



Proyecto Final Integrador

Ingeniería Ambiental

“DISEÑO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
SÓLIDOS GENERADOS POR LA CORPORACIÓN MERCADO
CENTRAL DE BUENOS AIRES”

Alumna

Milagros Romero

Legajo: CYT-7997

Tutora del proyecto

MSc. Ing. Patricia Virginia Fernández Cañas - MSc. Ing. Gustavo A. Fernández
Protomastro

Cátedra de PFI

Ing. Federico Bailat - Mg. Ing. Vera Mignaqui - Ing. Ruth Rodríguez

Coordinación de carrera

Ing. María Soledad Villaverde

Dirección de carrera

Mg. Ing. Diana Mielnicki

Índice

Resumen Ejecutivo	5
1 Introducción y Objetivos	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo general	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
2 Diagnóstico de la situación actual	12
2.1 Horarios del Mercado Central de Buenos Aires	12
2.2 Inspecciones y decomisos	12
2.3 Programa de reducción de pérdidas y valorización de residuos	13
2.4 Departamento de Acción Comunitaria	21
2.5 Descripción y análisis de la gestión actual de residuos en el MCBA	26
2.5.1 Análisis sobre la caracterización de los residuos del Mercado Central	28
2.5.2 Análisis de las etapas de disposición inicial, recolección, tratamiento y disposición final.....	34
2.5.3 Área de transferencia y disposición final	40
2.5.4 Compostaje de residuos orgánicos	42
2.6 Conclusiones del diagnóstico de la gestión actual	49
3 Marco Normativo	51
3.1 Nivel Nacional	51
3.2 Nivel Provincial.....	53
3.3 Servicio Nacional De Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA)	55
4 Marco Teórico	57
4.1 Residuos sólidos.....	57
4.1.1 Clasificación	57

4.1.2	Impactos en el ambiente y la salud	59
4.2	Gestión de residuos sólidos	60
4.2.1	Jerarquía de gestión de residuos	62
4.2.2	Etapas	63
4.2.3	Tratamientos y valorización	66
4.3	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	79
4.4	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	81
5	Diseño de la Gestión Integral de Residuos Sólidos	83
5.1	Memoria Descriptiva	83
5.1.1	Proyección de generación de residuos.....	85
5.1.2	Disposición Inicial y Separación en origen	85
5.1.3	Recolección diferenciada.....	94
5.1.4	Planta de tratamiento de residuos	98
5.1.5	Planta de tratamiento biológico de Propuesta A: Compostaje.....	106
5.1.6	Planta de tratamiento biológico de Propuesta B: Digestión anaeróbica 122	
5.2	Memoria de cálculo	134
5.2.1	Proyección de generación	134
5.2.2	Separación en origen	140
5.2.3	Recolección	142
5.2.4	Planta de tratamiento	144
5.2.5	Planta de digestión anaeróbica	154
6	Cómputo y presupuesto	170
6.1	Inversión inicial.....	170
6.1.1	Propuesta A - Compostaje.....	170
6.1.2	Propuesta B – Digestión anaeróbica	173
6.2	Operación y Mantenimiento	160

6.2.1	Propuesta A.....	161
6.2.2	Propuesta B.....	163
6.3	Comparativa económica de propuestas A y B	166
6.4	Financiamiento del proyecto	166
7	Análisis de las alternativas del tratamiento biológico	168
7.1	Gestión.....	168
7.2	Impacto ambiental.....	168
7.3	Impacto social	169
7.4	Impacto económico	170
7.5	Conclusión	170
8	Evaluación de Impacto Ambiental.....	171
8.1	Introducción.....	171
8.2	Marco normativo	171
8.3	Metodología	173
8.4	Descripción del proyecto	174
8.4.1	Descripción general del proyecto	174
8.4.2	Localización del proyecto	174
8.4.3	Infraestructura disponible	175
8.4.4	Memoria técnica del proyecto.....	175
8.4.5	Cronograma tentativo	179
8.5	Caracterización ambiental del área de influencia del proyecto	180
8.5.1	Línea de base física	180
8.5.2	Línea de base biológica.....	185
8.5.3	Línea de base socio-económica	186
8.5.4	Identificación y valoración de los impactos ambientales	187
8.6	Plan de gestión ambiental.....	192
8.7	Plan de monitoreo y seguimiento.....	196

8.8	Plan de contingencia.....	196
8.9	Conclusión	198
9	Conclusiones.....	199
10	Bibliografía	201
11	Planos	203
12	Anexos	204

Resumen Ejecutivo

El Mercado Central de Buenos Aires (MCBA) es el principal centro de comercialización de frutas y verduras del país cubriendo una superficie de 570 hectáreas en el municipio de La Matanza. Cuenta con 2 principales sectores: el **Área Transaccional**, donde se realiza la venta mayorista fruti-hortícola y el **Área de Concesiones**, donde se alojan locales de diversas actividades.

Existe similitudes entre un municipio y el MCBA, no solo por la extensión en superficie sino también, por la cantidad en la generación de residuos diarios debido, en primer lugar, a la actividad comercial que se realiza desde sus instalaciones y asociado a esto, a la gran cantidad de personas que transitan y trabajan en el mismo. Sin embargo, hay una característica fundamental en la composición de los residuos del mercado y es que más del **70% de sus residuos son orgánicos**, en su mayoría representados por restos de frutas y hortalizas.

En el presente proyecto, se presenta el **Diseño de una Gestión Integral de Residuos Sólidos para el MCBA**, con el objetivo de **minimizar la generación y disposición final** de los mismos, al mismo tiempo que se **maximiza la valorización de aquellos residuos aprovechables**. Para esto último, se analizaron dos alternativas de tratamiento de los residuos orgánicos, una por compostaje y otra por digestión anaeróbica. También, se buscó la inclusión social en la gestión, incorporando a recuperadores informales, trabajo que ya ha venido desarrollando el mercado desde el año 2020.

Se realizó un **diagnóstico de la gestión actual de residuos del MCBA y análisis de la caracterización de residuos a partir de investigaciones previas** de los mismos. Con la información provista, se **diseñó la separación en origen y la recolección diferenciada de los residuos** específica para cada actividad del mercado. Además, se desarrolló el **diseño de una planta de tratamiento** cuya ubicación se plantea en el mismo predio, donde se tratarán los **residuos orgánicos y el reciclaje de los plásticos**.

Por otra parte, se plantea un **estudio de impacto (EIA) del proyecto**, a través del cual se obtuvo, en su mayoría, impactos positivos tanto en lo ambiental, como en lo económico y social. Para aquellos impactos negativos relevados, a pesar de que no

resultaron críticos, se desarrolló un plan de gestión ambiental para poder evitar y/o minimizarlos.

En el presente documento se incluye la descripción y diseño de la gestión integral de residuos sólidos para el MCBA, los planos de las unidades e instalaciones propuestas, el cómputo y presupuesto integral y el estudio de impacto ambiental del proyecto.

1 Introducción y Objetivos

1.1 Introducción

La Corporación del Mercado Central de Buenos Aires (MCBA) fue creada en agosto de 1967 para proyectar, construir y administrar un Mercado Central destinado a la concentración de frutos y productos alimenticios provenientes del país y del extranjero, tanto para su comercialización y distribución al consumo interno, así como para su exportación.

La construcción se realizó en etapas desde comienzos de la década de 1970 y se inauguró el 15 de octubre de 1984, siendo reconocida como la primera gran obra pública desde el retorno de la democracia. En la Ley 19.227¹ del año 1971, el MCBA es declarado de interés nacional, concesionado por la Corporación del Mercado Central, la cual se conforma por un representante del Gobierno Nacional, otro del Provincial y otro de la Ciudad de Buenos Aires.

Ubicado en el Municipio de La Matanza (Autopista Ricchieri y Boulogne Sur Mer, Tapiales), el principal centro de comercialización de frutas y verduras del país cubre una superficie de 570 hectáreas (Figura 1-I), de las cuales 210 ha están afectadas por la comercialización fruti-hortícola y servicios y 360 hectáreas están destinadas a zonas de reserva para el desarrollo de otras actividades.

¹ Ley Nacional N° 19.227- Mercados de Interés Nacional (1971)



Figura 1-I. Mapa de la ubicación del Mercado Central de Buenos Aires, Tapiales. Fuente: Elaboración propia.

El predio del Mercado Central cuenta con 2 principales sectores: el área Transaccional, donde se realiza la venta mayorista fruti-hortícola y el área de Concesiones. En este último se dan lotes en concesión a empresas que realizan diversas actividades, como ser: distribuidoras de alimentos, semillerías, vivero, empresas de transporte, ferias fruti-hortícolas minoristas, ferias de ropa y poli-rubros, supermercados, concesionarias de autos, depósitos fiscales, logística internacional (exportación/importación), etc.



Figura 1-II Mapa del Mercado Central con sus áreas. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 1-II también se pueden identificar otros sectores como: el Centro Administrativo donde se encuentran las oficinas administrativas de la Corporación del MCBA, el Pabellón de Productos Pesqueros, donde se comercializan los pescados y mariscos que provienen desde la Costa Atlántica o de importación.

Además, el MCBA tiene un Departamento de Laboratorios propio, conformado por cuatro laboratorios:

1. Laboratorio de Frutas y Hortalizas
2. Laboratorio de Microbiología
3. Laboratorio de Sanidad Vegetal
4. Laboratorio del Pabellón de Productos Pesqueros.

Cada uno cuenta con un equipo de profesionales y técnicos especializados, responsables de planificar, establecer y ejecutar los procedimientos analíticos de control para garantizar la inocuidad y calidad de los productos alimenticios que se comercializan allí, verificando el cumplimiento de normas reglamentadas por el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) y de otras exigencias referidas a la sanidad y calidad de los alimentos emanadas por organismos oficiales, tales como el Ministerio de Salud de la Nación. Estas normas se detallarán en el capítulo 3. Marco Normativo.

El centro de comercialización del mercado agroalimentario no sólo posee altos estándares de calidad, sino también, un fuerte compromiso social. A través de convenios, programas y cursos, contribuye a la capacitación y asesoramiento de los distintos eslabones de la cadena agroalimentaria sobre las herramientas de gestión de calidad y sanidad disponibles.

El MCBA presenta varias características similares a la de una ciudad ya que cuenta con una comisaría, una capilla, un centro médico y diversos comercios. Además, genera una cantidad de residuos semejantes a los generados en la ciudad de Ezeiza, aproximadamente **30.000 t/año** (CEAMSE, 2010/2011) que son llevados al relleno sanitario de Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE). Sin embargo, existe una gran diferencia respecto a las ciudades y es que, en el MCBA, debido a su gran actividad comercial fruti-hortícola, la mayor parte de los residuos generados son orgánicos. El resto de las fracciones, en mucha menor cantidad, están representadas en su mayoría, por madera, plásticos y cartones. Para ambas fracciones, orgánica e inorgánica, el mercado ya viene realizando algunas acciones para su minimización.

De esta manera, resulta importante, realizar una revisión de las acciones que ya llevan a cabo, con el objeto de optimizarlas y planificar nuevas acciones que permitan una adecuada gestión de los residuos generados en el MCBA y principalmente, para todos los casos, que contemplen poder valorizar los residuos antes que ser llevado a disposición final, especialmente, la fracción orgánica.

A este respecto, en un nivel de importancia similar, se encuentra, el poder aprovechar las políticas que desde el 2020 viene aplicando el mercado sobre la recuperación de alimentos, toda vez que permiten la disminución de residuos orgánicos que van a disposición final, y, además, cumplen una función social de gran relevancia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar la propuesta de gestión integral de residuos sólidos (RS) del Mercado Central de Buenos Aires, priorizando la minimización de la generación y disposición final de los RS y maximizando su valorización.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el orden jerárquico de los procesos de la gestión integral de residuos sólidos de acuerdo a las necesidades del MCBA.
- Optimizar la gestión de residuos actual del MCBA, realizando una revisión de sus procedimientos, acciones y generar nuevas propuestas conducentes a la valorización de los residuos.
- Analizar dos alternativas de tratamiento biológico para la corriente de residuos orgánicos del MCBA, una de compostaje y otra, de biodigestión anaeróbica.
- Incluir a recuperadores urbanos en la cadena de valor de la gestión de los residuos sólidos para aquellas fracciones que actualmente no la tengan contemplada dentro de las instalaciones.

2 Diagnóstico de la situación actual

2.1 Horarios del Mercado Central de Buenos Aires

Al MCBA hay ingreso de personas durante casi las 24 horas, tal como se observa en la Tabla 2-1, donde se detallan los horarios de cada actividad que se lleva a cabo.

Tabla 2-1. Horarios del MCBA. Fuente: www.mercadocentral.gob.ar

Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo y Feriados
Ingreso de mercadería	17:00 a 2:00						
Venta Mayorista	3:00 a 11	5:00 a 11	3:00 a 11	5:00 a 11	3:00 a 11		
Venta Minorista	8:00 a 17:00	7:00 a 18:00	7:00 a 18:00				
Cerrado	2:00 a 3:00						

El análisis de los horarios permite una evaluación de la generación de residuos en los diferentes segmentos horarios durante el día lo que, posteriormente, ayudará a determinar ubicaciones y cantidad de contenedores de cada establecimiento. Además, son útiles para la propuesta de los horarios y frecuencias de la recolección y así, evitar tráfico vehicular dentro del mercado y optimizar la logística actual.

2.2 Inspecciones y decomisos

La mercadería que ingresa a cada sector es fiscalizada diariamente por la Corporación a través de una inspección aleatoria, llevada a cabo por el Departamento de Calidad o por solicitud del operador, donde se dictamina la aptitud de comercialización del producto. El mismo puede ser rechazado por dos grandes motivos: 1) Defectos de calidad, como deformaciones o exceso de manchas de diverso origen, entre otros y 2) Defectos de condición, haciendo referencia a podredumbre del producto, brotes en hortalizas de bulbo, tubérculo o raíz, rotura de envase en transporte, etc. Cuando el producto resulta no apto, se interviene la mercadería, procediendo a su decomiso. Este aspecto influye directamente en la cantidad diaria de residuos que se generan.

2.3 Programa de reducción de pérdidas y valorización de residuos

En el año 2021, por la Resolución 189, se creó el **Programa de Reducción de Pérdidas y Desperdicios y Valorización de Residuos (PRP)** cuyos objetivos son:

- Disponer de alimentos aptos para consumo humano, destinados al Departamento de Acción Comunitaria para la colaboración del Mercado Central con comedores populares y organizaciones sociales.
- Valorizar los residuos orgánicos mediante la producción de compost.
- Brindar asesoramiento y capacitación a productores y operadores sobre el manejo de pérdidas y desperdicios de residuos en las distintas etapas productivas, y de comercialización y consumo de alimentos. (Mercado Central de Buenos Aires, s.f.)

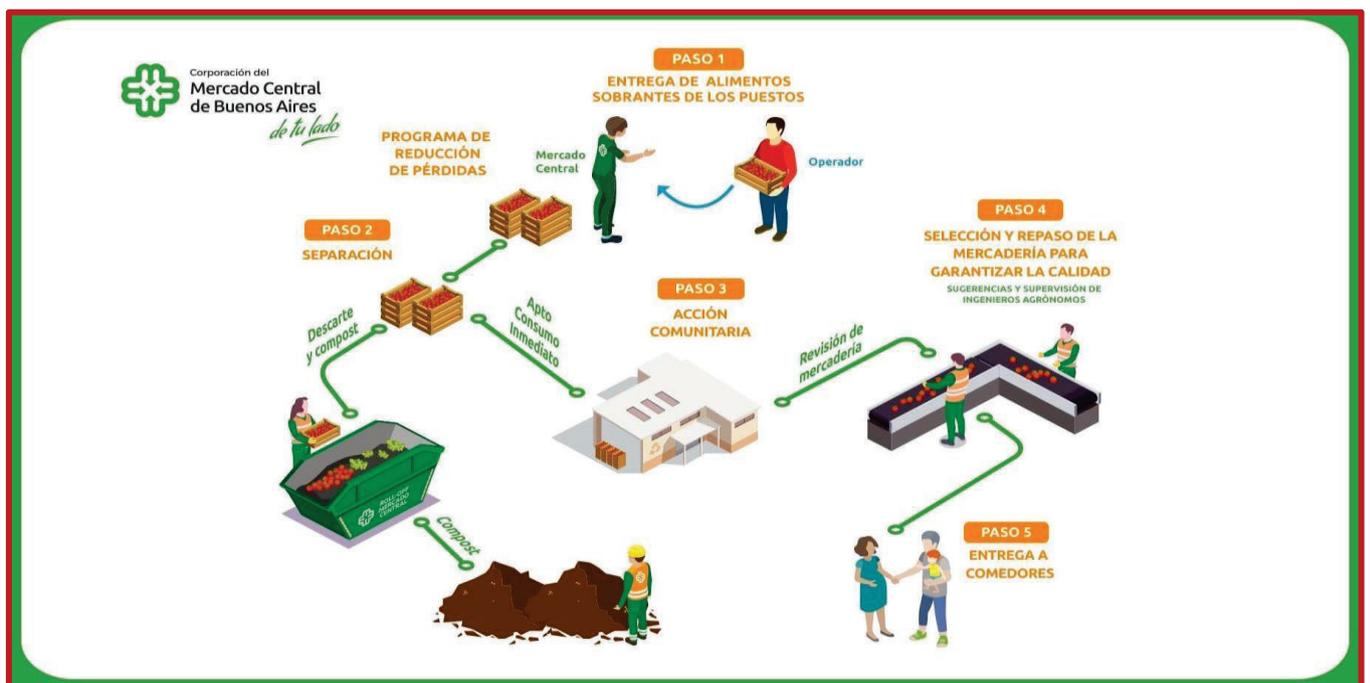


Figura 2-I. Procedimiento del Programa de Reducción de Pérdidas y desperdicios y Valorización de residuos. Fuente: Mercado Central de Buenos Aires.

Como parte del programa, antes de desechar los decomisos se logran rescatar productos que no son aptos para comercializar, pero se encuentran aptos para su consumo inmediato, tal como se muestra en las siguientes figuras:



Figura 2-II. Personal entrenado para recuperar alimentos aptos antes de su ingreso a los volquetes que van a la planta de compostaje. Fuente: Propia (2022)

Aquellos productos considerados aptos para consumo inmediato son separados y llevados a un centro de acondicionamiento dentro del mismo mercado, donde son higienizados y colocados en cuartos de refrigeración, de ser necesario. Luego, se procede a su separación en cajones o bolsas para su donación a comedores comunitarios, merenderos y familias en situación de desempleo, a través de un programa de empadronamiento en el cual organizan la repartición de las donaciones diarias. Esta gestión es realizada por el Departamento de Acción Comunitaria dentro del MCBA, que también recibe las donaciones voluntarias diarias que realizan varios productores dentro mercado.

El programa comenzó con 5 naves del sector fruti-hortícola mayorista: 11, 9, 7, 5 y 3. Los operadores de estas naves asociados al programa, entregan a los trabajadores cajones con mercadería que ellos consideran que ya no son comerciables (por

deformidades, mayor madurez, podredumbre, entre otros motivos) como se muestra en la Figura 2-III.

