponer los dichos beneficios mediante programas para comercios e industrias. Además, se requerirá trabajar en conjunto con la Asociación Empresarial de General Deheza (AEGD), y determinar las metas y objetivos del programa de reducción.

Mediante auditorías periódicas, pueden generarse las verificaciones necesarias y determinar si el comercio o industria cumple con los requerimientos establecidos. Se debe generar un programa de beneficios en caso de que el mismo cumpla, y castigos severos en caso de que no lo haga. La aplicación de un canon, como se estudiará en apartados siguientes, fomentará a que las empresas comiencen a cuidarse en cuanto a



la generación, ya que mientras más generen, más dinero deberán destinar a la municipalidad.

La minimización de los residuos es una etapa de pura gestión, ya que depende únicamente de la voluntad del generador de residuos. Por ello, es la etapa más difícil de modificar, aunque, en caso de que se logre, genera la mayor cantidad de beneficios directos.

### 6.3. RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN

“El reciclaje consiste en transformar materiales usados en recursos valiosos, mientras que la reutilización vuelve a utilizar un producto para el mismo fin u otro.” (*Red Española de Compostaje, 2014*)

Ambos métodos no adquirieron la importancia que deberían, ya que actualmente los productos como el papel, cartón, vidrio, etc. tienen muy bajo valor de venta como productos reciclados. El estado (en este caso, el municipio) deberá implementar planes para incentivar a la población, e inducir en los mismos hábitos que contribuyan en el fin. En caso de que el municipio lo logre contará con múltiples beneficios, entre ellos:

- Reducción de producción de residuos
- Menor volumen de residuos a transportar y disponer
- Ahorro de materias primas
- Mayor vida útil del relleno sanitario
- Beneficio económico por la venta del producto reciclado (podrá ser transmitido a los ciudadanos mediante disminuciones impositivas, para así generar incentivarlos)
- Reducción de contaminación

El beneficio económico en esta instancia es real, ya que cuando el usuario reutiliza o recicla, contribuye a **disminuir el volumen como desperdicio en el relleno sanitario**. Además, disminuyen los costos de traslado y compactación, y en caso de que puedan ser vendidos, se genera un valor económico adicional.

La reutilización de la fracción orgánica no es conocida en la actualidad, aunque debería serlo ya que es la parte más crítica de los residuos. Es una prioridad en el plan, enseñar a la población sobre la problemática, y darles las herramientas para contribuir positivamente en ella.

Para lograr que la población adquiera los hábitos y que contribuya con el municipio, se debe trabajar en la creación de conciencia ciudadana y en la correcta formación de la población. Lo más importante en esta instancia es demostrarles que el reciclaje y la reutilización tanto de la parte orgánica como la inorgánica tienen **beneficios reales**. Además, el programa se puede complementar con algún tipo de beneficio económico, ya que éste será un incentivo para aquellas personas que no cuentan con ningún tipo de conciencia ambiental.

El reciclaje es posible únicamente si se realiza separación en los hogares. Si la misma es de calidad, las posibilidades de valoración de la materia orgánica y cantidad de productos reciclados son enormes, y condicionarán el resto de las etapas, tanto el sistema de recogida como el tratamiento posterior.



A continuación, se desarrollarán los métodos para lograr una integración de la población con el plan, lo cual es un requerimiento para que el mismo funcione de manera correcta.

### 6.3.1. Porción doméstica

#### *Fracción orgánica*

Su composición está directamente conectada con la composición de todos los seres vivos. A través de ciclos biogeoquímicos de los elementos, la materia orgánica es mineralizada, mientras que el elemento mineral constituye la base de alimentación de los vegetales que a su vez son el sustento de los animales, integrándose en un proceso cíclico que mantiene el equilibrio de la vida. El problema surge cuando la actividad humana principalmente derivada de la superpoblación y la falta de respeto por el medio ambiente genera una cantidad de materia orgánica que literalmente no puede integrarse a la velocidad necesaria en los ciclos naturales, por lo que se produce una acumulación desmesurada que genera una cascada de problemas ambientales extraordinariamente serios.

*Tipología de los residuos orgánicos generados (aproximadamente un 50% de la masa total):*

- Residuos de cocina: 80% agua y no contienen madera.
- Residuos de poda: 50% agua y contiene madera.