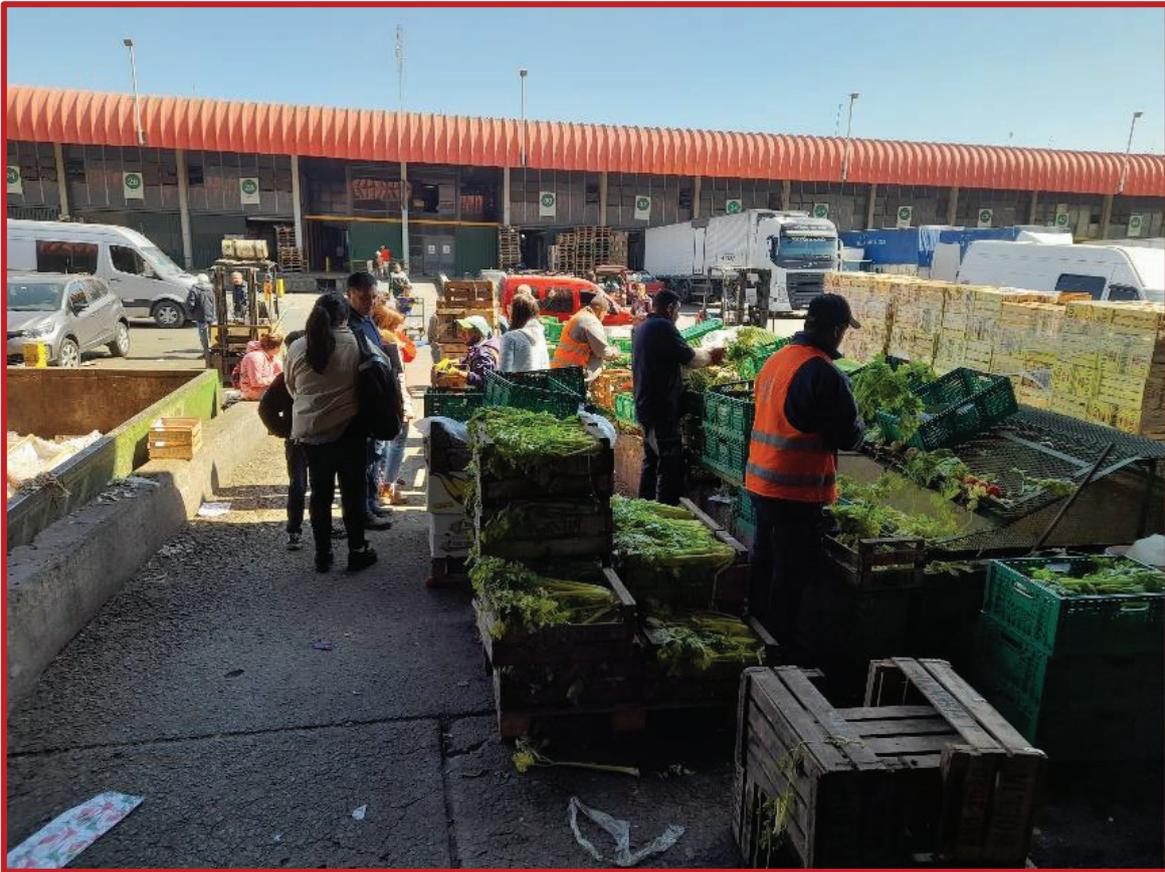


Figura 2-III. Personal recuperando alimentos aptos en el área destinada para tal fin en uno de las naves del MCBA. Fuente: propia (2022)

Los trabajadores del programa, analizan organolépticamente para determinar qué frutas y verduras son aptas para consumo inmediato y las separan en cajones verdes de 20 kg. (Figura 2-VI).



Figura 2-IV. Trabajadores del programa separando orgánicos. Fuente: Propia (2022)



Figura 2-V. Cajón con tomates, algunos pasados de madurez, pero otros (el que sostiene la mano) se observa en perfectas condiciones para consumo humano. Fuente: Propia (2022).

Luego, un camión pasa a recoger los cajones paletizados por todas las naves que integran el programa y los lleva a acción comunitaria para una segunda selección.



Figura 2-VI Cajones verdes con productos seleccionados para retirar por acción comunitaria.

Los productos que resultan no aptos son desechados a una batea jaula (Figura 2-VII) donde se disponen solo residuos orgánicos que son llevados a compostaje.



Figura 2-VII Batea jaula para residuos orgánicos que serán compostados. Fuente: Propia (2022)

En las naves seleccionadas, también se introdujeron bateas de 20 toneladas para la separación de los residuos secos como cartón, plásticos y maderas. Sin embargo, en estos últimos, muchas veces se encuentran restos de frutas y hortalizas y otros alimentos, tal como se observan en las imágenes de la Figura 2-VIII y Figura 2-IX correspondientes a dos días diferentes de visita de relevamiento en el MCBA.



Figura 2-VIII Batea para residuos secos con restos de comida en primera visita. Fuente: Propia (visita del 1 de Agosto 2022)

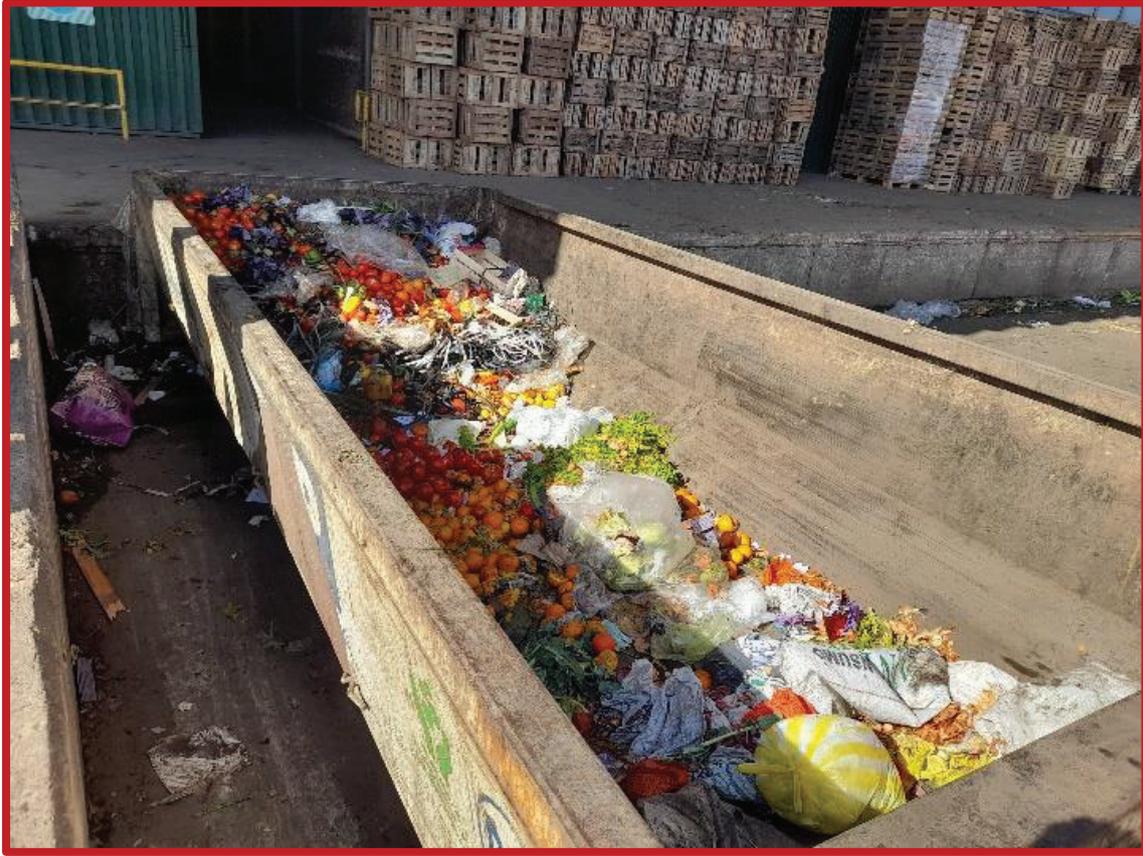


Figura 2-IX. Batea para residuos secos con restos de comida de segunda visita Fecha: 18 de agosto de 2022.

Los coordinadores del programa lo adjudican a la dificultad existente en el control de quienes desechan en los horarios de madrugada cuando comienza la actividad mayorista, es decir, aún hay un porcentaje de alimentos que pueden ser recuperados.

A través de estas acciones se busca incrementar la cantidad de alimentos recuperados, que entre marzo 2020 (inicio del programa) y mayo 2021, ascendió a más de 601.800 kg de alimento para consumo humano que iba a ser dispuesto como residuo y fue dirigido a la gestión de acción comunitaria para donaciones. En total, en el mismo periodo, el programa logró reducir en un 55-60% las pérdidas de los alimentos de las naves elegidas.

2.4 Departamento de Acción Comunitaria

El Departamento de Acción Comunitaria comenzó en 2020 y realiza donaciones de frutas y verduras a comedores populares y organizaciones sociales inscriptos, que para ese año fueron casi 750 comedores y merenderos registrados. Aquí, se reciben donaciones voluntarias de productores registrados en el “Programa de Donaciones

Voluntarias del Central” y lo separado como alimento para consumo inmediato de decomisos y del programa de reducción de pérdidas (PRP). Se resalta, en todo momento, que los alimentos desviados para este programa se encuentran aptos para consumo y no representan un peligro de salud para quienes los consumen. Es por eso que los alimentos donados deben encontrarse en buenas condiciones higiénico-sanitarias y cumplir con los estándares de calidad e inocuidad vigentes de acuerdo al Código Alimentario Argentino y resoluciones de SENASA (ver Marco legal).



Figura 2-X Canastos verdes con alimento separado para donar en el galpón de acondicionamiento de Acciona Comunitaria. Fuente: Propia (2022)



Figura 2-XI Palets de alimentos recuperados en el galpón de acondicionamiento para donaciones.
Fuente: propia (2022)

En el lugar, se encuentran dos cámaras frigoríficas: una es utilizada para guardar mercadería que no alcanzó a realizar la separación secundaria en el día, y la otra para conservar a la que ya está preparada para donar.



Figura 2-XII Cámara frigorífica para alimentos del departamento de acción comunitaria. Fuente: Propia (2022).

En las actividades de acondicionamiento de los alimentos que consisten en lavado, separación por especie y organización en cajones de maderas (que usualmente son recuperados de las actividades en las naves) o bolsones de 8 kg (según sea el tipo de donación), se genera una cierta cantidad de residuos que son sometidos a una segunda separación.

Como ya se mencionó, aquí los trabajadores del departamento realizan una segunda separación para descartar aquellos productos no aptos para las donaciones. Estos son dispuestos en volquete para ser llevados a compostaje (Figura 2-XIII).



Figura 2-XIII Volquete con residuos orgánicos de acción comunitaria para compostaje

Los residuos generados durante este procedimiento, son principalmente orgánicos, sin embargo, también hay una generación menor de plásticos y maderas.



Figura 2-XIV Residuos mezclados (orgánicos y cartones). Se resalta que las operaciones apenas iniciaban, sin embargo, en ambas visitas se observó residuos mezclados. Fuente: propia (2022)

2.5 Descripción y análisis de la gestión actual de residuos en el MCBA

Como se mencionó en el capítulo anterior, la Corporación Mercado Central de Buenos Aires se encuentra dividida en dos áreas mayoritarias: el área Transaccional y el área de Concesiones. En la Figura 2-XV, se observan las etapas de la gestión actual de los residuos del MCBA en estas dos áreas principales.

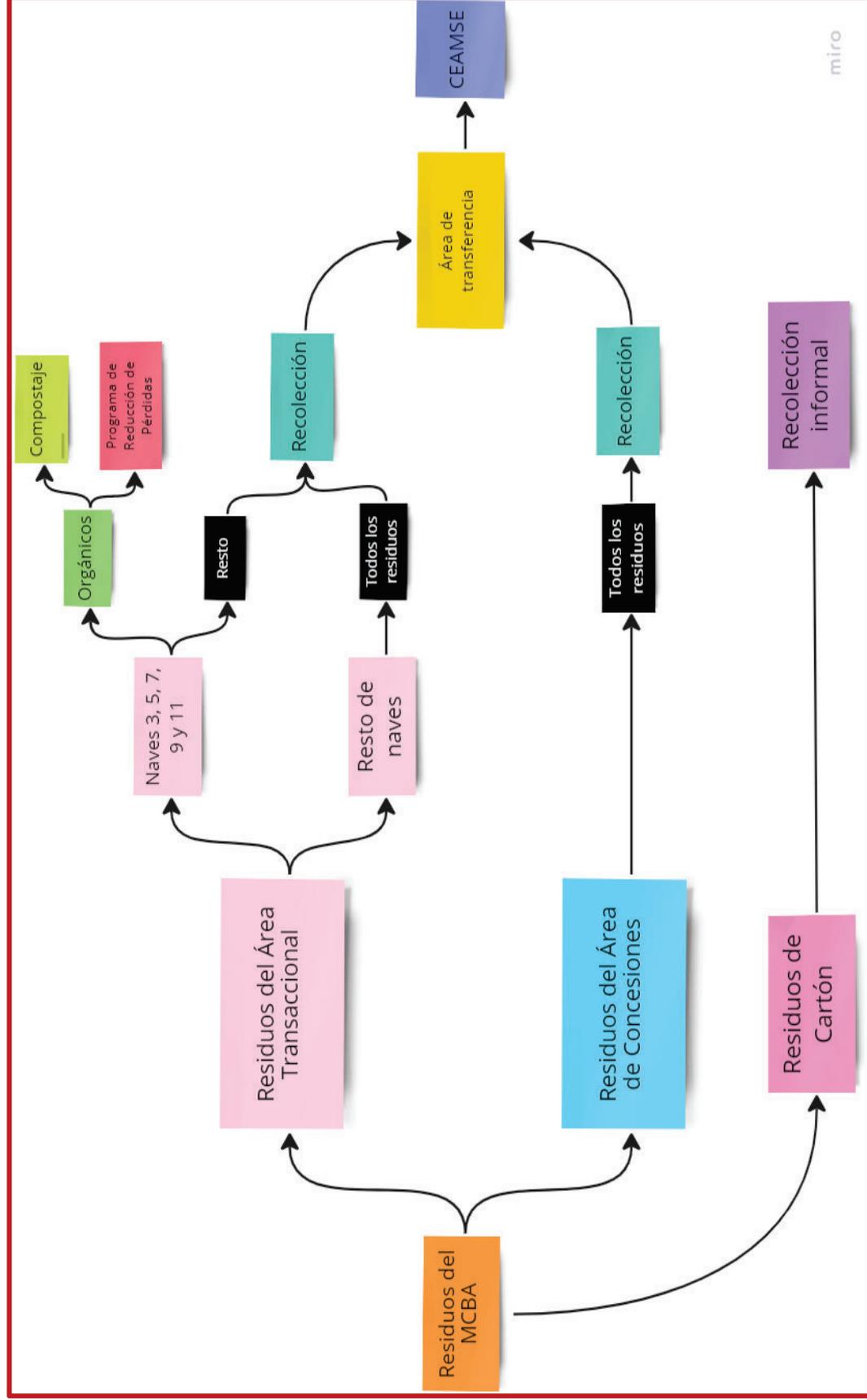


Figura 2-XV Diagrama de la gestión actual de residuos del MCBA. Elaboración propia.

2.5.1 Análisis sobre la caracterización de los residuos del Mercado Central

Para conocer sobre la generación de residuos del mercado, se tomó como base del análisis el informe realizado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), en el año 2016, sobre la caracterización de los residuos generados en el MCBA (INTI M. P., 2016).

Adicionalmente, el siguiente análisis incluye observaciones e información relevada de entrevistas realizadas al Jefe del Departamento del Programa de Reducción de Pérdidas, Desperdicios y Valorización de Residuos de la Corporación del Mercado Central de Buenos Aires, Ing. Fabián Rainoldi, así como también al Asesor Técnico del Programa Nacional de Valorización de Orgánicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Nación, Ing. Walter Ordinas, quién realizó el diseño de la planta de compostaje del MCBA y, actualmente, es el responsable del seguimiento del registro del compost del mercado ante el SENASA.

De ambas entrevistas y visitas de relevamiento al MBCA, se pudo recolectar información clave sobre la logística y los programas que se llevan a cabo en el mercado, que no existían al momento de la realización del Informe (INTI M. P., 2016). También, se pudo conocer algunas problemáticas que se presentan en la planta de compostaje, tanto operativas como de descargas y almacenamiento de los residuos.

2.5.1.1 Metodología de muestreo y caracterización de residuos por el INTI.

En función de lo expresado en el informe del INTI (2016), el método de muestreo, realizado es el establecido en la norma IRAM 29.523 (2003). Para la caracterización de los residuos tomaron en cuenta las siguientes categorías:

- 1) Celulósicos:
 - a) Papel
 - b) Cartón
- 2) Plásticos
 - a) Reciclables (termoplásticos)
 - b) No reciclables (termorrígidos)
- 3) Vidrio
- 4) Desechos alimenticios

- a) Frutas y verduras
 - b) Carne vacuna
 - c) Pollo
 - d) Pescado
 - e) Otro orgánico
- 5) Madera
 - 6) Metales
 - a) Ferrosos
 - b) No ferrosos
 - 7) Textil
 - 8) Papel higiénico y baño
 - 9) Tierra
 - 10) Otros (restos, rechazos)

El muestreo y caracterización fue realizado para las siguientes actividades: cámara de bananas, comercialización de productos ictícolas, comercialización de supermercado, fruti-hortícola, fruti-hortícola con cámaras, feria alimentos, feria de pollos y huevos, lavado y embalaje de lechugas, lavado de papas, logística, depósito Quilmes, depósito Diarco, oficinas, venta de ropa y varios.

2.5.1.2 Resultados y Análisis de la información de la caracterización del INTI (2016)

2.5.1.2.1 Resultados por actividad

La incidencia de la generación de residuos en el MCBA, en las áreas relevadas en este estudio y por actividades se presenta a continuación.

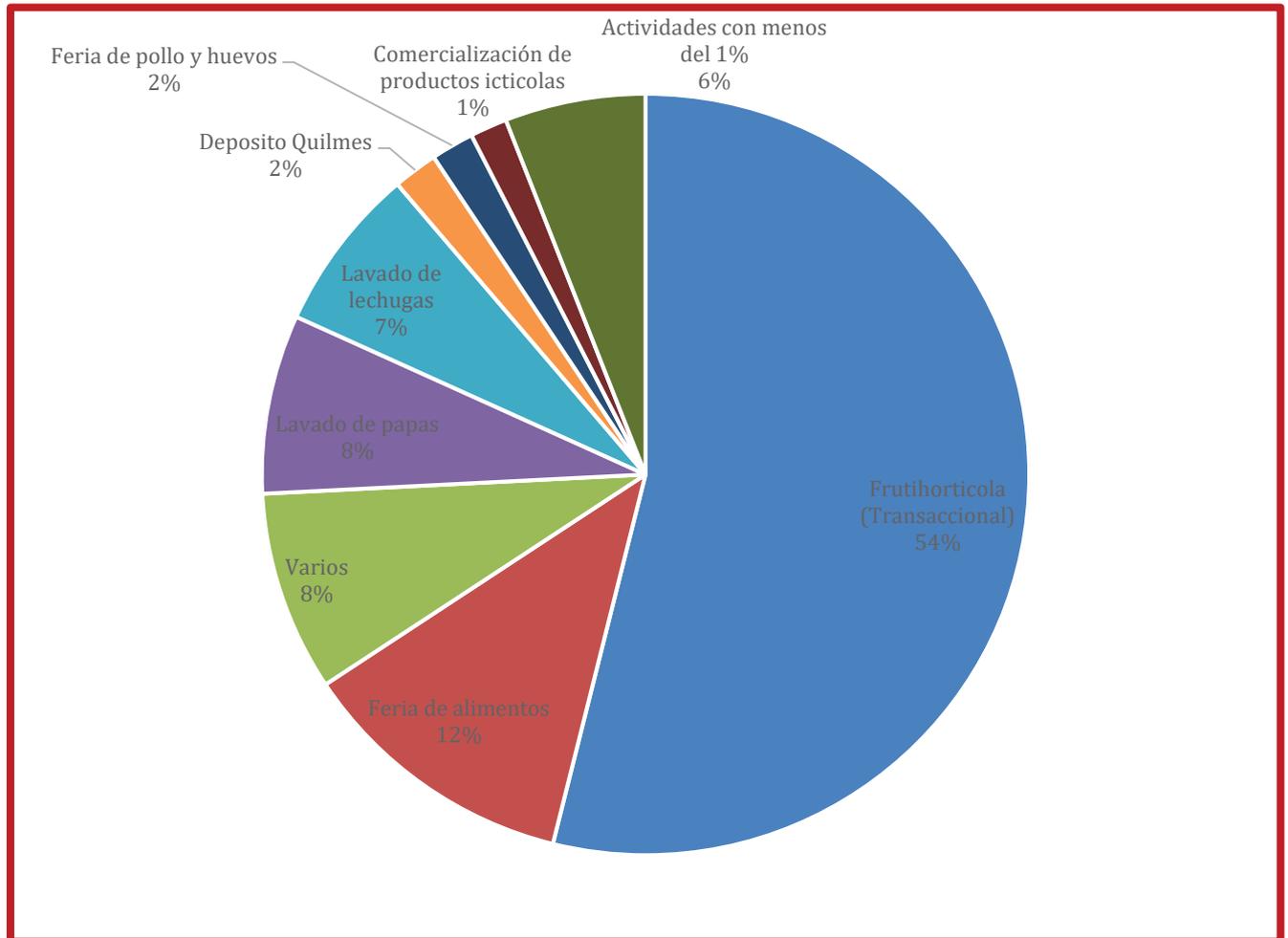


Figura 2-XVI Aporte de cada actividad al total de los residuos del MCBA.

Al analizar las cantidades de residuos que genera cada actividad se observa que, con amplia diferencia, el sector que más residuos aporta es el fruti-hortícola correspondiente al área transaccional, con un 54% del total de residuos generados en el MCBA (Figura 2-XVI). Esto evidencia la gran productividad que tiene este sector dentro del mercado, teniendo la actividad principal que es la venta mayorista fruti-hortícola.

En la Tabla 2-2 se detalla la fracción dominante, es decir, aquellas correspondientes al cuartil superior, y su porcentaje dentro de cada actividad. Se observa frutas y hortalizas, como la fracción más predominante, además de tierra, papel, papel higiénico y de baño, cartón, madera, textil, pescado y otros orgánicos. Asimismo, en concordancia con lo mencionado del gráfico anterior, se expone la necesidad de hacer foco en la gestión y tratamiento de residuos de frutas y hortalizas al ser lo que más se genera.

Tabla 2-2 Generación de residuos por actividad. Fuente: (INTI M. P., 2016)

Actividad	Fracción dominante	% residuo dominante sobre total de la actividad	Promedio de residuos totales (t/mes)	% Aporte al total de residuos MCBA
Fruti-hortícola (Transaccional)	Frutas y hortalizas	83	1352,4	53,9
Feria de alimentos	Frutas y hortalizas	83,0	296,5	11,8
Varios	Frutas y hortalizas	60,4	213,2	8,5
Lavado de papas	Tierra	95,8	190,9	7,6
Lavado de lechugas	Frutas y hortalizas	97,6	175,8	7,0
Deposito Quilmes	Cartón	31,4	47,4	1,9
Feria de pollo y huevos	Frutas y hortalizas	83,1	45,5	1,8
Comercialización de productos ictícolas	Pescado	33,2	39,2	1,6
Oficinas	Otro orgánico	24,2	36,4	1,5
	Papel	18,7		
Cámara de bananas	Frutas y hortalizas	25,8	34,5	1,4
	Textil	22,3		
Cámaras fruti-hortícolas	Frutas y hortalizas	81,7	26,8	1,1
Logística	Madera	75,3	24,3	1,0
Comercialización Supermercado	Papel	22,1	15,4	0,6
	Higiénico y baño	20,8		
Depósito Diarco	Otro orgánico	42,5	8	0,3
Venta de ropa	Frutas y hortalizas	37,1	3,5	0,1
Total			2518,2	100,0

Cabe destacar que, en la feria de pollos y huevos no se hallaron restos de pollos ni huevos, pero sí una gran proporción de frutas y verduras y algunos residuos de embalaje categorizados como plásticos no reciclables.

En los contenedores de la cámara de bananas resultaron dominantes las fracciones de frutas y hortalizas y la textil. Esta última, según comunicaron desde el personal del MCBA a los investigadores de INTI, corresponde a residuos de talleres textiles cercanos al MCBA mal dispuestos.

La corriente de residuos, otros orgánicos, dominante en el depósito Diarco corresponde principalmente a comida para perros y harina, seguido por la categoría madera (pallets).

Por último, en la actividad de venta de ropa, la cual genera 3,5 t/mes de residuos, predomina la categoría de frutas y hortalizas, seguida de otros orgánicos, sobre todo restos de comida elaborada, posiblemente debido al público que la visita.

2.5.1.2.2 Resultados por corriente de residuo

A partir de los muestreos realizados en los contenedores de cada actividad, se pudieron calcular las cantidades de cada corriente de residuos generados en el mercado que se detallan en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3 Cantidad de residuos generados por corriente. Fuente: (INTI M. P., 2016)

Corriente de residuos	Cantidad promedio (t.mes-1)	Mínimo (t)	Máximo (t)
Frutas y hortalizas	1752,3	1477,6	2027,0
Tierra (lodos de lavado de papas)	183,0	155,3	210,6
Madera (pallets y cajones)	123,2	104,7	141,6
Cartón	92,6	78,8	106,5
Plásticos reciclables	83,7	71,1	96,4
Otros	66,3	56,3	76,3
Plásticos No reciclables	63,4	53,7	73,1
Papel	40,7	34,7	46,6
Otro orgánico	30,9	26,5	35,4
Textil	23,4	19,9	26,8
Vidrio	14,7	12,5	16,9
Barrido	13,8	11,6	15,9
Pescado	13,0	11,1	14,9
Ferrosos	8,4	7,1	9,6
Metales No Ferrosos	4,4	3,8	5,1
Papel higiénico y baño	3,2	2,7	3,7
Carne vacuna	1,4	1,2	1,6
Total	2518,2		

Realizando un corte en aquellas corrientes de residuos que representan más del 1% del total, se realizó el siguiente gráfico por tipo de corriente.

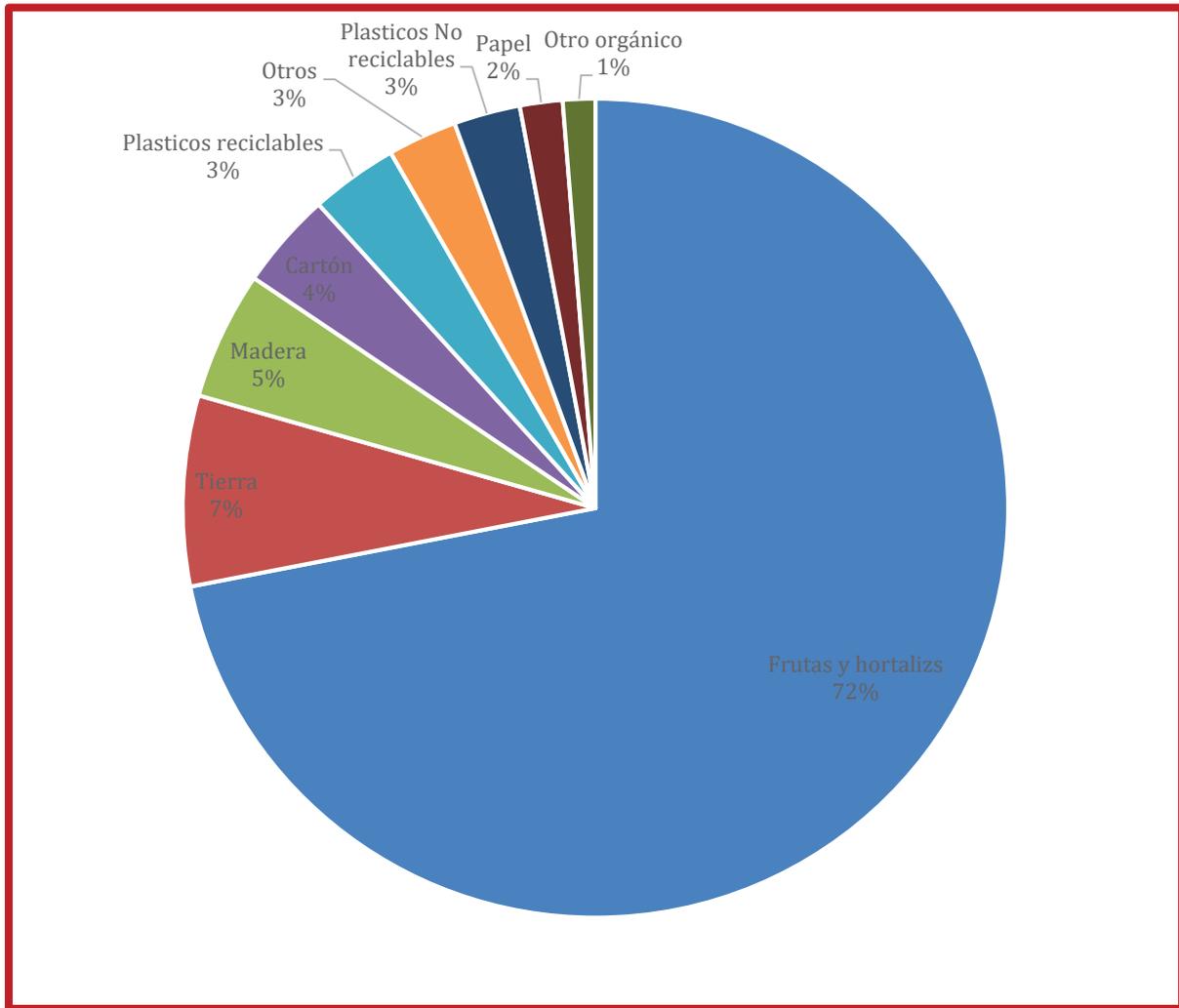


Figura 2-XVII Porcentajes de residuos por corriente muestreada. Elaboración propia.

En el mismo se observa que, como era de esperarse, más del 70% de los residuos del MCBA son frutas y hortalizas. La segunda corriente, con un 7% de representación, se refleja a la tierra, que corresponde a los barros (tierra + agua) provenientes del lavado de papas, de consistencia semi-sólida. Le siguen la madera, el cartón y plásticos reciclables.

2.5.1.3 Conclusiones de la caracterización de residuos del MCBA

El sector con mayor generación de residuos del MCBA resulta ser el Transaccional con su venta mayorista fruti-hortícola, el cual aporta el 54% de los residuos que produce el mercado con una valor de 2.148,20 t/mes. Mientras que, en el área de Concesiones se destacan la Feria de Alimentos, Varios (entrada, circunvalación, etc.), Lavado de Papas y Embalaje de Lechuga como las actividades de mayor generación de residuos.

Las principales fracciones, que generan 1.797,40 t/mes (72%), son residuos orgánicos clasificados como fruti-hortícolas, pescados y carne vacuna provenientes de la venta minorista, y otros orgánicos representados por restos de alimentos de los locales comerciales.

Resulta imprescindible enfocarse en la separación en origen de las frutas y hortalizas de todos los sectores, no solo para su correcto tratamiento sino también, para poder incluirlos en el programa de reducción de pérdidas y desperdicios del MCBA, siempre conducente a minimizar la generación de residuos orgánicos que representa la mayor fracción.

Con respecto a la fracción inorgánica, constituida por madera, papel y cartón, plásticos, vidrios y metales, con un valor de 520,80 t/mes representan el 20,68%.

De esta manera, para cada una de las corrientes analizadas, será importante diseñar una nueva propuesta de tratamiento u optimizar lo existente para mejorar la actual gestión de las fracciones de residuos sólidos del mercado.

No obstante, las fracciones que representan menos del 1% de lo generado por el MCBA, como papel higiénico y baño y de barrido, pueden continuar siendo dispuestas en el sistema de contenerización que va a disposición final sin tratamiento. Aunque, la corriente de residuos de barrido resulta importante de incluir en el estudio ya que gran parte de los residuos generados en los pabellones del área transaccional es arrojada al piso.

2.5.2 Análisis de las etapas de disposición inicial, recolección, tratamiento y disposición final

La recolección de residuos y traslado hacia la disposición final son realizados por una empresa contratada vía licitación pública que se realiza cada 10 años.

2.5.2.1 Área transaccional

El área transaccional está conformada por 12 pabellones y 6 naves denominadas “zonas libres”, donde se encuentra la comercialización mayorista fruti-hortícola del mercado. También, en estos pabellones existen algunos puestos de comida para el consumo de paso.

Este sector tiene una de las actividades con mayor movimiento en el MCBA debido a la gran variedad y cantidad de productos. Sin embargo, dado la fuerte variación estacional de su producción y venta, la generación de residuos puede no ser constante durante todo el año.

Respecto a la recolección del área transaccional se dividen dos corrientes: 1) Roll Off y volquetes del área transaccional y 2) Barrido de área transaccional. Algunas de estas corrientes reciben una gestión similar, mientras otras son diferentes entre sí. A continuación, se hace un detalle de cada recolección hacia su disposición final.

2.5.2.1.1 Contenerización y Recolección de residuos por Roll off y volquete

En los pabellones de la zona transaccional, los residuos se disponen en contenedores tipo Roll off de 14 m³ o 20 m³ (Figura 2-XVIII) ubicados de a pares uno a cada lado de los pabellones, específicamente al lado de la rampa de acceso. Por lo tanto, existen un total de 24 unidades roll off dentro del área transaccional.



Figura 2-XVIII Contenedores tipo Roll off de 14 m³ (izquierda) y de 20m³ (derecha) del área transaccional. Fuente: (INTI M. P., 2016)

En el caso de las “zonas libres”, los residuos se colocan en dos volquetes de 6 m³ ubicados en los extremos de estos pabellones, siendo 12 unidades en total.

De lunes a viernes los roll off y volquetes son retirados por la empresa recolectora, generalmente, a partir de las 14 h. Cada contenedor es pesado individualmente y llevado al área interna de transferencia en donde sus residuos son volcados y luego cargados a un camión batea junto con otros desechos. La batea completa vuelve a

pesarse para luego ser transportada a CEAMSE en donde se realiza un último pesaje al entrar (Figura 2-XIX).

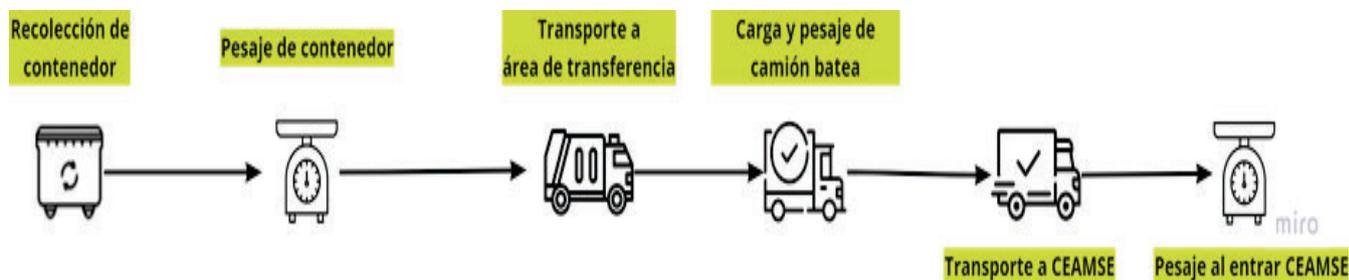


Figura 2-XIX Proceso de recolección del área transaccional hacia su disposición final

2.5.2.1.2 Barrido del área transaccional

El barrido interno de las naves en las zonas públicas y el barrido externo en los andenes, bajo andenes y estacionamientos se realizan de lunes a viernes. El barrido de las zonas internas es arrojado a los andenes y luego a los bajo andenes. Allí, los residuos son acumulados en pilas para ser levantados por una pala mecánica que los arroja al roll off o volquete más cercano del sector.

2.5.2.2 Residuos del área de concesiones

En el área de concesiones se destacan distintas actividades desarrolladas en galpones o en espacios abiertos, que tienen dinámicas particulares de generación y composición de residuos. Por lo tanto, la gestión de sus residuos resulta diferente para cada una de ellas.

Estos residuos se disponen, mayoritariamente, en volquetes de 6 m³, aunque, en algunos casos, se pueden encontrar bateas más grandes cumpliendo la función. La recolección no tiene horarios definidos ni frecuencia, ésta va a depender de la cantidad generada y grado de putrefacción que presenten los residuos volcados. No obstante, se sigue el mismo proceso de recolección de residuos del área transaccional (Figura 2-XIX).

En la siguiente Tabla 2-4 se enumeran las actividades desarrolladas en el área de concesiones y la disposición inicial en cada una, así como el tipo de contenedor utilizado.

Tabla 2-4 Actividades de disposición inicial de residuos del área de concesiones

Actividad	Tipo de contenedor de residuos
1. Feria de alimentos y de pollo y huevos	a) Acopio inicial en tachos plásticos. b) Disposición en volquetes de 6 m ³ para recolección diaria.
2. Lavado de papas	Disposición en volquetes de 6m ³ con recolección de dos a tres veces por semana o según demanda.
3. Lavado de lechugas	Disposición en volquetes de 6 m ³ con recolección diaria.
4. Deposito Quilmes	Disposición en volquetes de 6 m ³ con recolección diaria, generalmente.
5. Comercialización de productos ictícolas	Disposición en volquetes de 6 m ³ con recolección diaria.
6. Oficinas	Disposición en volquetes de 6 m ³ . Los retiros varían según el establecimiento administrativo. a) Centro Administrativo y Comisaria presentan entre 3 y 4 retiros semanales. b) Monumento y Mantenimiento solo entre 2 y 4 retiros mensuales.
7. Cámara de bananas	Disposición en volquetes de 6 m ³
8. Cámaras fruti-hortícolas	Disposición en 2 volquetes de 6 m ³ , uno para cada establecimiento. Generación III presenta una recolección diaria mientras que Salvita una semanal.
9. Varios (diversas actividades)	Disposición en roll off y volquetes de 6m ³ . Los retiros pueden variar desde diario a 2 veces por semana.
10. Actividades de baja generación	Disposición en volquetes de 6m ³ en cada establecimiento, con retiros de frecuencia menor a la diaria.

2.5.2.3 Residuos de decomisos

La estimación del peso de los lotes a decomisar se hace por cantidad de bultos y es multiplicado por el peso teórico de cada uno de ellos. Los residuos generados a partir de los lotes determinados no aptos son recolectados por un camión que realiza la recolección del barrido de la circunvalación. Por lo tanto, los residuos de decomisos

son mezclados con los del barrido. Sin embargo, generalmente, estos residuos son arrojados a los roll off o volquetes del área transaccional.

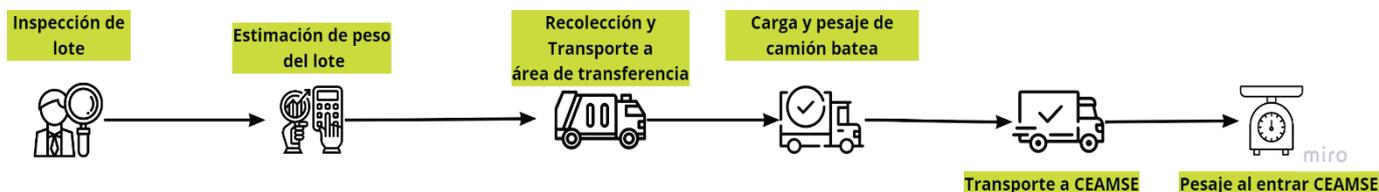


Figura 2-XX Recolección de decomisos.

2.5.2.4 Recolección informal

En el MCBA existe una importante actividad de recuperadores informales que recolectan principalmente cartón (también llamados “*cartoneros*”) y algunos plásticos directamente de los comercios, dentro de los contenedores de residuos, del barrido del área transaccional o del área de transferencia.