#### *Características de los residuos de cocina y vegetales*

Los residuos de alimentos son típicamente húmedos y contienen altos niveles de hidratos de carbono fermentables, por lo que esta fracción es fácilmente degradable por microorganismos. Con el fin de evitar la producción de lixiviados y malos olores, es necesario realizar la recogida y gestión de este tipo de residuo lo más rápidamente posible.

*Posibles usos del residuo orgánico:*

#### RESIDUOS DE COCINA

#### **Generación de compost domiciliario y comunitario**

El compost es materia orgánica que ha sido estabilizada hasta transformarse en un producto parecido a las sustancias húmicas del suelo, que está libre de patógenos y semillas de malas hierbas, que no atrae insectos o vectores, que puede ser manejada o almacenada sin ocasionar molestias, y que es beneficiosa para el suelo y para el crecimiento de las plantas.

Desde el punto de vista ambiental, la ausencia de recogida, transporte y tratamiento de estos residuos implica un **claro beneficio** por la reducción de todo tipo de impactos, al



que se suma la producción de fertilizantes para uso local. Se ponen de manifiesto otro tipo de beneficios sociales derivados de la realización de programas de compostaje, al convertirse estos en un foro de unión y cohesión vecinal.

El compostaje doméstico y comunitario ofrece a la gestión de residuos en general, una herramienta de experimentación, implicación y participación que pocas otras opciones de tratamiento pueden ofrecer. El destino del compost doméstico es siempre la huerta o jardín familiar. Debido a ello, no están contemplados requerimientos especiales que deberían estudiarse en caso de que se evalúe una posible venta del producto.

### *Proceso de compostaje*

El compostaje es la estabilización de la materia orgánica por organismos descomponedores (bacterias, hongos), y por animales detritívoros, como lombrices y escarabajos, y su conversión en un producto fertilizante y regenerador de suelos de alta calidad se denomina compostaje.



Para que el compost tenga propiedades mejoradoras de suelo, debe tener una serie de parámetros regulados, entre ellos:

- Relación C/N: 25-30/1. Si es más bajo, el proceso será rápido y el exceso de N se pierde en forma de amoníaco, produciendo malos olores. Se genera calor en exceso. En caso de que sea más alto, el proceso es lento y no se alcanza las temperaturas necesarias para que se den los procesos químicos.
- Aireación: 5-15% de oxígeno en la masa del compost, ya que el proceso requiere del mismo.
- Humedad: 50-60%: afectan en la difusión del aire.
- Temperatura: 65°C
- Porosidad: suficiente para que el aire se mueva libremente dentro de la masa del compost.

Los residuos verdes con un material muy necesario ya que funcionan como material estructurante que favorece las condiciones del proceso, adecuando la relación C/N y aportando la estructura para que el oxígeno pueda moverse a través de la masa.



### ***Forma de implementación del proceso de compostaje en la comunidad: Creación de Eco-parque y Compostera municipal***

Un proyecto para inducir la producción de compost en los hogares tiene dos partes esenciales, una tecnológica y una educativa:

- El proyecto tecnológico consiste en la implementación de un aparato, el compostador, como novedad dentro de la población, para proteger al compost de los agentes externos no deseados, y acelerar la descomposición.
- El proyecto educativo consiste en la explicación de forma asequible a los usuarios tanto de proceso de compostaje como de la gestión de residuos en general, y de los aspectos ecológicos, económicos y ambientales.

Se deben realizar evaluaciones educativas, para determinar la capacidad de los participantes para responsabilizarse por la autogestión de la fracción orgánica de los RSU, e identificar y analizar las variables sociales, educativas y culturales que favorecen o entorpecen el desarrollo de la estrategia educativa y del conjunto del programa. La evaluación final se resume en una encuesta sobre los aspectos sociales y comunicativos de la campaña. En estos programas se combina gestión y educación ambiental, concibiendo ésta como un proceso de aprendizaje permanente, de carácter comunitario, haciendo uso de los recursos de la propia comunidad, recuperando su saber hacer y promoviendo su autonomía.

### ***ECOPARQUE y COMPOSTERA MUNICIPAL***

Un eco-parque es una herramienta educativa aplicada en varios países europeos. La creación del mismo está directamente relacionada con el sector educativo de la ciudad, siendo éste vital para el obtener los objetivos deseados del eco-parque.