Figura 2-XXI Recolección informal en volquete ubicado en las zonas libres del área transaccional.
Fuente: (INTI M. P., 2016)

Al no haber una separación en origen, los *cartoneros separan* el cartón en el mismo sitio donde se coloca junto con los demás residuos, generando, en muchas ocasiones, desorden y arrojando residuos fuera de lo volquetes. Misma situación ocurre con el

resto de las fracciones. Esto se evidencia en la Figura 2-XXII, donde se observa al costado del volquete residuos en la calle.



Figura 2-XXII Volquete con mezcla de residuos. Fuente: Propia (2022).

Si bien parte de estos recuperadores han sido contratados para el programa de reducción de pérdidas del mercado, la actividad informal de los cartoneros continúa.

2.5.3 Área de transferencia y disposición final

Como se mencionó anteriormente, todos los residuos sólidos del MCBA, a excepción de los residuos orgánicos separados del PRP, son recolectados y llevados al área de transferencia localizado dentro del predio del mercado.

Aquí se reciben diariamente los residuos del MCBA y luego, son cargados a los camiones container de residuos, pesados en la salida del mercado y transportados, sin realizar ningún tratamiento, hacia su disposición final en el relleno sanitario del CEAMSE.



Figura 2-XXIII Localización del área de transferencia de residuos sólidos del MCBA. Elaboración propia



Figura 2-XXIV Área de transferencia de residuos sólidos del MCBA.

2.5.4 Compostaje de residuos orgánicos

Dentro del marco del programa de reducción de pérdidas y valorización de residuos, se comenzó, en el año 2020, a compostar los residuos orgánicos separados de 5 naves del área transaccional.

2.5.4.1 Recolección y logística de recepción

Un camión roll off carga el volquete jaula de cada nave y lo descarga en el suelo descubierto del predio de compostaje (Figura 2-XXVII). La frecuencia y horarios de la recolección depende de la cantidad de residuos orgánicos separados y de las condiciones climáticas ya que si llueve no se descargan en el predio. Esto último también sucede con la recepción de chips de poda donados por municipios aledaños. Es importante resaltar que no se realiza ningún pesaje en la recepción.



Figura 2-XXV Mapa de ruta de recolección de orgánicos (línea roja) desde área transaccional a la planta de compostaje actual. Elaboración propia.



Figura 2-XXVI Chips de restos de poda provenientes de municipios. Fuente: Propia en visita al MCBA.



Figura 2-XXVII Residuos orgánicos descargados . Fuente: Propia en visita al MCBA

2.5.4.2 *Proceso de compostaje*

En la planta, los residuos orgánicos son mezclados, sin ningún pretratamiento, con los chips de poda. Con una mini cargadora, primero se realiza una cama fina de chips y restos de carbón (proveniente del mercado) para minimizar los líquidos de los residuos orgánicos, luego una mini excavadora va formando con la mezcla una hilera por semana. Se destaca que el suelo donde son colocados los residuos para ser compostados, no está provisto de una impermeabilización adecuada.



Figura 2-XXVIII Pala cargadora realizando volteos de hilera de compostaje. Fuente: Propia en visita al MCBA.

Las hileras tienen un ancho de 2 m y una altura de 1,5 m. Se realizan 2 volteos por semana y en verano pueden llegar a hacerse hasta 3 volteos por semana.



Figura 2-XXIX Hileras nuevas (2-3 semanas). Fuente: Propia en visita al MCBA (2022)



Figura 2-XXX Hilera con un mes de compostaje. Fuente: Propia en visita al MCBA (2022)



Figura 2-XXXI Hilera más madura y reducida en volumen (3 meses). Fuente: Propia en visita al MCBA (2022)

Sobre el compost se realizan controles periódicos de temperatura mediante una sonda en el centro de la hilera y la humedad se analiza mediante la “prueba del puño”, donde se agarra una porción del compost con la mano y si al apretar sale abundante líquido es porque tiene exceso de humedad, si sale unas pocas gotas está dentro de lo óptimo. A pesar de ser una técnica muy utilizada en campo, esta determinación resulta ineficiente y poco exacta.

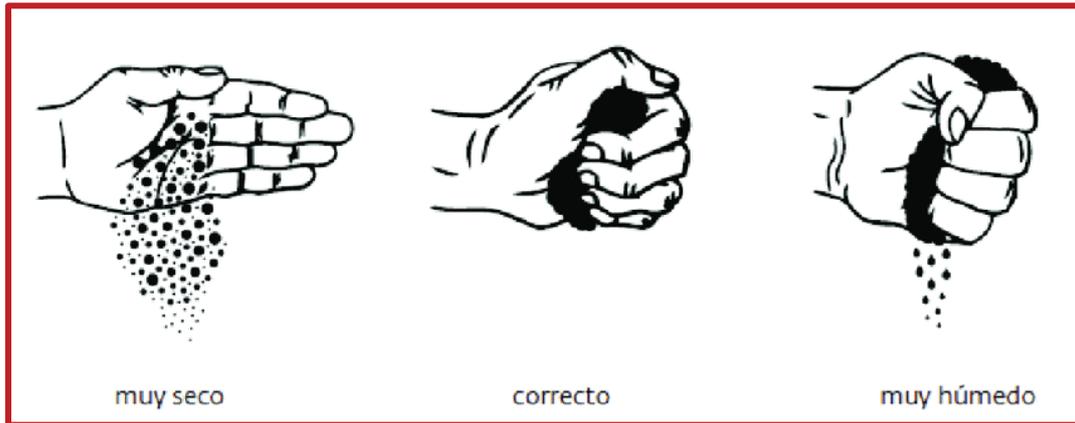


Figura 2-XXXII Descripción de la “prueba de puño”

El suelo del predio es de tierra sin impermeabilizar, lo cual es inadecuado para el proceso de compost ya que se producen lixiviados que pueden infiltrar en el mismo. Tampoco se tiene una zona de acopio para los residuos de orgánicos recibidos, los chips y el carbón. Esto genera que, como ya se mencionó, los días de lluvia no puedan descargar los residuos orgánicos y se lleven a disposición final.



Figura 2-XXXIII Lixiviados acumulados sobre la superficie del predio de Compostaje. Fuente: Propia (2022)

En agosto 2022, se realizó la instalación de 4 freatímetros para el control de las aguas freáticas del predio de compostaje actual. En el anexo I se muestra el mapa de la ubicación los freatímetros en la planta de compostaje actual.

2.6 Conclusiones del diagnóstico de la gestión actual

A partir de lo analizado de la caracterización de los residuos del MCBA y la información recolectada en las visitas, se observan los siguientes aspectos a ser optimizados:

A) Gestión de los residuos del MCBA

- Disposición inicial en área de concesiones: no se registra ninguna separación de residuos por corriente ni tratamiento posterior.
- Disposición inicial en área transaccional: existe una separación solo de orgánicos a través del Programa de Reducción de Pérdidas (PRP) en 5 naves, en el resto del sector se arrojan todas las corrientes en las mismas bateas.
- Disposición inicial de residuos secos en el PRP: se observaron que, aún en aquellos sectores del área Transaccional donde se inició la separación de residuos secos en bateas, se continúan arrojando residuos de alimentos o inorgánicos que no son de dicha corriente.
- Generación de residuos de barrido: resulta importante disminuir la generación de residuos que se arrojan al suelo y que puedan ser, en parte, valorizados.
- Recuperadores informales: para continuar con la misma línea de inclusión social que tiene el PRP, se buscará proponer la incorporación de los recuperadores a los puestos de trabajo que deriven de la nueva gestión integral de residuos en el MCBA.

B) Planta de compostaje actual:

De acuerdo a lo observado en las visitas, se observó la necesidad de optimizar varios aspectos de la planta como:

- el ingreso, la descarga y acopio de los residuos a compostar
- área de compostaje, suelo, recolección de lixiviados
- diseño de hileras y sistema de volteo

- mediciones de los parámetros a controlar durante el proceso de compostaje

3 Marco Normativo

3.1 Nivel Nacional

Constitución Nacional: de acuerdo con el Art. 41, todos tenemos derecho a gozar de un ambiente sano y equilibrado y estamos obligados a su vez, a protegerlo. A partir de la reforma constitucional de 1994, las provincias delegan en la Nación la potestad de dictar normas de presupuestos mínimos de protección ambiental y se reservan, al mismo tiempo, la competencia de complementar dichas normas. Además, este artículo regula la responsabilidad civil por el daño ambiental, estableciendo obligación de recomponerlo, es decir que no es admisible la indemnización económica de los daños ambientales y es obligatorio, para las personas físicas o jurídicas que lo hayan causado, reponer el medio ambiente al estado que éste tenía antes del daño siempre y cuando sea posible.

Ley Nacional N° 25.675 (B.O. 28/11/02). Ley General del Ambiente (LGA): se establece un sistema federal de coordinación interjurisdiccional para la implementación de políticas ambientales de escala nacional y regional, instrumentado a través del Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA), cuyo objeto es la articulación de estas políticas para el logro del Desarrollo Sustentable, entre el gobierno nacional, los gobiernos provinciales y el de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Se establecen los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. En la misma ley se establece la obligatoriedad de contratar seguros ambientales y las medidas precautorias para casos de urgencia, además de contener un régimen de responsabilidad civil especial y ampliatorio del contenido de la Ley Nacional de Residuos Peligrosos.

Ley 24.051 (B.O. 17/01/92) y Decreto Reglamentario No 831/93 (B.O. 3/05/93).
Residuos Peligrosos: esta ley regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos que quedarán sujetos a sus disposiciones, cuando se tratare de residuos generados o ubicados en lugares sometidos a jurisdicción nacional, es decir, cuando un residuo peligroso es generado, transportado o tratado y/o dispuesto finalmente fuera de la jurisdicción provincial. También, contiene un régimen de responsabilidad civil, penal y administrativa. El régimen civil y penal estatuido por esta norma se aplica en todo el país.

Ley Nacional N° 25.916 (B.O. 7/09/04). Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios: esta ley determina los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión de los residuos domiciliarios (de origen residencial, urbano comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, excepto los que se encuentran regulados por normas específicas). Define las etapas de gestión integral como generación y disposición inicial, recolección y transporte, tratamiento, transferencia y disposición final de los residuos. Fija los siguientes objetivos:

- Lograr un adecuado y racional manejo de los residuos domiciliarios mediante su gestión integral, a fin de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población;
- Promover la valorización de los residuos domiciliarios a través de la implementación de métodos y procesos adecuados;
- Minimizar los impactos negativos que estos residuos puedan producir sobre el ambiente;
- Lograr la minimización de los residuos con destino a disposición final.

Asimismo, se establece en la ley la coordinación interjurisdiccional a cargo del COFEMA y la autoridad de aplicación, el actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la nación. En la misma se dictan las infracciones y sanciones, además de disponer la obligación de efectuar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) previa a la habilitación de los sitios de disposición final.

Resolución 642/2021 MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL

Se crea el PROGRAMA NACIONAL DE RECUPERACIÓN, RECICLADO Y SERVICIOS AMBIENTALES “ARGENTINA RECICLA” con el objeto de promover la inclusión social y laboral de aquellos trabajadores y trabajadoras no reconocidos que realizan trabajos de recolección y recuperación de Residuos Sólidos Urbanos lo cual redundará en la provisión de un servicio ambiental fundamental.

LEY N° 18.28-: CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO: disposiciones higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial del Reglamento Alimentario aprobado por Decreto N° 141/53.

Códigos de Fondo: Dentro de los llamados Códigos de Fondo, existen numerosas disposiciones que hacen referencia a la temática ambiental y que se aplican en todo el territorio argentino. Estas disposiciones que se encuentran en plena vigencia, se establecen en el Código Civil donde tratan, por ejemplo, los límites al uso del suelo, de las aguas superficiales y subterráneas y las molestias entre vecinos. Por otra parte, el Código Penal se refiere, entre otros, a los delitos de contaminación de aguas y sustancias alimenticias.

3.2 Nivel Provincial

Constitución de la Provincia de Buenos Aires: en el Art. 28 se establece, como en el Art. 41 CN el derecho de los habitantes de la Provincia a gozar un ambiente sano y el deber de conservarlo. La Provincia ejerce el dominio eminente sobre el ambiente y los recursos naturales de su territorio y debe asegurar las políticas de conservación y recuperación de la calidad del agua, aire y suelo compatible con la exigencia de mantener la integridad física y su capacidad productiva además del resguardo de áreas de importancia ecológica de la flora y fauna.

Ley Provincial N° 13.592 (año 2006). Gestión integral de los residuos sólidos urbanos: la ley fija los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley Nacional N° 25.916 de “presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios”. Art 6. Establece que todos los Municipios Bonaerenses deben presentar a la Autoridad Ambiental Provincial un Programa de Gestión Integral de residuos sólidos urbanos conforme a la presente ley y la ley nacional 25.916. También se constituyen los objetivos de política ambiental en materia de residuos sólidos urbanos:

- Incorporar paulatinamente en la disposición inicial la separación en origen, la valorización, la reutilización y el reciclaje de la gestión integral por parte de todos los Municipio de la Provincia de Buenos Aires;
- Minimizar la generación de residuos;
- Diseñar e instrumentar campañas de educación ambiental y divulgación a fin de sensibilizar a la población respecto de las conductas positivas para el ambiente y las posibles soluciones para los residuos sólidos urbanos, garantizado una amplia y efectiva participación social que finalmente será obligatoria.

- Incorporar tecnologías y procesos ambientalmente aptos y adecuados a la realidad local y regional.

Ley Provincial N° 14.273. (año 2011) Residuos domiciliarios- Grandes Generadores: establece desde el 1 de enero del 2011, los grandes generadores (> 1000 kg de residuos generados al mes) ubicados en los municipios comprendidos en el Decreto-Ley 9.111/78, así como los que se hayan integrado con posterioridad, se incorporan al programa de generadores privados de la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), debiendo hacerse cargo de los costos del transporte y la disposición final de los residuos producidos.

Resolución (OPDS) 317/20. (2020): establece el marco regulatorio aplicable a los generadores especiales existentes en el territorio de la Provincia de Buenos Aires en lo atinente a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se originan por su actividad. Se entiende como Generadores Especiales: los supermercados, los hipermercados, shoppings y galería comerciales, los establecimientos de servicios de alojamiento y hospedaje, comercios, empresas de servicios, centros de distribución, universidades públicas y /o privadas, toda otra actividad privada comercial y las dependencias de la administración pública que generen más de mil kilogramos de residuos al mes.

Ley Provincial N° 11.720 Residuos Especiales: dispone las etapas de generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires. Define a los residuos especiales “a los que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el Anexo I, a menos que no tenga ninguna de las características descritas en el anexo 2; y todo aquel residuo que posea sustancias o materias que figuran en el anexo 1 en cantidades, concentraciones a determinar por la Autoridad de Aplicación, o de naturaleza tal que directa o indirectamente representen un riesgo para la salud o el medio ambiente en general”. Quedan excluidos de la presente ley: los residuos domiciliarios, los patogénicos, los radioactivos y los residuos de buques.

Ley Provincial N° 11.459 de Radicación Industrial: aplica a todas las industrias instaladas, que se instalen, amplíen o modifiquen sus establecimientos o explotaciones dentro de la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires. “Todos los establecimientos industriales deberán contar con el pertinente Certificado de Aptitud

Ambiental como requisito obligatorio indispensable para que las autoridades municipales puedan conceder, en uso de sus atribuciones legales, las correspondientes habilitaciones industriales. El Certificado de Aptitud Ambiental será otorgado por la Autoridad de Aplicación en los casos de establecimientos calificados de tercera categoría según el artículo 15º, mientras que para los que sean calificados de primera y segunda categoría será otorgado por el propio Municipio”.

Resolución N° 018/96: defina al tratamiento de residuos orgánicos por biodegradación al conjunto de técnicas, procedimientos de laboreo agrícola, inoculación de cepas, utilización de bioceldas y/o biorreactores, tendientes a producir la degradación, natural o asistida, y la síntesis de compuestos orgánicos por acción biológica. Dichos centros de tratamiento serán considerados, a los fines de su habilitación, establecimientos industriales de 3º Categoría, alcanzados por lo establecido en la Ley 11.459 y su Decreto Reglamentario; y deberán cumplir con lo que establezca la Ley 11.720 (de Residuos Especiales) y su reglamentación.

3.3 Servicio Nacional De Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA)

Resolución 934/19 y 608/12: Establecen los Límites Máximos Admisibles (LMA) de plaguicidas en Argentina (según si son cultivos de gran extensión o pequeños cultivos). Los mismos se basan en los límites aprobados por el Codex Alimentarius.

Resolución Conjunta (1/2019)- SENASA y secretaria de Control y Monitoreo Ambiental: define las posibles aplicaciones y establecer los requisitos necesarios que debe cumplir el compost elaborado a partir de residuos orgánicos separados en origen y recolectados de manera diferenciada, a efectos de su registro, asegurando una gestión sustentable y promoviendo su producción, uso y aplicación en las distintas jurisdicciones provinciales. Los compost comprendidos en la presente norma deberán ser clasificados atendiendo el diagrama de flujo del Anexo II y confeccionarse con las materias primas detalladas en el Anexo III, separadas en origen y recolectadas de manera diferenciada. Quedan excluidos aquellos residuos que posean alguna de las características que los definen como peligrosos en los términos del marco regulatorio vigente, así como también la FORSU no separada en origen y otros que establezca la jurisdicción local. Los compost contemplados en la presente norma deberán cumplir con los requisitos sanitarios y de estabilidad y madurez detallados en las Tablas N° 1

y N° 2 del Anexo IV. En dicha norma se clasifica el compost en dos clases (A y B) según los parámetros de calidad listados en la Tabla N° 3 del Anexo IV. El compost de clase A no presenta restricciones de uso ni de aplicación, al contrario de la clase B el cual sí presenta restricciones (deberá contemplarse la dosis anual de carga y la carga máxima admitida de EPT según los valores límites de Tabla N°5 DEL Anexo IV. Por último, todas las clases de compost deben contener la cantidad de materias inertes permitida según se indica en la Tabla N° 4 del Anexo IV.

4 Marco Teórico

4.1 Residuos sólidos

Los residuos sólidos, también llamados desechos, incluyen todos los materiales sólidos y semisólidos que el poseedor considera no tienen suficiente valor para retenerlos.

Los residuos sólidos se generan en diferentes etapas del ciclo de vida de un producto o servicio. Primero, la extracción de materias primas, siguiendo con el procesado o la fabricación y finalmente el consumo, son las etapas donde se producen residuos que se llevan a disposición final (G. Tchobanoglous, 1994). También existe la alternativa para ciertos residuos sean recuperados o reciclados y no dispuestos en rellenos sanitarios.

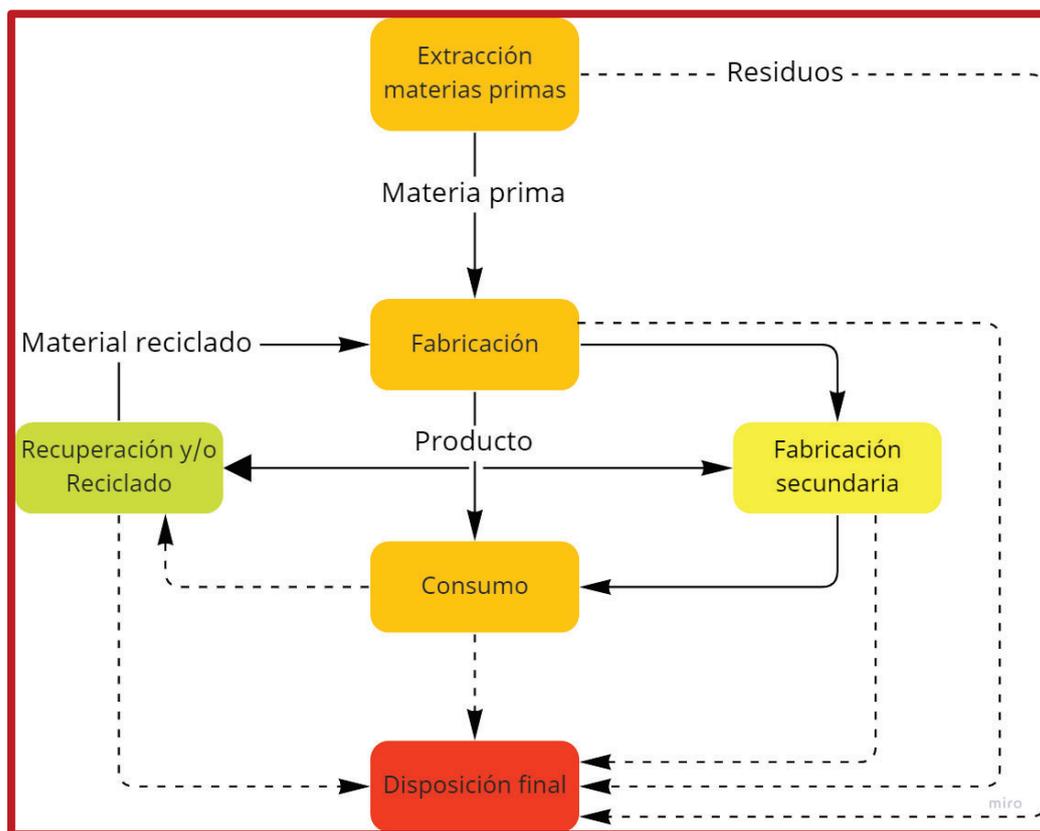


Figura 4-1 **Ciclo de vida de un producto y flujo de los residuos involucrados.** Fuente (G. Tchobanoglous, 1994)

4.1.1 Clasificación

Existen varias maneras de clasificar los residuos: por fuente, por tipo, por su composición o propiedades físicas, químicas y/o biológicas.

4.1.1.1 Fuentes de residuos

Las fuentes de los residuos sólidos están, en general, relacionados con el uso de la tierra y la zonificación. Algunas de las categorías son: 1) residencial, 2) comercial, 3) municipal, 4) industrial, 5) áreas libres, 6) plantas de tratamiento y 7) agrícola. En la Tabla 4-1 se presentan las instalaciones de generación de residuos, actividades o localizaciones típicas asociadas a cada una de estas fuentes y los tipos de desechos generados. (G. Tchobanoglous, 1994)

Tabla 4-1 Tipos de fuentes de residuos sólidos.

FUENTES	INSTALACIONES, ACTIVIDADES O LOCALIZACIONES DONDE SE GENERAN LOS DESECHOS	TIPOS DE DESECHOS SOLIDOS
Residencial	Residencias unifamiliares y multifamiliares, edificios de apartamentos, de poca, mediana y gran altura.	Residuos de alimentos desperdicios, cenizas Residuos especiales.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, almacenes de impresos, reparación de automóviles, instalaciones médicas e instituciones, etc.	Residuos de alimentos, desperdicios, cenizas, Residuos de demolición y construcción, Residuos especiales, Residuos ocasionalmente peligrosos.
Municipal	Como en los residenciales y comerciales	Residuos incluidos en los residenciales y comerciales.
Industrial	Construcción, fabricación, manufacturas ligeras y pesadas, refinerías, plantas químicas, madera, minería, generación de electricidad, demolición, etc.	Residuos de alimentos, desperdicios, cenizas, Residuos de demolición y construcción, Residuos especiales, Residuos peligrosos.
Áreas libres	Calles, avenidas, parques, terrenos vacantes, terrenos de juego, playas, autopistas, áreas recreacionales, etc.	Residuos especiales, desperdicios.
Sitio de Plantas de tratamiento.	Agua, aguas residuales y procesos industriales de tratamiento, etc.	Residuos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de lodos residuales.

Agrícolas	Cultivos, huertos, viñedos, ordeñaderos, corrales de ganado y animales, granjas, etc.	Residuos de alimentos compuestos, Residuos de la agricultura, desperdicios, Residuos peligrosos.
-----------	---	--

4.1.1.2 Composición de residuos

La información sobre la composición de los residuos sólidos es importante en la evaluación de alternativas sobre necesidades de equipos, sistemas, programas y planes de gestión.

Los componentes típicos que conforman a los residuos sólidos municipales son:

- Papel y cartón
- Vidrio
- Metal
- Ferroso
- Aluminio
- Otros no ferrosos
- Plástico
- Caucho y cuero
- Textiles
- Madera
- Alimentos
- Residuos de poda

Los porcentajes de los componentes de estos residuos varían con la localización, la estación, la condición económica y muchos otros factores, por eso es muy importante un estudio específico para determinar si la distribución de los mismos es factor crítico para el diseño de la gestión.

4.1.2 Impactos en el ambiente y la salud

El manejo inadecuado de los residuos sólidos produce múltiples impactos negativos sobre la salud de las personas y el medio ambiente. Por un lado, se ha demostrado que existen enfermedades humanas relacionadas con el manejo impropio de los residuos sólidos. Una de las causas frecuentes son las ratas, moscas y otros vectores que procrean en vertederos o basurales a cielo abierto. También existe una mayor

probabilidad de tener una enfermedad o accidente relacionado al trabajo en empleados de la recolección y disposición de residuos que en industrias.

Por otro lado, los impactos ambientales derivados de la mala gestión de residuos afectan distintos medios de un ecosistema. Desde la contaminación del aire por gases tóxicos liberados por basurales o rellenos pobremente diseñados, hasta la contaminación de aguas y suelos por los lixiviados que generan los residuos en estado de descomposición. Si bien la naturaleza tiene una capacidad propia para diluir, dispersar o degradar ciertos residuos indeseados que llegan a la atmósfera, cuerpos de agua y suelos, el ser humano tiene la responsabilidad de no exceder este límite natural y así evitar un desequilibrio ecológico sobre la biosfera.

En general, los impactos de la mala gestión de los residuos sobre la salud pueden observarse en toda la población, pero especialmente se reflejan, de menor a mayor, en: a) trabajadores formales del sector; b) población urbana sin servicio de recolección domiciliaria; c) población adyacente, o dentro de un radio cercano, a sitios de disposición final no adecuados; d) personas dedicadas a la selección y recuperación de materiales reciclables en la calle, lugares de almacenamiento y sitios de disposición final (trabajadores informales), quienes realizan su trabajo en condiciones antihigiénicas y entre los que se destaca un porcentaje significativo de mujeres y niños; y e) niños y adolescentes de la calle, e indigentes sin techo o vivienda, quienes se alimentan directamente de residuos domésticos encontrados en bolsas y contenedores de recolección (Martínez Arce, Daza, Tello Espinoza, Soulier Faure, & Terraza, 2010).

Una buena gestión de residuos puede contribuir a una ciudad más limpia, saludable y sostenible ambientalmente si se aplica una correcta planificación y estrategias que cubran la mayor cantidad de aspectos del ciclo de los residuos.

4.2 Gestión de residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, disposición inicial, recolección, transferencia y transporte, procesamiento/tratamiento y disposición final de residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la

ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales, y que también, responde a las expectativas públicas (G. Tchobanoglous, 1994)

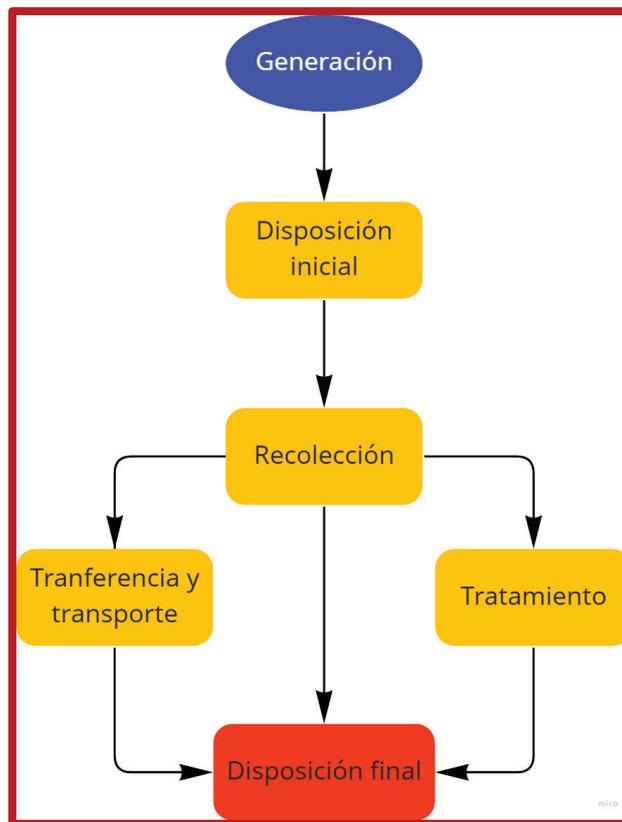


Figura 4-II Diagrama de las etapas de una GIRSU. Fuente: (G. Tchobanoglous, 1994)

En la Tabla 4-2 se define cada etapa establecida en la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos N° 25.916, sobre la gestión integral de residuos domiciliarios.

Tabla 4-2 Descripción de etapas GIRSU

Etapa	Descripción
Generación	Es la actividad que comprende la producción de residuos domiciliarios.
Disposición inicial	Es la acción por la cual se depositan o abandonan los residuos, es efectuada por el generador y debe realizarse en la forma que determinen las distintas jurisdicciones. Puede ser general o selectiva.
Recolección	Es el conjunto de acciones que comprende el acopio y carga de los residuos en los vehículos. Puede ser general o diferenciada.
Transferencia	Comprende las actividades de almacenamiento transitorio y/o acondicionamiento de residuos para su transporte.
Transporte	Comprende los viajes de traslado de los residuos entre los diferentes sitios comprendidos en la gestión integral.
Tratamiento	comprende el conjunto de operaciones tendientes al acondicionamiento y valorización de los residuos.

Disposición final	Comprende al conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los residuos domiciliarios, así como de las fracciones de rechazo inevitables resultantes de los métodos de tratamiento.
--------------------------	---

4.2.1 Jerarquía de gestión de residuos

La jerarquía del manejo de los residuos implica la necesidad de establecer prioridades para los procesamientos a que deberán ser sometidos. Se representa ubicando las prácticas de gestión de residuos más “deseables” en el tope de la pirámide (evitar o minimizar la generación, recuperar, reusar y reciclar los RSU) y las prácticas menos “deseables” (incinerar y disponer final) en su base.



Figura 4-III Jerarquía de gestión de residuos. Elaboración propia.

De manera resumida, en la jerarquía de la Figura 4-III se definen:

- I. Evitar la generación de residuos desde el origen.
- II. Reducir al máximo la generación de residuos desde el origen.
- III. Reutilizar los residuos generados ya sea en la misma cadena de producción o en otra paralela.
- IV. Valorizar los residuos por medio de la recuperación energética, el reciclaje o el co-procesamiento, entre otros.
- V. Tratar los residuos generados antes de enviarlos a disposición final.
- VI. Disponer la menor cantidad de residuos.

Es importante aclarar que, los componentes de una jerarquía para el manejo de los RSU no son estáticos y que deben ser considerados como herramientas eficaces

dentro de un sistema de gestión integrada de RSU, y como tales, tener la flexibilidad necesaria para adaptarse a las necesidades de cada lugar en que se aplique.

4.2.2 Etapas

Dentro del marco de la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos N° 25.916, se procede a describir con mayor detalle los componentes de una GIRSU que serán abordados en el presente proyecto.

4.2.2.1 Generación

Es la actividad que comprende la producción de RSU en origen. Quienes producen o generan RSU reciben el nombre de “generadores”. Según la cantidad y calidad de RSU generados, la ley hace una distinción entre generadores individuales y especiales.

4.2.2.2 Disposición inicial

La acción de depositar o abandonar los residuos realizada por el generador puede clasificarse en:

1. *General*: sin clasificación y separación de residuos.
2. *Selectiva*: con clasificación y separación de residuos a cargo del generador.

En la disposición inicial selectiva, también conocida como *separación en origen*, se realiza la división, en diferentes recipientes o contenedores, los RSU que pueden ser reciclados, reutilizados o reducidos para su posterior recolección diferenciada, clasificación y procesamiento.

Los tipos y las capacidades de los recipientes usados dependen, en gran parte, de las características de los residuos sólidos a ser recolectados, la frecuencia de la recolección y del espacio disponible para colocar los recipientes. En el caso de las instalaciones comerciales, las técnicas de almacenamiento a utilizar también dependerán de los métodos internos para recolectar los residuos generados dentro del establecimiento.

Los tipos de recipientes más comúnmente utilizados en las áreas comerciales son:

- *Contenedores con ruedas*: pueden ser pequeños con dos ruedas fijas o grandes con cuatro ruedas giratorias, en función de la capacidad y forma. Están equipados con una tapa con bisagras y contienen un sistema de

enganche especial para la elevación y vaciado automático en los recolectores equipados con elevador de contenedores. Su capacidad varía entre 120 y 1100 litros.

- *Contenedores de gran capacidad*: pueden ser abiertos o cerrados y en algunos casos, pueden estar equipados con autocompactación para reducir 2/3 el volumen de los residuos. Reforzados con láminas de acero, contienen puntos de enganche delanteros y traseros que permiten su carga en vehículos especiales (equipados con elevadores tipo “roll on-roll off”). La capacidad varía entre 5 y 30 m³.
- *Contenedores para recogida selectiva*: existen de diferentes capacidades y tipos (tambores o contenedores). Generalmente, se fabrican de plástico de alta resistencia y están concebidos para recibir exclusivamente un solo tipo de residuo: vidrio, latas, cartones o papeles, plásticos, etc. El uso de estos contenedores favorece no solo la disminución de los residuos a tratar, sino también los posteriores procesos a los que serán sometidos.

4.2.2.3 *Recolección*

Esta etapa incluye la recogida de los residuos sólidos de las diferentes fuentes y el acarreo al lugar donde se vacía el contenido de los vehículos de recolección. El descargue del vehículo de recolección también es considerado como parte de la operación de recolección. (G. Tchobanoglous, 1994)

La recolección puede ser: a) general, sin discriminar los tipos de residuos y b) diferenciada, discriminando por tipo de residuo en función de su tratamiento y valoración posterior.

Los sistemas de recolección clasificados según el modo de operación se dividen en dos categorías:

- *Sistemas de Acarreo del Recipiente (HCS)*: los recipientes usados para almacenar los residuos son acarreados al lugar de disposición, vaciados y devueltos a su lugar de origen o a algún otro lugar. Son apropiados para utilizar en las fuentes donde la tasa de producción es alta debido a que se usan recipientes relativamente grandes.
- *Sistemas de Recipiente Estacionario (SCS)*: los recipientes usados para el almacenamiento de los residuos permanecen en el punto de producción.

Existen diferentes tipos de vehículos según el tipo de recipiente a descargar y las capacidades de carga que se desea. Ver Tabla 4-3

Tabla 4-3 Tipos de recolección

Recolección		
Vehículo	Tipo de recipiente	Rango típico de capacidades de recipientes yd ³
Sistema de acarreo de recipiente		
Camión grúa	Usado con compactador estacionario	6 – 12
Plataforma de volteo	Abierto por encima, llamados también cajas de escombros.	12 – 50
	Usados con compactador estacionario	15 – 40
	Equipo con mecanismo propio de compactación.	20 – 40
Camión tractor	Trailers de escombros abiertos por encima.	15 – 40
	Trailers con recipientes cerrados equipados con mecanismo de compactación.	20 – 40
Sistema de recipiente estacionario		
Compactador cargado mecánicamente	Abierto por encima y cargado lateralmente.	1 – 8
Compactador cargado a mano	Recipientes de plástico, o galvanizados pequeños, bolsas desechables de papel y plástico.	20 – 55





Figura 4-IV Tipos de vehículos recolectores de residuos. a) Camión grúa; b) Camión roll off con volquete; c) Camión compactador con carga manual; d) Camión compactador con carga mecanizada.

Para sistemas de acarreo del recipiente, la tasa de producción de desechos en cada punto de recogida no es importante debido a que generalmente no tiene efecto directo sobre el trazado de las rutas de recolección. Para sistemas de "recipiente estacionario, sin embargo, la tasa de producción de desechos en cada punto de recogida determina el número de recipientes que se pueden vaciar por viaje.

4.2.3 Tratamientos y valorización

El objetivo del tratamiento y valorización de los residuos es realizar operaciones encaminadas a la eliminación o al aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos, antes de ser dispuestos a disposición final (relleno sanitario).

En Tabla 4-4 se discuten algunas de las tecnologías de tratamiento y valorización de residuos sólidos que existen actualmente.

Tabla 4-4 Tipos de tecnología de tratamientos de residuos sólidos. Fuente: (Monteiro, 2006)

Tipo de tecnología de tratamiento	Procesos
Mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación: en función del interés económico o como paso previo a un procesamiento posterior • Trituración: reduce la granulometría y el volumen de los residuos, los mezcla y homogeniza • Compactación: reduce los espacios vacíos (densifica los residuos)
Térmicos	<ul style="list-style-type: none"> • Incineración: quema controlada, a alta temperatura, en equipos especialmente diseñados y con dispositivos de control ambiental; • Pirólisis: degradación térmica de los residuos en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada del mismo, a temperatura

	inferior a la de la incineración, que produce líquidos y gases de alto contenido energético, y menos contaminación atmosférica.
Biológicos	<ul style="list-style-type: none">• Aeróbico: indicado para estabilización y compostaje. Sus productos principales son el agua, el dióxido de carbono y el calor.• Anaeróbico: importante en la producción de metano. La degradación de los residuos es más lenta y genera ácidos grasos, acético y otros de bajo peso molecular, inclusive algunos gases bastante con mal olor y tóxicos (ejemplo, el ácido sulfhídrico —H₂S—).

4.2.3.1 *Tratamientos biológicos para residuos orgánicos*

4.2.3.1.1 *Digestión anaerobia*

La descomposición anaerobia (en ausencia total de oxígeno) de la materia orgánica produce un gas combustible llamado biogás. Este gas está conformado exclusivamente por metano (CH₄>60%) y dióxido de carbono (CO₂). Las instalaciones diseñadas para optimizar este proceso se llaman digestores de metano, plantas de biogás o biorreactores anaerobios. (Castells, 2005)

La digestión anaerobia es realizada por varios grupos especializados de bacterias que catalizan tres fases consecutivas, cada una dependiente de la anterior.

Fases de la digestión anaerobia:

1. *Hidrolisis:* los compuestos orgánicos complejos como lípidos, proteínas e hidratos de carbono son despolimerizados, por acción de enzimas hidrolíticas, en moléculas solubles y fácilmente degradables tales como, azúcares, ácidos grasos de cadena larga, aminoácidos, alcoholes, etc. Este proceso enzimático extracelular tiene como responsables a las bacterias hidrolítico-acidogénicas.
2. *Acidogénesis y Acetogénesis:* los compuestos solubles obtenidos en la etapa anterior se transforman en ácidos grasos de cadena corta como ácido acético, hidrogeno y dióxido de carbono.
3. *Metanogénesis:* es la etapa final del proceso, donde los productos de la etapa anterior son transformados a CH₄ y CO₂ por bacterias metanogénicas.