El eco-parque nace como un espacio de interacción entre la sociedad y la problemática actual de residuos. Históricamente la población en general tomó al tema de los residuos como un problema ajeno a sí mismo, limitándose únicamente a la acumulación en sus hogares, y disposición primaria en la vía pública, para que luego el municipio se encargue de su recogida y disposición final. No hubo ni hay interés en conocer qué es lo que se hace con ellos luego de despacharlo de los hogares. El eco-parque genera un contacto con la disposición de los residuos, y permite que el ciudadano visualice el problema e interactúe con las posibles soluciones que se tienen actualmente.

Según estudios especializados, los hábitos adquiridos durante la temprana edad tienen amplias posibilidades de perdurar en el futuro. Esto nos indica que es altamente satisfactorio para la sociedad que los infantes adquieran buenos hábitos, ya que, seguramente, los conservarán durante toda su vida. Por ello el proceso de formación ciudadana tendrá como eje principal la educación a los niños.

La herramienta del eco-parque permite entonces que los alumnos tengan contacto directo (cuidando la seguridad e higiene de los mismos) con la problemática, y a su vez, puedan visualizar el problema y analizar ellos mismos las soluciones. Por ello, se considera una vía muy efectiva para la reducción y reutilización del componente orgánico de los residuos. Cabe destacar que los hábitos formados en los niños generalmente son duplicados en sus hogares, ya que ellos son los que luego enseñan



a sus padres, y motivan a los mismos a tener conductas parecidas a las que se les enseñaron. Este mecanismo también está probado en otras áreas, como la educación vial.

### **Objetivos del Ecoparque:**

- Educar a la población a través de niños y adolescentes, para que tomen contacto con la problemática actual y las posibles soluciones.
- Enseñar a la población los beneficios reales de la generación de compost utilizando los residuos de cocina y poda.
- Promover el hábito de la huerta en casa, exponiendo los beneficios de consumir productos orgánicos, y aprovechando las semillas que entrega el INTA.

### **Plan de gestión**

- 1) Creación de Comisión Ecoparque. Encargada de la organización y gestión del sistema de formación. Formada por un representante de cada institución educativa, y dos representantes de la Municipalidad.
- 2) Creación de las pautas y formación de los integrantes de la comisión, planteo de los objetivos, metas, y de la metodología a utilizar para lograrlos.
- 3) Organización del cronograma y distribución horaria por institución.

### **Plan de infraestructura**

- 1) Seleccionar un terreno municipal, en zona urbana, de aproximadamente 400 m<sup>2</sup>. Será conveniente que el terreno se encuentre en esquina, siendo dos de sus lados cerrados con rejas, para que pueda visualizarse el trabajo que se efectúa dentro.
- 2) La zona frontal deberá permitir la disposición de residuos en contenedores, por lo cual, en enrejado deberá tener espacios abiertos para tal fin. El ecoparque actuará como un punto limpio, atrayendo a aquellos que por decisión propia quieran contribuir al acopio de materiales reciclados (papel, cartón, metales, vidrio, etc.)

### **Zonificación**

- 1) Zona para disposición de RSU según su tipo. Deberán estar junto al enrejado, para que aquellos ciudadanos que quieran disponer los residuos generados según su tipología, puedan hacerlo. Deberán fabricarse distintos contenedores bien diferenciados entre sí, según los siguientes tipos de RSU:
  - Residuos orgánicos de cocina y poda
  - Plásticos
  - Vidrios
  - Papel y cartón
- 2) Zona de carga y descarga, para que los productos depositados en los contenedores puedan ser cargados en camión y llevados hacia la planta de acopio.
- 3) Zona de compost: se dispondrán las pilas de compost.



- 4) Zona de producción (siembra, lombrices, huerta orgánica)

### ***Procesos educativos***

- 1) Separación de RSU según su tipología.
- 2) Reciclaje de papel, cartón, metal y vidrio.
- 3) Creación de compost a partir de la fracción orgánica de los RSU.
- 4) Usos del compost en huerta orgánica.