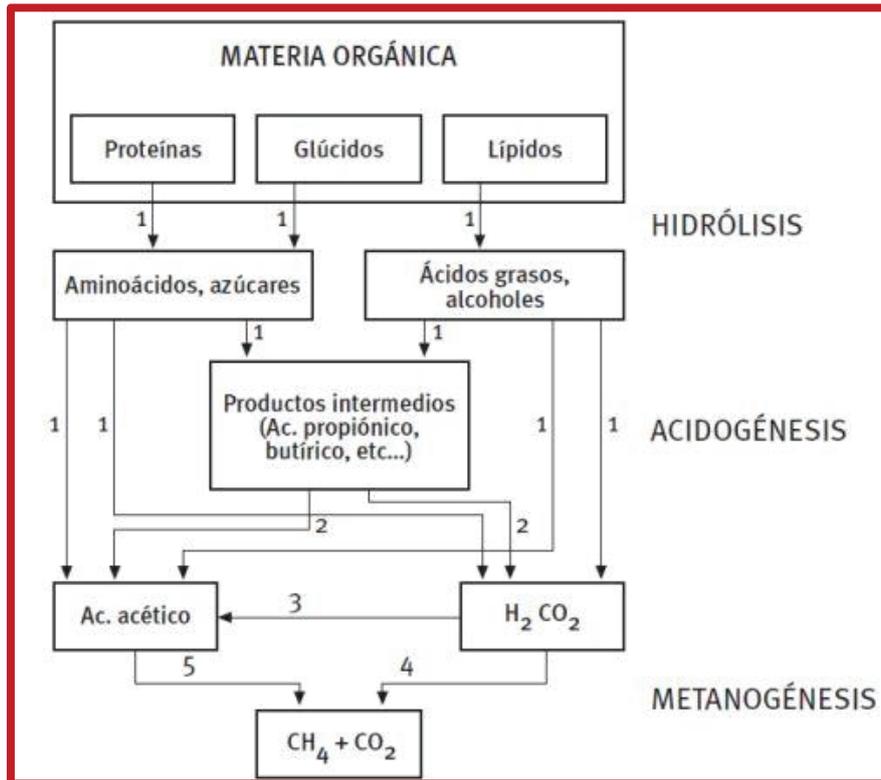


Figura 4-V Fases de la digestión anaerobia. Fuente: (Castells, 2005)

Factores influyentes de la digestión anaerobia

La actividad microbiana de los procesos en la digestión anaeróbica depende principalmente de los siguientes factores:

- **Contenido de agua:** dado que las bacterias se alimentan de sustratos disueltos en agua, la producción de biogás y el contenido de agua de la materia inicial son interdependientes. Por lo tanto, al incrementar el contenido de agua, se beneficia la generación de biogás, alcanzando su valor óptimo en 91%-98% de agua por peso (Kaltwasser, 1980).
- **Temperatura:** los microorganismos, generalmente, tienen un rango óptimo de temperatura, donde la velocidad de reacción de la transformación o degradación es mayor. En algunos casos, pequeñas variaciones por debajo o encima de este rango ideal puede llevar a inhibiciones de los microorganismos. La mayoría de las bacterias metanogénicas son mesofílicas, es decir que su rango óptimo es entre 30-37°C, mientras que las termofílicas tienen un rango ideal entre 55-65°C y se encuentran en aquellos

procesos donde se requiere una eliminación de gérmenes (Ej. aguas residuales).

- *pH*: al igual que la temperatura, los microorganismos involucrados en las diferentes etapas del proceso necesitan diferentes valores de pH para tener una actividad óptima. Las bacterias hidrolíticas tienen un rango de pH óptimo entre 5,2 – 6,3 y las bacterias ácido génicas y metanogénicas dependen de un rango de pH neutro entre 6,2-8.
- *Potencial redox y Oxígeno*: las bacterias metanogénicas son muy sensibles al oxígeno y tienen menor actividad en su presencia, además necesitan para un óptimo crecimiento, un potencial redox bajo.
- *Inhibidores*: la presencia de metales pesados, antibióticos y detergentes pueden inhibir la producción de biogás.

Previo al proceso de digestión anaerobia (digestor), es necesario realizar un pretratamiento de los residuos orgánicos que ingresan a la planta. El propósito es remover la materia que pueda interferir en el digestor anaeróbico, además de homogeneizar y condicionar los residuos orgánicos. El tipo de pretratamiento dependerá del sistema de digestión anaeróbica elegido. Generalmente, se realiza una fermentación húmeda, donde se suele mezclar previamente los residuos orgánicos con agua, homogeneizar y triturar.

Sistemas de digestores anaeróbicos (biodigestores)

Un biodigestor básicamente consiste en un depósito cerrado, donde se introducen los residuos orgánicos mezclados con agua para ser digeridos por microorganismos (Lagrange, 1979).

El biogás producido por la fermentación se puede almacenar en este mismo depósito en la parte superior del digestor, llamada domo o campana de gas. Esta campana de almacenamiento puede ser rígida o flotante, metálica, de madera recubierta de plástico o de ferrocemento. En algunos casos, la campana puede estar separada del digestor, lo que se conoce como gasómetro. Es una campana invertida, sumergida en un tanque de agua, que además de almacenar el gas, ejerce presión sobre el gas para el consumo.

Para que un digestor de residuos orgánicos opere en forma correcta, deberá reunir las siguientes características: (FAO, 2011)

- a) Ser hermético con el fin de evitar la entrada de aire, el que interfiere con la digestión anaeróbica y a la vez, impedir las fugas del biogás producido.
- b) Estar térmicamente aislado para evitar cambios bruscos de temperatura, lo que usualmente se consigue construyéndolos enterrados.
- c) Aun no siendo en recipiente de alta presión, el contenedor primario de gas deberá contar con una válvula de seguridad.
- d) Contar con medios para efectuar la carga y descarga del sistema.
- e) Tener acceso para el mantenimiento.
- f) Contar con un medio para romper las natas o costras que se forman.

Tipos de biodigestores

Una primera clasificación de los biodigestores puede ser por su modo de operación en función de su alimentación, en continuos y discontinuos. Los primeros corresponden a un proceso ininterrumpido, donde el caudal de efluente que se descarga es igual al afluente, donde la composición dentro del reactor se mantiene constante y con producciones de biogás uniformes en el tiempo. Mientras que, en los digestores discontinuos, también llamados Batch, se alimentan con las materias primas en una sola carga o lote y después de un cierto periodo de fermentación (cuando el contenido de materia prima disminuye y el rendimiento de biogás decae) se vacía por completo y se alimenta de nuevo para comenzar otro proceso.

En la Figura 4-VI se clasifican los diferentes tipos de digestores en continuos (alta velocidad) y discontinuos (baja velocidad).

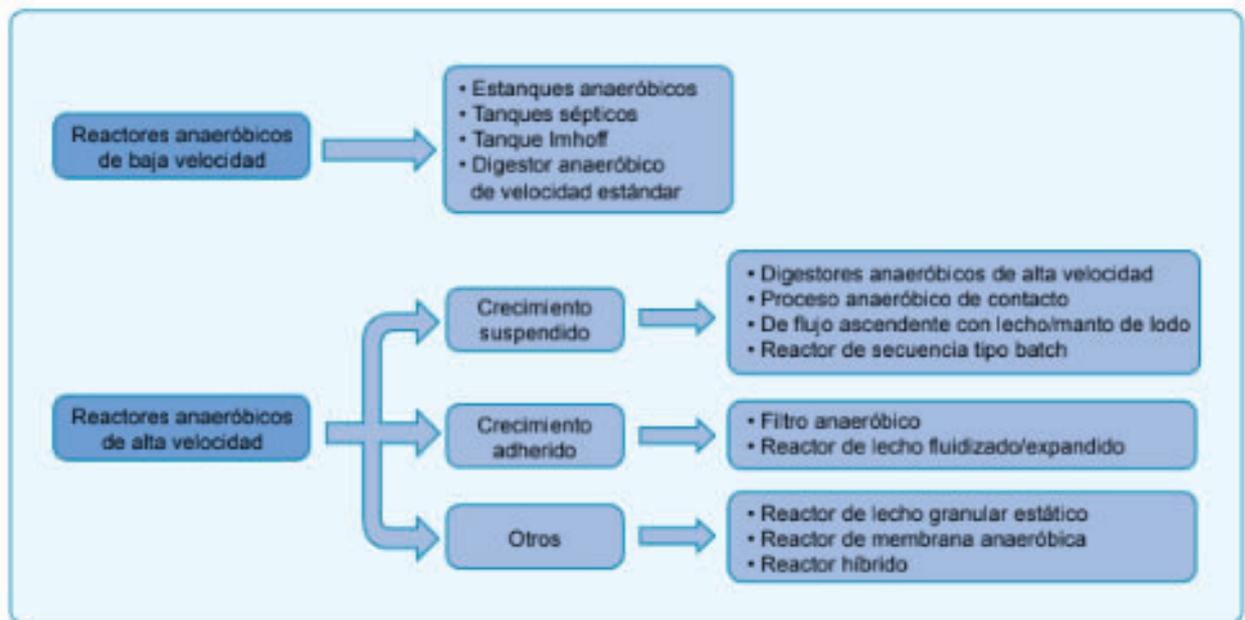


Figura 4-VI Clasificación de reactores de alta y baja velocidad

Biodigestores de alta velocidad

Los digestores anaeróbicos de alta velocidad son de tipo continuo con agitación y operan bajo condiciones mesofílicas o termofílicas.

Algunos parámetros importantes a considerar para la operación de estos bioreactores son:

- *Velocidad de carga y Tiempo de retención hidráulica (TRH)*: volumen de sustrato orgánico cargado diariamente al digestor.
- *Tiempo de retención de sólidos (TRS)*: puede variar entre 15 a 30 días para la digestión mesofílica y entre 5 y 15 días para la termofílica.
- *Tasa de carga de sólidos volátiles (SV)*: se considera la aproximación más utilizada para dimensionar el digestor anaeróbico. Una tasa de carga de SV típica para una digestión mesofílica es de 1,6-4,8 kg/m³.dia. Mientras que para un digestor termofílico la tasa puede llegar a ser el doble.

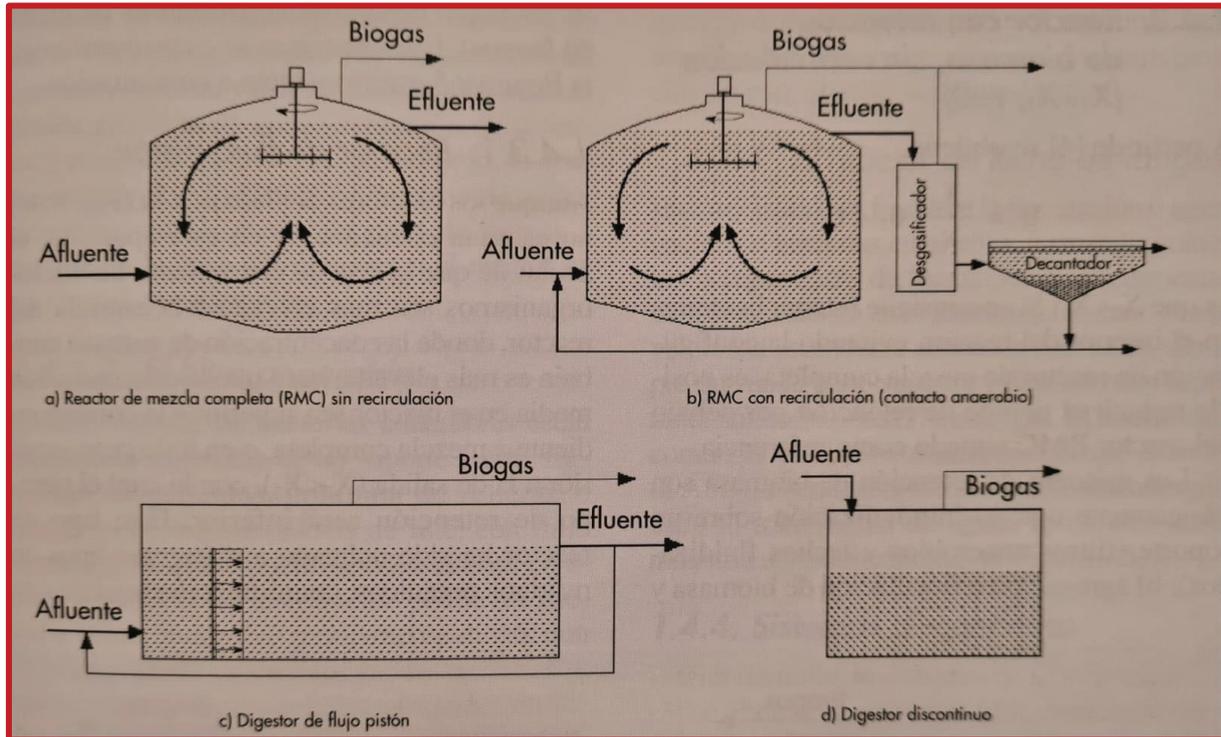


Figura 4-VII. Tipo de digestores continuos y digestor discontinuo. Fuente: (Castells, 2005)

Reactor de Mezcla Completa (RMC) sin recirculación

Mediante un sistema de agitación mecánica (agitador de hélice o palas de eje vertical u horizontal) o neumático (recirculación de biogás a presión), se mantienen una distribución uniforme de concentraciones tanto del sustrato como de microorganismos.

Reactor de Mezcla Completa con recirculación

Mediante la regulación de la recirculación, es posible conseguir tiempos de retención hidráulica más bajo que en RMC sin recirculación. Este sistema incluye un decantador con previo desgasificador.

Reactor de flujo pistón

A diferencia de los reactores anteriores, en los de tipo flujo pistón la tasa de crecimiento microbiano es más elevada a la entrada del reactor, donde la concentración del sustrato también es mayor, por ende, la concentración media en el reactor es superior a la correspondiente en mezcla completa o superior a la de salida. De esta manera, el tiempo de retención será inferior. Estos tipos de reactores tienen

dificultades con la falta de homogeneización en la sección transversal a la dirección del flujo, pero se puede evitar, por ejemplo, con un sistema de agitación transversal.

Reactor con retención de biomasa

En este tipo de reactores, se consigue retener bacterias en el interior del reactor, reduciendo así el tiempo de retención por debajo del RMC. Los métodos de retención de biomasa son: a) inmovilización sobre soporte (filtros anaerobios y lechos fluidizados); b) agregación o floculación de biomasa y su retención por gravedad (reactores de lecho de fangos).

4.2.3.1.2 Compostaje

El compostaje es la descomposición en condiciones aeróbicas de residuos orgánicos. Los objetivos de este proceso pueden ser: la estabilización, reducción de volumen y masa, secado, eliminación de patógenos y sanitización.

El proceso de compostaje está constituido por dos fases consecutivas: descomposición y maduración Figura 4-VIII. En la primera, diferentes poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos trabajan de forma simultánea y consecutiva y descomponen los constituyentes de la materia orgánica (carbohidratos, lípidos, proteínas). Debido a que sucede en un medio aerobio, las reacciones son exotérmicas, por lo tanto, se produce un aumento de la temperatura de la masa en descomposición.

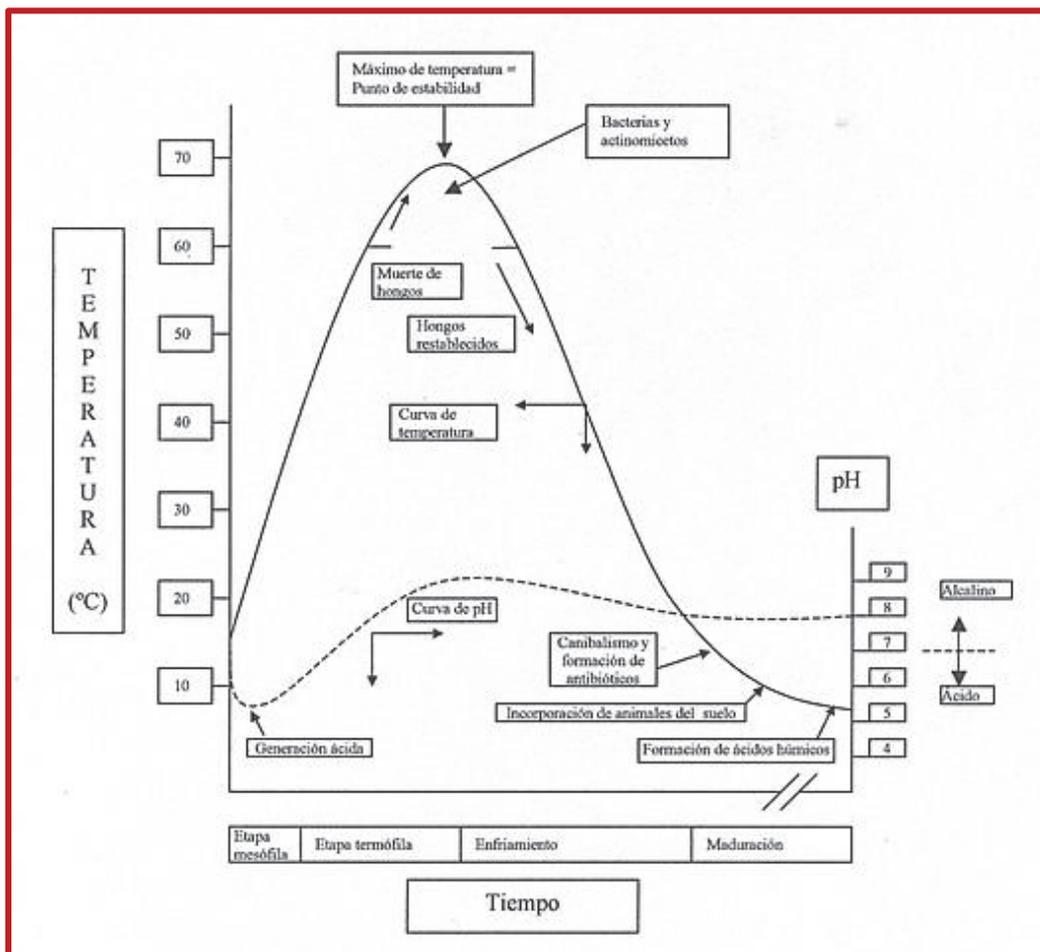


Figura 4-VIII Curva de temperatura en función del tiempo durante el proceso de compostaje.

La fase de descomposición puede dividirse en tres etapas. Una inicial mesofílica, donde microorganismos mesófilos descomponen los compuestos fácilmente degradables (azúcares, lípidos y proteínas), provocando un aumento en la temperatura y un ligero descenso del pH debido a la formación de ácidos orgánicos. En la segunda etapa, termofílica, los microorganismos termófilos incrementan la temperatura superando los 40°C eliminando la mayoría de los patógenos. Debido al consumo de ac. orgánicos y al aumento de la concentración de amonio por descomposición de proteínas, el pH se recupera y se alcaliniza. La tercera etapa de esta fase es la más exigente del proceso y su buen desarrollo condiciona la continuidad. Aquí la temperatura empieza a disminuir y la celulosa y hemicelulosa inician su descomposición.

En la fase de maduración, tienen lugar procesos de biopolimerización para formar moléculas complejas y estables, obteniendo en el orden de unos meses, un compost completamente estabilizado y parcialmente humificado.

Condiciones iniciales

La materia prima debe cumplir las siguientes condiciones iniciales para un correcto proceso de compostaje:

- *Humedad*: debido a que la humedad condiciona la porosidad del medio, si es muy húmedo no permite la circulación de oxígeno y se pueden crear condiciones anaeróbicas, en cambio si es muy seco no permite la solubilización de la materia orgánica y disminuye la actividad microbiana. Para material vegetal fresco se requiera una humedad del 50-60%.
- *Estructura*: la consistencia, configuración y geometría de los sólidos, determinan la porosidad y la resistencia al flujo del aire en la pila de compostaje. De esta manera, la estructura tiene influencia sobre el intercambio gaseoso y las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono existentes en el aire dentro de los poros y la fase líquida de los sólidos.
- *Composición-Relación C/N*: los microorganismos necesitan que el sustrato contenga una relación de carbono y nitrógeno de 25-30:1 para un desarrollo óptimo y una rápida descomposición de la materia orgánica.

Sistemas de compostaje

Los sistemas de compostaje se pueden clasificar en: sistemas no-reactor y sistemas reactor. En los primeros se produce una fermentación natural ya que es al aire libre, mientras que en los sistemas de tipo reactor el proceso es acelerado en digestores. En la Figura 4-IX se muestran los tipos de sistemas de compostaje.