### ***Entrega de composteras***

Se deberá gestionar la entrega de composteras a los alumnos que contribuyen con el ecoparque, para que así puedan duplicar las experiencias en sus hogares. Actualmente, las composteras pueden conseguirse a través del INTI. En caso de que no se consigan, pueden fabricarse fácilmente con productos reutilizables como tanques de plástico, etc.

### ***Resultados esperados***

El ecoparque introducirá en los hogares los conceptos de separación y compostaje. Con la compostera entregada, las familias podrán generar su propio producto en base a los residuos de poda y cocina que ellos producen, reduciendo así la necesidad de vertido de éstos. Se fomentará la creación de huertas en casa para aprovechar los productos.



## RESIDUOS DE PODA

### *Chipeadora*

Los residuos de poda pueden reducirse a chips mediante una maquinaria especial, que tritura las ramas y las convierte en un producto útil. Los posibles usos son los siguientes:

- Utilización en parques y plazas. Los beneficios de utilizar chip en parques, plazas y jardines son varios y aportan desde muchos puntos de vista: conservan la humedad de la tierra, ahorra agua, aporta nutrientes al suelo, evita crecimiento de malezas reduciendo el uso de herbicidas.
- Compost
- Cambio por productos reciclables.

### *Fracción reciclable doméstica (Papel, cartón, plásticos, vidrio)*

La generación de los residuos domiciliarios urbanos contiene una gran parte de productos que pueden volver a utilizarse, ya sea como materia prima o como producto final. Hoy en día, la gran mayoría de ellos son dispuestos sin valorización, lo cual lleva a una notable pérdida económica por dos motivos centrales:

- El gran volumen de los RSU reciclables son dispuestos en el basural, ocupando espacio físico y disminuyendo la vida útil del mismo.
- El valor del producto como reciclable se pierde una vez que se dispone, el cual pasa a ser de un **elemento comercializable a uno contaminador**.

Como contraparte, la acción de valorizar un producto reciclado conlleva una serie de requerimientos culturales, sociales y económicos, entre los cuales podemos nombrar:

- Programa de separación de RSU en los hogares, ya que en caso de que no se realice este proceso, las posibilidades de valoración son muy bajas.
- Recolección diferenciada de elementos reciclables.
- Espacio destinado para el acopio.
- Selección y compactación del producto en fardos. Maquinaria y personal requerida para este proceso.

Para lograr inducir el reciclaje y la reutilización dentro del sector ciudadano, es necesario que la población visualice el problema anterior y note los beneficios que arroja la implementación del programa. Por ello, es de vital importancia hacer una campaña de publicidad que muestre lo que se realiza en el ámbito.

### *Forma de implementación: “Programa de separación y reciclaje”*

El objetivo del programa es lograr que los habitantes del municipio adquieran el hábito de separación de los residuos en sus hogares. El hecho de que las familias realicen esta simple acción, transmite al municipio muchos beneficios directos, de los cuales algunos son de tipo económico.



Para poder lograr que un hábito se interiorice en la sociedad, hay que hacer que a misma visualice el problema y forme parte de la solución. Se tiene que hacer notar que el problema afecta directamente a los individuos, y realizando una serie de pequeñas acciones, es posible remediar o mitigar el mismo.

En instancias anteriores se planteó un posible uso de los desechos de cocina. En el siguiente programa se mostrará que los productos que las personas desecharon durante toda su vida, tienen un posible valor económico.

### *Antecedentes*

Hace algunos años, se intentó fomentar la separación en los hogares, pero sin éxito. Una breve encuesta oral sobre algunos individuos arrojó como resultado, que las familias no realizaban la separación debido a que eran conscientes de que la basura iba a juntarse nuevamente en el basural, por lo tanto, les parecía una tarea sin sentido. Por ello, y en base al fracaso del programa anterior, el eje principal del actual será la publicidad sobre los beneficios del reciclado que realiza la población.

### ***Recolección diferenciada***

Para evitar que los productos reciclables (vidrio, cartón, papel, plásticos, metales) se contaminen con productos con alto porcentaje de humedad como los residuos de cocina, los primeros no se recolectarán en el mismo momento que los segundos. Esto evitara que los productos pierdan su valor de venta.

Actualmente hay una recolección diferenciada de residuos de jardín y escombros. La población conoce perfectamente qué día debe sacar a la calle estos residuos, y en caso de que los saque un día que no corresponde, es consciente de que se le aplicará la multa correspondiente. Se intentará duplicar este hábito hacia los residuos reciclables.

La población deberá acopiar en sus hogares los productos reciclables de toda la semana. Los mismos no contienen elementos generadores de olores o vectores de enfermedades, por lo cual, no será un problema. Se informará a la población, mediante los medios publicitarios (TV, portales de noticias, Facebook, etc.) que deberán sacar los productos para reciclaje el mismo día que le corresponde sacar los residuos de poda, pero en una pila aparte de éste. Es importante que la población entienda que no se deben mezclar, ya que se pierde el valor. El día que el camión recolector de residuos de poda pase por los hogares, se deberán cargar, además, en un camión separado, los productos reciclables, y transportados al centro de tratamiento para su acopio y futura venta.

Se deberá hacer notar a la población, que en caso de que no se cumplan con las especificaciones del municipio (día acordado, acopio diferenciado en la calle) se aplicarán las multas correspondientes. Los vecinos, a su vez, podrán denunciar en caso de que otro vecino no cumpla.

### ***Reciclaje en Red de comercios – Canje por chips***

La red de comercios, anteriormente desarrollada, recibirá productos reciclables por parte de sus clientes, que podrán llevarlos para evitar el acopio en casa. Para fomentar



esta acción se podrá entregar un producto a cambio, por ejemplo, los chips obtenidos de la trituración de la poda municipal, compost generado en la compostera del ecoparque, o semillas para la huerta en casa.

### ***Canje por bonos impositivos***

Una opción para fomentar el reciclaje y disminuir el vertido, es la creación de bonos verdes. Los usuarios cambiarán los productos reciclables que generan en sus hogares, por bonos verdes que podrán canjear en la red de comercios. Los bonos se podrán presentar al momento de pagar la tasa municipal, disminuyendo así la misma.

En caso de que el producto reciclable sea llevado directamente al Centro de Tratamiento por los usuarios, el bono será de doble valor, ya que evita el traslado por parte del municipio.

Se deberá determinar qué valor tendrán los bonos, de acuerdo a los valores de venta de productos reciclables y costo de tratamiento y vertido. Podrá estudiarse, también, que los bonos se puedan cambiar por productos de algún tipo en la red de comercios. El municipio luego tendrá que pagarles a los comerciantes por los mismos.

### ***Puntos limpios***

Los puntos limpios instalaciones controlada de propiedad municipal. Su principal función es ofrecer a los ciudadanos del municipio un lugar donde depositar de manera separada los residuos que generen en sus hogares. Deberán ubicarse de forma estratégica, en parques o plazas, para que los ciudadanos que tengan la iniciativa, separen en sus hogares y finalmente dispongan sus residuos en los lugares correspondientes.

El programa de puntos limpios tiene que estar acompañado de publicidad y educación.

## **6.3.2. Porción industrial**

### ***Centro de pre-tratamiento***

Para minimizar el volumen de residuos que las empresas disponen en el predio, se propone la creación de un centro de pre-tratamiento, ubicado dentro del predio del Parque Industrial de Adrián P. Urquía, o en las inmediaciones del mismo. En él, deberá acopiarse los residuos que generen las empresas, realizando una separación primaria, para que llegue al Centro de Tratamiento con condiciones aptas para su tratado. El pre-tratamiento deberá estar a cargo de las empresas que lo utilicen, y servirá para que se aprovechen en mayor medida los materiales aptos para reciclaje, como chatarra, cobre, cartón, vidrio, etc. Aquellos productos podrán ser vendidos por su cuenta, o transportados al Centro Municipal, donde se dispondrán en una zona especial para que luego se analicen, ingresen en la planta y se vendan como producto reciclado.



### ***Principio de “quien contamina, paga”***

Todo aquello que no pueda ser comercializado (material orgánico, mezclado, etc.), tendrá un canon con relación a su peso. El canon estimativo es de U\$S 10 por tonelada, el cual corresponde a cálculos realizados por la Facultad de Ciencias Exactas, y está relacionado con el costo del tratamiento y recolección de la basura.

Cualquier empresa que no realice el pre-tratamiento y aporte residuos deberá pagar el mismo canon. En caso de que no realice separación, el canon podría ser mayor.