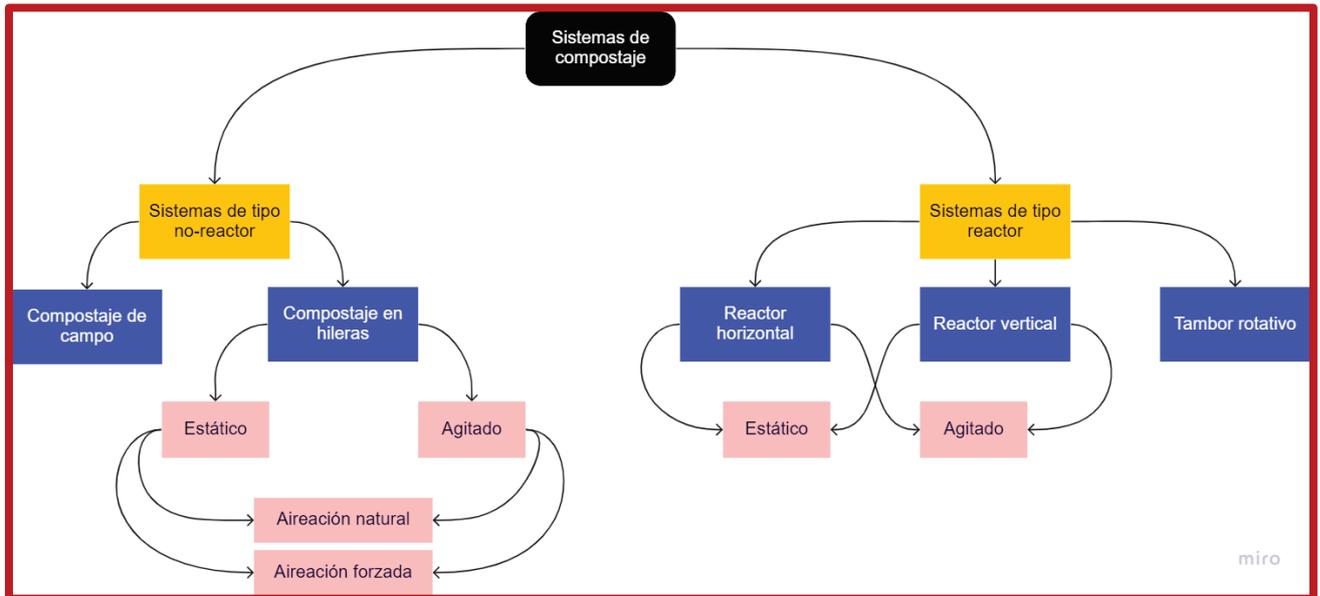


Figura 4-IX Clasificación de sistemas de compostaje. Elaboración propia.

Dentro de los sistemas de tipo no reactor, se encuentran el compostaje en hilera, donde la característica principal es el contacto directo entre la materia orgánica y la atmosfera. La influencia de la atmosfera al compostaje se realiza mediante la provisión de agua de lluvia, cambios en la temperatura del aire, cambios en la humedad y viento. Este contacto se puede limitar cubriendo la pila con material de compost maduro, paja o material textil especial que permite el intercambio gaseoso, pero reduce la infiltración de agua de lluvia.

A este proceso natural de compostaje en hilera, se le puede añadir aireación con tuberías, piso perforado o adicionando más residuos a la pila. Además, para asegurar una alta calidad del producto, se realizan volteos a las pilas de compostaje para mezclar y homogenizar los sólidos, para renovar la estructura y los espacios libres de aire y para aumentar la evaporación para secar y madurar el compost.

4.2.3.2 Reciclaje

Se llama reciclaje a la actividad asociada a recuperar material de residuos reciclables, clasificarlos y enviarlos a su posterior tratamiento para volver a insertarlos en el mercado.

Los residuos reciclables a clasificar, generalmente, se componen de plásticos (diferentes polímeros), cartones, papel, vidrio y aluminio.

4.2.3.2.1 Plásticos

Debido a su origen petroquímico, los plásticos son materiales no biodegradables o tiene un ritmo de degradación muy lento, de más de 50 años en un relleno sanitario (ECOPLAS, s.f.).

Dentro de los tipos de reciclados de plásticos existen:

- El *reciclado químico*, un proceso químico por el cual se vuelven a obtener los monómeros iniciales. Actualmente es un método en desarrollo y muy costoso.
- El *reciclado mecánico*, aplicable a los termoplásticos, es un proceso fisicoquímico mecánico donde el plástico es lavado, fundido, filtrado, obteniéndose pellets del material original, el cual puede ser utilizado como nueva materia prima en otros procesos industriales. Es el más difundido en Argentina.

Previo al tratamiento, los plásticos se clasifican (manual o por un proceso automatizado) por tipo de resina y color. Se pueden distinguir 7 clases distintos: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS, y una séptima categoría denominada “otros”. Para facilitar la clasificación, se convino que los productos plásticos elaborados tengan una leyenda que indique de qué tipo de material se trata según norma IRAM 13700. En la Figura 4-X. Leyendas de los tipos de plásticos reciclables, según norma IRAM 13700. se observan las distintas leyendas y en la Tabla 4-5 Descripción de tipos de plásticos reciclables se describe el tipo de material, su aplicación y productos elaborados a partir de su reciclado.



Figura 4-X. Leyendas de los tipos de plásticos reciclables, según norma IRAM 13700.

Tabla 4-5 Descripción de tipos de plásticos reciclables

	<p>PET Tereftalato de polietileno (PET). Se utiliza para botellas de bebidas gaseosas y aguas, bolsas de hervir ahí mismo el alimento congelado y bandejas para comidas calentadas en microondas. Es liviano, resistente y reciclable. En este sentido, una vez reciclado, el PET se puede utilizar en muebles, alfombras, fibras textiles, piezas de automóvil y reciclado convenientemente en nuevos envases de alimentos.</p>
	<p>PEAD Polietileno de alta densidad (HDPE). Se usa en envases de lavandina, detergentes y cosméticos, bidones, baldes y cajones plásticos. Asimismo, también se puede ver en envases de leche, zumos, yogurt, agua, y bolsas de basura. Se recicla de muy diversas formas, fabricando cañerías, botellas de detergentes y limpiadores, muebles de jardín, botes de aceite, etc.</p>
	<p>PVC Cloruro de polivinilo (PVC). Se fabrican botellas para aceite de cocina, productos de limpieza y en la construcción: ventanas, tubos de drenaje, perfiles, forro para cables, etc. También es muy resistente. Una vez reciclado, puede ser utilizado para paneles, tarimas, tapetes, etc.</p>
	<p>PEBD Polietileno de baja densidad (LDPE). Usado para bolsas para vegetales en supermercados, bolsas para pan, envolturas de alimentos, silos bolsa. Este plástico fuerte, flexible y transparente se puede encontrar también en bolsas muy diversas, mangueras, etc. Tras su reciclado se puede utilizar de nuevo en contenedores y papeleras, sobres, paneles, tuberías o baldosas.</p>
	<p>PP Polipropileno (PP). Se fabrican envases para yogurt, botellas para champú, potes, muebles de jardín y recipientes para margarina. Su alto punto de fusión permite envases capaces de contener líquidos y alimentos calientes. Se suele utilizar en la fabricación de envases médicos, yogures, pajitas, envases de ketchup, tapas, algunos contenedores de cocina, autopartes, cajones, etc. Una vez reciclado se puede utilizar en señales luminosas, cables de batería, escobas, cepillos, rastrillos, baldes, palets, bandejas, etc.</p>
	<p>PS Poliestireno (PS). Espuma plástica utilizada para tazas para bebidas calientes, envase para comidas rápidas, cartones para huevos y bandejas para carnes. Su bajo punto de fusión hace posible que pueda derretirse en contacto con el calor. Una vez reciclado, se pueden obtener diversos productos entre ellos, material para edificación, aislantes, etc.</p>
	<p>Otros. Todas las demás resinas de plástico o mezclas no indicadas arriba. Se incluyen una gran diversidad de plásticos. Por ejemplo, con estos plásticos están hechos algunos materiales a prueba de balas, DVD, gafas de sol, MP3 y PC, etc.</p>

4.2.3.3 Disposición final

La disposición final es la última etapa en el manejo de los residuos sólidos y comprende al conjunto de operaciones destinadas a lograr su depósito permanente, producto de las fracciones de rechazo inevitables resultantes de los métodos de valorización adoptados.

En Argentina, los grandes centros urbanos poseen rellenos sanitarios e incluso los principales han implementado sistemas de captura y destrucción o uso del biogás colectado. El 40% del total de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generados es tratado en los rellenos sanitarios de la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE). Las ciudades de mayor jerarquía suelen poseer vertederos

controlados, mientras que en el resto del país los residuos sólidos urbanos se disponen en vertederos y basurales a cielo abierto sin tratamiento sanitario controlado (MAyDS, 2021).

4.3 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Gracias a diversas actividades antropogénicas, producto de la industrialización, el volumen de gases de efecto invernadero (principalmente metano, dióxido de carbono, óxido nitroso, clorofluorocarbonos, hidrofluorocarbonos y hexafluoruro de azufre) ha ido en aumento en las últimas décadas, incrementando la temperatura del planeta y modificando el clima.

Según el inventario de emisiones de GEI, que contabiliza los gases emitidos y absorbidos de la atmósfera durante un año calendario para el territorio argentino, el sector residuos (gestión, tratamiento y disposición de residuos sólidos y aguas residuales) emitió el 4% del total de emisiones del país en el año 2018 (Figura 4-XI.).

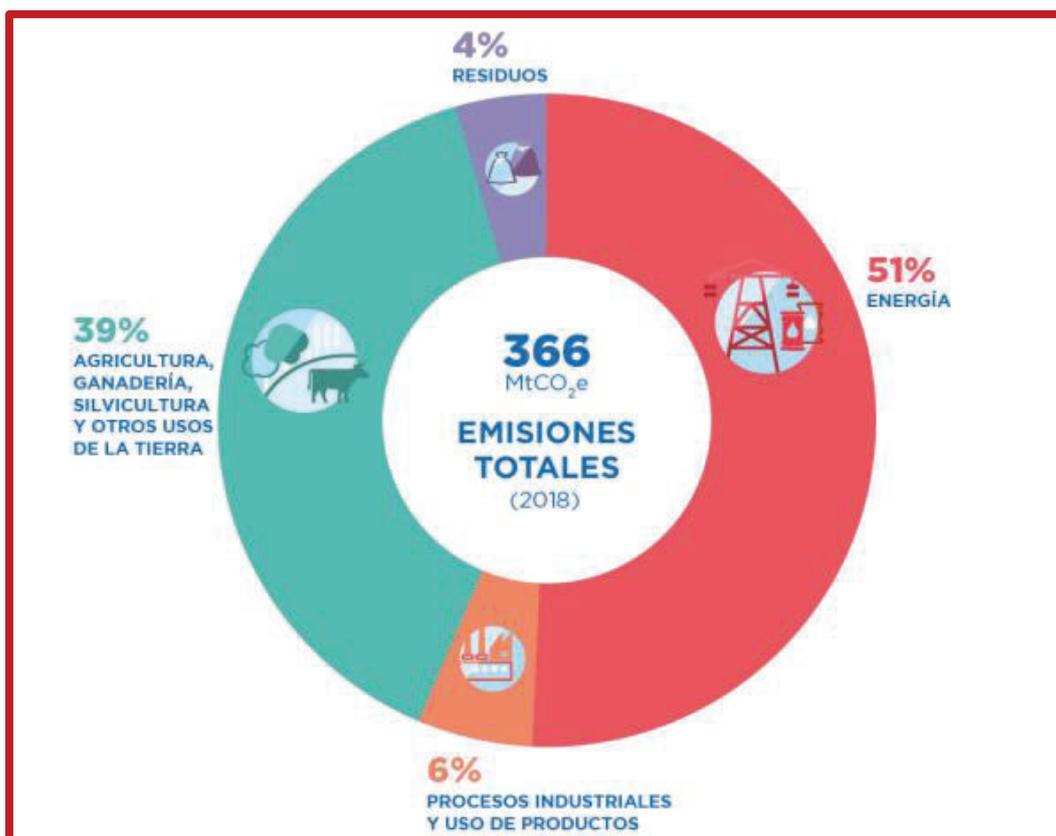


Figura 4-XI Distribución sectorial de las emisiones de GEI del año 2018. Fuente: (MAyDS, 2021)

No obstante, en la Figura 4-XII se observa una tendencia creciente de emisiones de GEI en este sector, alcanzando un promedio del 1,5% durante el periodo 1990-2018.

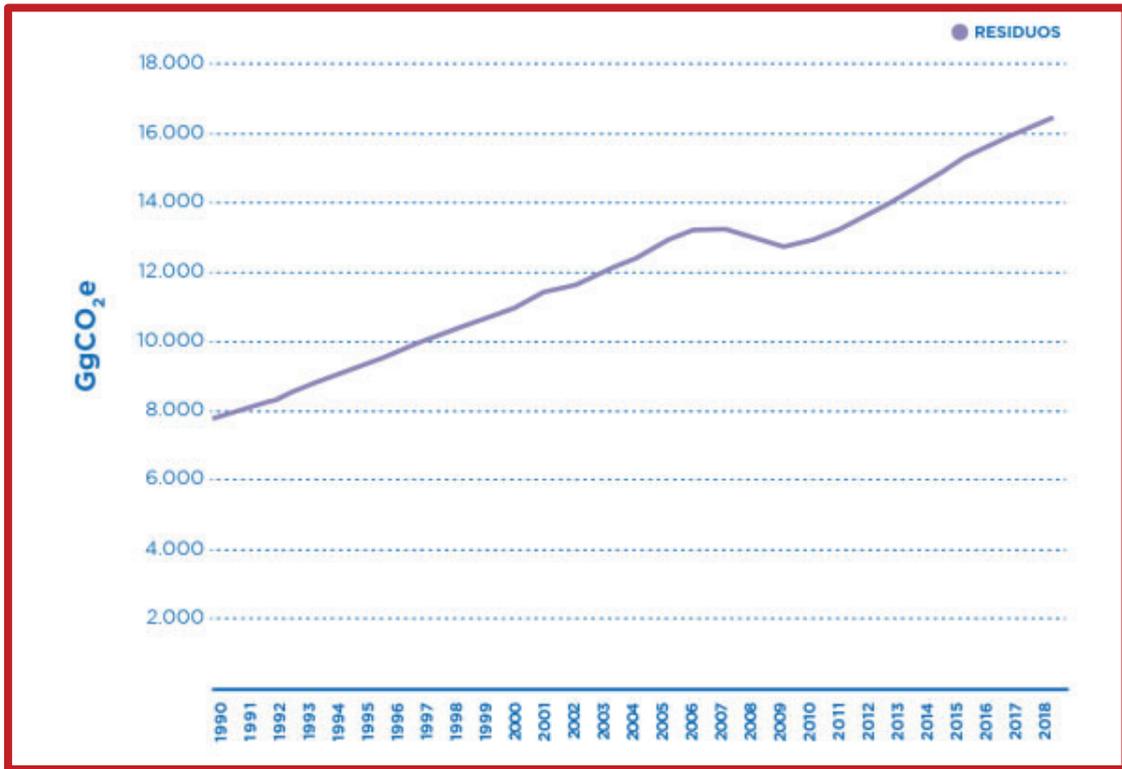


Figura 4-XII Evolución de emisiones del sector Residuos. Fuente: (MAyDS, 2021)

Esta tendencia se produce principalmente por el crecimiento de la población, generando un aumento de los residuos y aguas residuales. La única caída observada se produce durante el período 2007-2011 debido a la implementación de proyectos de quema del metano generado en rellenos sanitarios bajo el MDL, que redujeron las emisiones provenientes de la categoría de Residuos sólidos urbanos. (MAyDS, 2021)

Tabla 4-6 Emisiones totales 2018 del sector residuos. Elaboración propia a partir de datos de (MAyDS, 2021)

Sector Residuos	Emisiones totales 2018(GgCO ₂ e)	Porcentaje
Eliminación de residuos sólidos	9639	99%
Tratamientos biológicos	58,76	1%
Incineración	34,5	0%
Total	9732,26	100%

Si se observa la Tabla 4-6, en el sector residuos, el 99% de las emisiones totales de GEI se le adjudican a la eliminación, incluyendo los sitios gestionados y los no gestionados, tales como los basurales a cielo abierto, mientras que los tratamientos biológicos y por incineración no superan el 1%. El principal gas emitido es el metano, generado por la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos.

4.4 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

En el año 2015, 193 países miembros de las Naciones Unidas adoptaron una nueva política global: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo objetivo es elevar el desarrollo del mundo y mejorar la calidad de vida de todas las personas.

En la Figura 4-XIII se muestran los 17 ODS, donde cada objetivo tiene metas específicas que la Argentina aplicará dependiendo de su realidad económica, social y ambiental.



Figura 4-XIII Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En la siguiente tabla se enumeran los objetivos de desarrollo sostenible.

Tabla 4-7 Resumen de los ODS. (ONU, 2015)

Número	Objetivos
ODS 1	Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.
ODS 2	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
ODS 3	Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.
ODS 4	Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
ODS 5	Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y niñas.
ODS 6	Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
ODS 7	Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.

ODS 8	Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
ODS 9	Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
ODS 10	Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.
ODS 11	Lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
ODS 12	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
ODS 13	Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
ODS 14	Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
ODS 15	Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
ODS 16	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas de gestión.
ODS 17	Fortalecer los medios de implementación y la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

5 Diseño de la Gestión Integral de Residuos Sólidos

5.1 Memoria Descriptiva

En el presente apartado, se **describen 2 propuestas (propuesta A, Figura 5-I y propuesta B, Figura 5-II) para la gestión integral de residuos sólidos del MCBA.** Ambas están diseñadas para mejorar y optimizar aquellos aspectos evaluados en la etapa de diagnóstico. Las propuestas cuentan con:

- 1) **Separación en origen** en todas las naves del área Transaccional y del área de Concesiones, como también, en el edificio de oficinas administrativas.
- 2) **Recolección diferenciada**, con cronograma establecido para cada área del MCBA.
- 3) **Planta de tratamiento** dentro del establecimiento del MCBA.
 - a. **Nave de reciclaje**, donde se tratarán la corriente de plásticos y se acopiarán los residuos de cartón y papel.
 - b. **Tratamiento biológico** de residuos orgánicos. La **propuesta A se centra en la optimización de la planta de compostaje actual**, mientras que la **propuesta B tratará** este tipo de residuos a **través de un sistema de digestión anaeróbico.**
- 4) **Disposición final** de aquellos residuos que no pueden ser valorizados.