Haciendo responsable de los residuos a quienes directa o indirectamente los causan, crea un incentivo para reducir su generación e incrementar su recuperación.

Según la bibliografía, en otros países, los montos a abonar son los siguientes:

- Finlandia: 120 euros/tn
- Bélgica: 60 euros/tn

Según Greño (investigador español), en Europa el costo de verter una tonelada de residuos asciende a 25 euros.

## **6.4. INDICADORES DE CALIDAD**

En cualquier programa que se aplique, será necesario la presencia de indicadores, que medirán los progresos que se tengan en cuestiones de generación, reutilización y reciclaje, etc. Deberán medirse volúmenes generados, volúmenes vertidos, compactación, entre otros. Además, se requerirá de personal que realice encuestas en la población, para evaluar si los programas llegan a las familias, y si cumplen o no con los puntos establecidos. Esto último permitirá realizar correcciones, y mejorar aspectos de cada uno de las políticas llevadas a cabo.

Los indicadores de calidad serán un punto determinante, y se requerirá su estudio detallado en el momento de la aplicación de los planes.



---

## BIBLIOGRAFÍA

- Kiely, G. (2000) "Ingeniería ambiental: *fundamentos, entornos, tecnologías* y sistemas de gestión". McGraw-Hill, 1364 páginas.
- **Red española de Compostaje (2014)** "De residuo a recurso, el camino hacia la sustentabilidad". Ediciones Mundi-Prensa. 4065 páginas
- **Secretaría de Ambiente**, Observatorio RSU. ([www.observatoriorsu.gob.ar](http://www.observatoriorsu.gob.ar))
- **Lic. Eugenia Acevedo. (2018)** Diagnóstico realizado para la ciudad de General Deheza
- **INTI. Centro Regional Córdoba.** Manual de compostaje domiciliario para municipios y comunas.  
(<https://www.inti.gob.ar/compostajedomiciliario/pdf/ManualparaMuniycomunaweb.pdf>)



## COMENTARIOS FINALES

Al momento de la propuesta, el personal de la municipalidad, incluido el intendente Dr. Ab. Franco Morra, se mostraron muy entusiasmados. Se adquirió recientemente un predio, por lo cual, es una buena oportunidad para el desarrollo de un estudio técnico-administrativo sobre los residuos. Anteriormente, sólo se había realizado un diagnóstico, y no se contaba con un plan de acción.

El desarrollo de un plan integral, con un Centro de Tratamiento de RSU, permitiría saldar una deuda pendiente con la comunidad, debido a que, por muchos años, el viejo basural generó inconvenientes, siendo el que afecta más directamente a los ciudadanos, los incendios incontrolables que aún hoy en día siguen teniendo focos activos.

La ciudad de General Deheza es un caso de fácil aplicación de un plan de esta envergadura, debido a que la infraestructura pública está bien consolidada. Posee 100% de cloacas, alumbrado público, cordón cuneta, etc., siendo la gestión de residuos uno de los aspectos más atrasados. Por ello, es una buena oportunidad para mejorar, y se espera que el Sr. Intendente pueda comenzar con las obras requeridas, y la preparación de los programas detallados en el presente documento. En caso de que no se apliquen, el resultado será un basural a cielo abierto en el predio nuevo, con todos los problemas que trae asociados, y las generaciones venideras serán quienes deberán remediar los graves daños causados, al igual que la gestión actual debe remediar 50 años de mal vertido de residuos.

En caso de que se puedan aplicar los programas establecidos, junto con las obras civiles calculadas, General Deheza se convertirá en uno de los pocos pueblos que tenga un buen manejo de residuos, pudiendo posicionarse como un ejemplo a seguir dentro de los municipios de la región. Se espera que genere un efecto de "contagio" al resto, lo cual sólo se puede lograr con planes que sean realmente efectivos, con resultados fáciles de visualizar. Por ello, la aplicación deberá ser integral, multidisciplinario, y las familias deben sentirse partícipes de la causa.

Debido a la falta de tiempo, hubo muchos puntos que podrían ampliarse, siendo un causante de esto, además, la falta de información con la que se contó. Por ello, en caso de que se desee avanzar con los planes, deberán estudiarse con más detalle cada uno de los puntos aclarados.