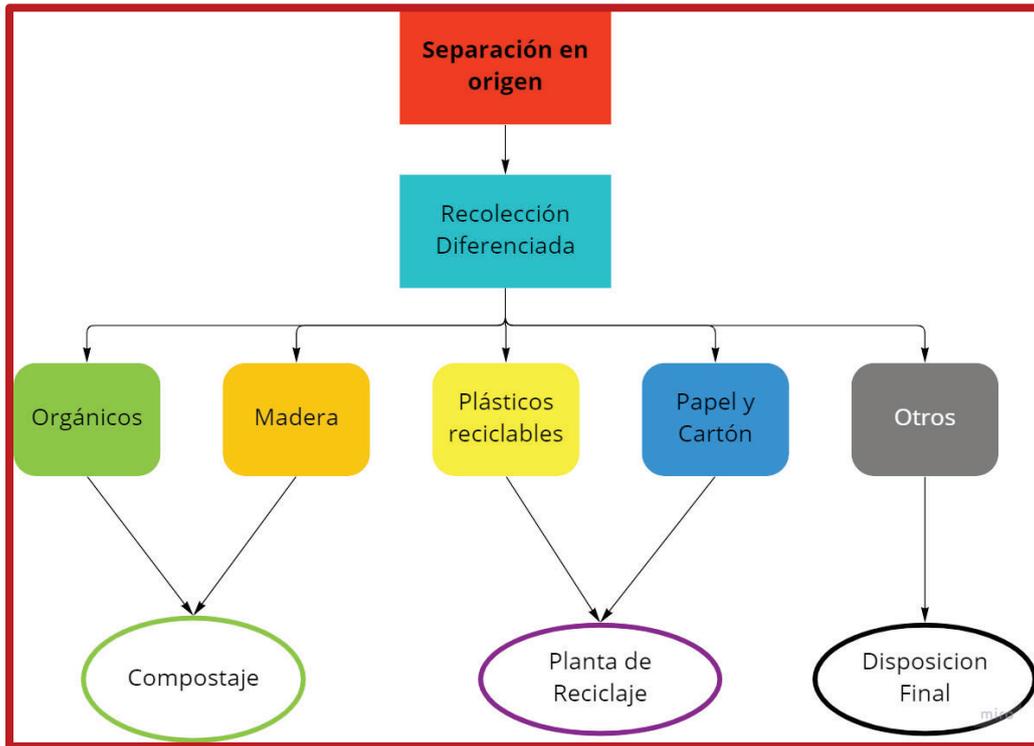


Figura 5-I Diagrama de flujo para Propuesta A

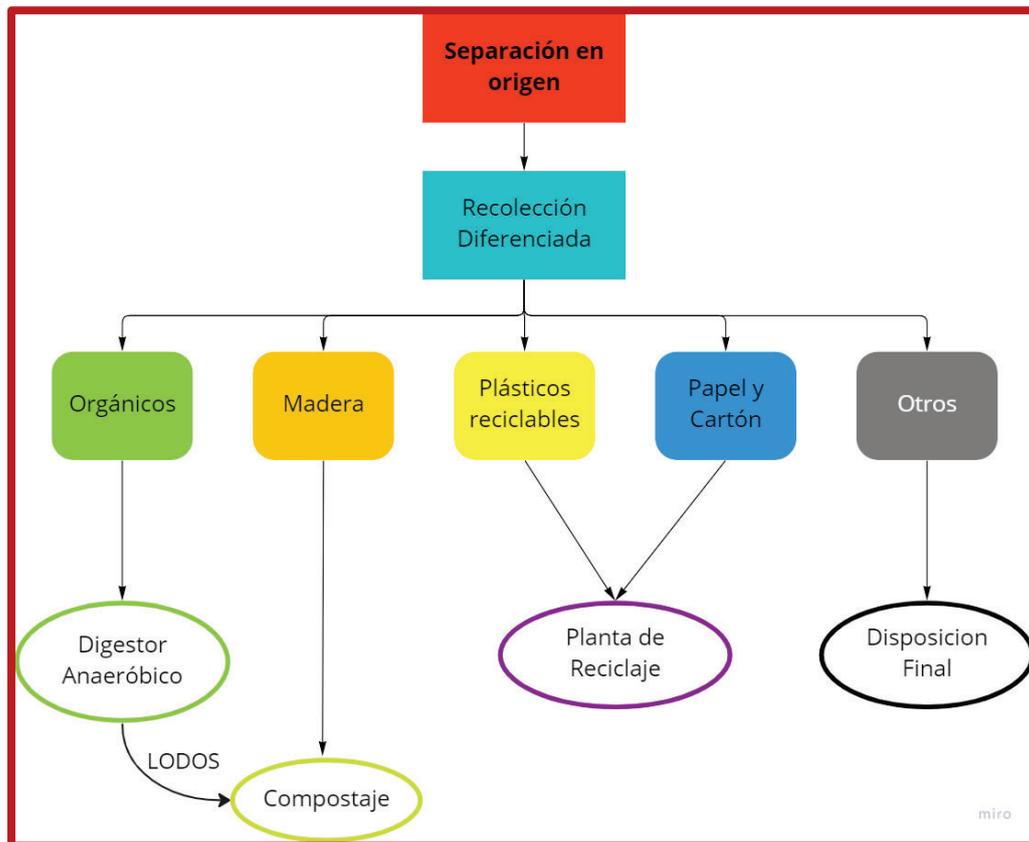


Figura 5-II Diagrama de Flujo para Propuesta B

5.1.1 Proyección de generación de residuos

Para iniciar el diseño y optimización de la gestión integral de residuos sólidos, en este caso, es necesario realizar la proyección de la cantidad de visitantes que tendrá el MCBA en los próximos años para conocer la futura generación de sus residuos. Desafortunadamente, para el caso del MCBA no se cuenta con datos exactos de la cantidad de personas que transitan en el establecimiento por año para poder realizar este cálculo.

No obstante, en el informe de caracterización (INTI M. P., 2016), se tienen los registros de la cantidad de residuos sólidos del MCBA enviados al CEAMSE mensual y anualmente, entre el 2013-2016. Como el informe fue realizado en el mes de agosto del 2016, en el mismo se tomó un promedio de generación mensual para los meses de septiembre a diciembre y así proyectar la generación anual de dicho año.

Por lo tanto, con los datos de generación anual de residuos del periodo 2013-2016, se realizó una proyección, mediante el método de regresión lineal, para calcular la generación del año 2023, comienzo de la gestión, y para el año 2042 ya que se tiene en cuenta 20 años de productividad de la planta de tratamiento de residuos teniendo en cuenta la vida útil de los equipos.

De esta manera, se calculó que, para el primer año de gestión integral de los residuos en 2023, se generarán 51.918,50 t en el MCBA y para el año 2042 incrementará a 107.655 t. Los cálculos realizados se detallan en el capítulo Memoria de cálculo.

5.1.2 Disposición Inicial y Separación en origen

La gestión integral de residuos comienza con la separación en origen en cada área del MCBA. Las corrientes a segregar son aquellas que representan más del 2,5% del total de los residuos generados que se determinaron en el diagnóstico.

Estas corrientes son:

- Orgánicos (solo frutas y hortalizas)
- Cartón y papel
- Plásticos reciclables
- Lodos del lavado de papas
- Restos

Vale aclarar que, para el caso de la corriente de residuos de lodos, se refiere a un semisólido (tierra + agua) que se produce únicamente en el área de lavado de papas y es necesario tenerlo en cuenta porque representa el 95% de los residuos de dicha área. En este capítulo se explicará su tratamiento y destino final del subproducto.

Se procedió a calcular la cantidad de toneladas/día que se generará en el 2042 para cada sector del área de Concesiones y para el área Transaccional. Para ello, se tomó la generación proyectada para dicho año y el porcentaje de residuos que cada actividad aporta al total generado en el MCBA, según lo analizado. Los resultados se detallan en el apartado 5.2 de la memoria de cálculo.

Además, con los datos obtenidos de la caracterización realizada por INTI sobre el porcentaje que cada corriente de residuo representa en las distintas actividades muestreadas, se calculó la cantidad generada por corriente (t/día) para el 2023 y el 2042.

Respecto a los residuos orgánicos del área Transaccional, donde se proyecta que el programa de reducción de pérdidas y valorización de residuos (PRP) se expanda a todos sus pabellones (12 + 6 zonas libres), se calculó las toneladas por día que irán a tratamiento biológico restando, al total de este tipo de residuos, la cantidad de frutas y hortalizas que son separadas como alimento de consumo apto para ser donado. Según el actual coordinador del programa, Fabián Rainoldi, **el porcentaje que es llevado al departamento de Acción Comunitaria representa un 35%, y en la segunda separación que hacen allí, se desecha para tratamiento un 5% de las frutas y hortalizas que se recibieron.**

5.1.2.1 Campaña de concientización

Se realizarán campañas de concientización por promotores ambientales para fomentar desde la recuperación de alimentos, reducción de la generación de residuos hasta la separación correcta de cada corriente, capacitando sobre la aplicación de las 3Rs (Reducir, Reciclar y Reutilizar). A través de diferentes soportes de comunicación como redes y pagina web, videos institucionales, carteles y folletos, se buscará visibilizar e informar sobre todas las etapas de la gestión integral de residuos sólidos del mercado central y sus impactos ambientales positivos. Asimismo, se hará hincapié en la clasificación de los residuos, los colores e íconos identificatorios de cada corriente que se detallan en el apartado de recipientes.

Además, se realizarán capacitaciones trimestrales de la temática de gestión de residuos a todos los trabajadores del MCBA para colaborar en la corrección y mejora continua de la gestión integral de residuos.

5.1.2.2 Plan de incentivo

Se buscará premiar a los productores y comerciantes que separen correctamente sus residuos con beneficios impositivos dentro del MCBA.

En el área transaccional, los comerciantes que se sumen al PRP, tendrán hasta un 50% de descuento en los servicios de alumbrado, barrido y limpieza (ABL) que cobra el MCBA. Por cada kg de residuo orgánico que entreguen para separar, se les entregará un comprobante, válido por ese mes, para ser subido a una plataforma digital y validarlo con el descuento en el servicio. El precio por kg de residuo y el tope de descuento será establecido por el directorio del mercado.

Otra iniciativa será de reducir el ABL al área y/o pabellón “más limpio” de la semana otorgándole un “sello” identificatorio. Se evaluarán a los que cumplan con la correcta separación de cada tipo de residuo en sus respectivos contenedores y que no se arrojen en las calles o andenes, como actualmente sucede.

5.1.2.3 Recipientes

Todas las áreas del mercado central tendrán estaciones ambientales constituidas por recipientes específicos para: residuos orgánicos, plásticos reciclables, papel y cartón, madera y restos (residuos no aprovechables). En el caso de las oficinas, también se segregarán los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

Los recipientes serán del color asignado al tipo de corriente de residuo que contengan, además de poseer un cartel con el nombre y una gráfica de los elementos más característicos. A pesar que la Resolución N° 446/20 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible donde se establecía un código de colores armonizados para la identificación y segregación de residuos domiciliarios se abrogó en 2022, la misma se tomó como referencia para la elección de colores de los plásticos, papel y cartón y los restos no aprovechables. En la

Tabla 5-1 se muestra la clasificación de colores y los carteles por tipo de residuo.

Tabla 5-1 Color y cartel identificatorio de cada tipo de residuo a separar

Corriente a separar	Color del recipiente	Cartel descriptivo
Orgánicos	VERDE	<p>ORGÁNICOS</p> <p>FRUTAS VERDURAS YERBA CAFÉ TÉ</p>
Papel y Cartón	AZUL	<p>CARTÓN Y PAPEL</p> <p>CAJAS HOJAS REVISTAS, FOLLETOS</p>
Plásticos	AMARILLO	<p>PLÁSTICOS</p> <p>BOTELLAS BOLSAS BANDEJAS</p> <p>SÍMBOLOS DE PLÁSTICOS RECICLABLES</p>
Madera	NARANJA	<p>MADERA</p> <p>Restos de cajones de madera Restos de Pallets</p>
Restos/ no aprovechables	NEGRO	<p>RESTOS</p> <p>Restos comida Cigarrillos</p>

Para los RAEE, como monitores, teclados, mouse, no se adjudicó ningún color ya que habrá un área delimitada y techada fuera del edificio administrativo para su separación, donde se colocarán estos residuos en jaulas y luego será llevados para su reciclaje o reparación al Centro Basura Cero, en CABA.

Los tipos y medidas de cada recipiente variarán en cada área según la cantidad generada de residuos. A continuación, se muestran los recipientes elegidos:

- Recipientes Estacionarios
 - *Cestos: 50 litros, variedad de colores*



Figura 5-III Cestos 50 litros. Fuente: Grupo Tigre

Los cestos elegidos permiten su uso sin bolsas, ahorrando dinero y su mecanismo de apertura y cierre es con llave para evitar vandalismo. Se ubicarán, estratégicamente, en el interior de las oficinas, feria de alimentos y pabellones del área transaccional. Sus residuos se desecharán diariamente, por los operarios del servicio de limpieza, a los contenedores de mayor capacidad ubicados afuera de los establecimientos.

- *Contenedores metálicos 1100 litros y 3200 litros, carga lateral y bilateral, variedad de colores.*



Figura 5-IV Contenedor metálico 1100 litros. Fuente: Grupo Tigre.



Figura 5-V Contenedor metálico 3200 litros. Fuente: Grupos Tigre

Estos tipos de contenedores son de material galvanizado y cubiertos de aluminio, haciéndolos resistente a la corrosión. Ambos modelos poseen tapa, en el caso del de 3200 l es basculante bilateral, protegiendo al contenido de factores climáticos y/o animales que se encuentren en el lugar.

En el área transaccional se ubicarán estaciones ambientales compuestas por contenedores de 1100 L para plásticos, y de 3200 L para madera, papel y cartón y restos. En el resto del MCBA, las estaciones ambientales estarán conformadas por

contenedores para orgánicos, además de los cuatro ya mencionados. Las capacidades de cada uno serán de 1100 L o 3200 L según lo generado en cada área.



Figura 5-VI Ejemplo de Estaciones ambientales.

- *Batea de 20 t de carga, volumen 15 m³ con tapa reja tipo "jaula".*

Este tipo de batea será utilizada para contener los residuos orgánicos, rechazados de la separación realizada en el PRP para la selección de alimentos de consumo inmediato, y enviados para tratamiento biológico. Se ubicarán en la salida de los pabellones del área transaccional, 2 en cada uno, y entre las zonas libres (Figura 5-VIII). También se podrán encontrar fuera de la feria de alimentos y del área de lavado de lechugas, debido a su generación mayor a 20 t/d de orgánicos proyectada para 2042.

Este recipiente también será utilizado, en el sector de lavado de papas, para contener el residuo de tierra tipo lodo.

En la Figura 5-VII se observan las ubicaciones de las estaciones ambientales y las bateas para orgánicos en el Mercado Central.

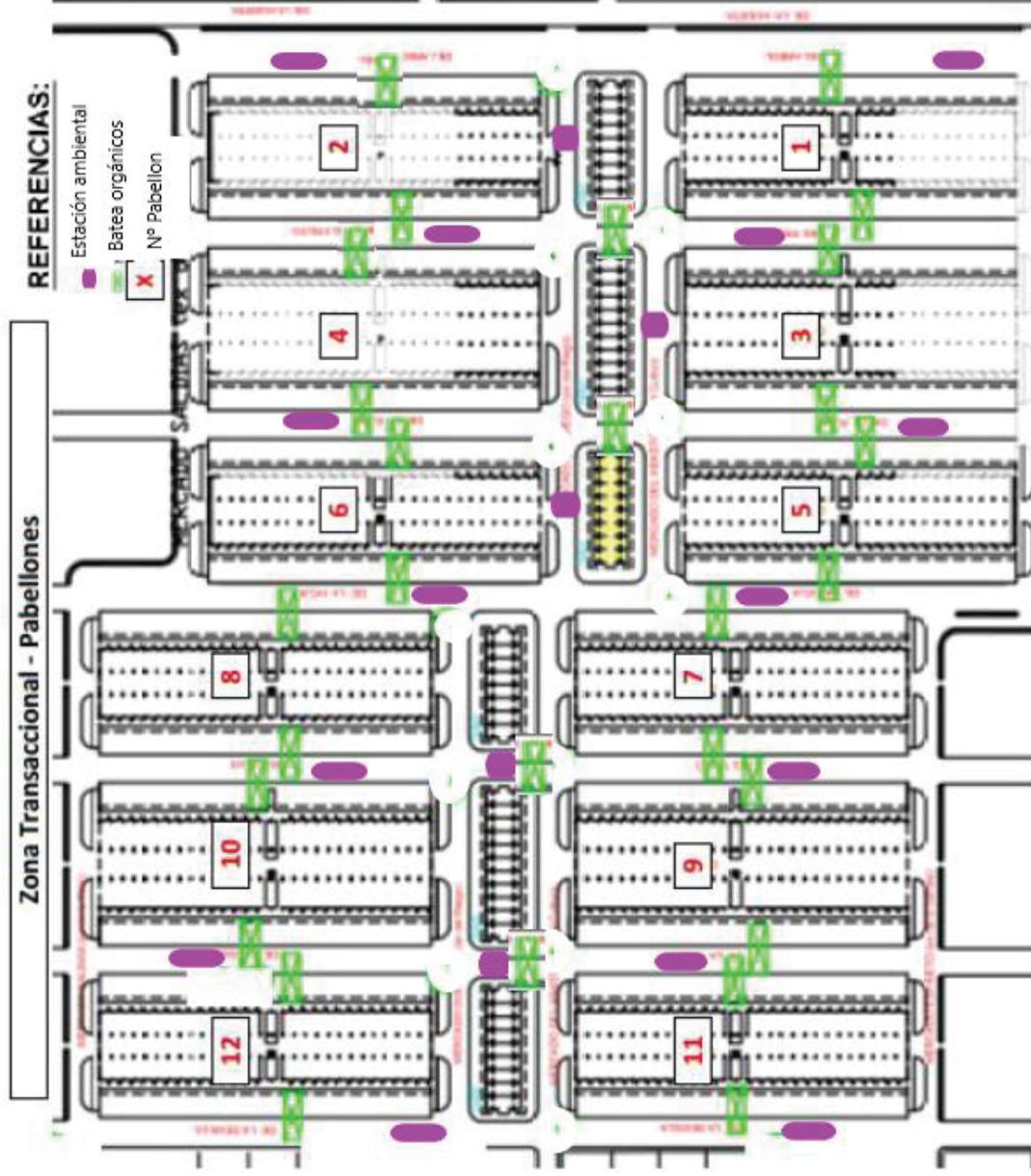


Figura 5-VIII Ubicación de estaciones ambientales y bateas en el área Transaccional. Fuente:Elaboración propia a partir de plano del MCBA.

5.1.3 Recolección diferenciada

Como fue mencionado en el diagnóstico, la recolección de los residuos sólidos del MCBA está a cargo de una empresa elegida a través de licitación pública. No obstante, resulta conveniente presentar una propuesta de recolección para coordinar el trabajo de dicha empresa con el presente proyecto, incluyéndolo bajo adenda en su contrato actual o directamente en las próximas licitaciones.

La organización de la recolección se dividirá en 2 zonas, el área Transaccional y el resto de los establecimientos del mercado. Si bien los camiones compactadores a utilizar serán los mismos en ambas zonas, la frecuencia, días y horarios de recolección de cada corriente de residuo serán distintas. Para el caso de los residuos orgánicos dispuestos en las bateas verdes, serán recogido por el camión roll off, donde el recipiente lleno se acarrea hasta la planta de tratamiento y luego se devuelve vacío al mismo lugar antes de conducir al siguiente recipiente. Los cálculos desarrollados se muestran en el capítulo 5.2.3.

5.1.3.1 Camiones de recolección

Para la recolección diferenciada se utilizarán vehículos compactadores con recolección automatizada de carga lateral para los recipientes de 1100 y 3200 litros. Habrá un mismo camión compactador para la recolección de reciclables y madera (en distintos días de recolección) con un volumen 17 m³ y capacidad de carga de 18 t (Figura 5-IXFigura 1-I). También se usará un segundo camión con las mismas características para los orgánicos del área de concesiones y para los residuos no aprovechables del MCBA. Cabe aclarar que este último camión tendrá una limpieza de su interior en el área de transferencia, después de recolectar cada tipo de residuo para evitar contaminación de las corrientes a tratar.

El camión compactador elegido cuenta con un elevador de contenedores que mueve automáticamente cualquier tipo de contenedor con capacidad de 770 a 3200 litros y es compatible con diferentes tipos de enganches.

FMO	Recolector compactador de residuos de carga lateral.	Modelo	Volumen aprox.	Altura	Chasis	P.T.T.	Caso vehiculo*
		FMO 15	15	2500	4x2	18	4185
		FMO 17	17	2500	4x2	18	4185
		FMO 21	21	2500	6x2	26	3800+1350 ca.
		FMO 23	23	2500	6x2	26	4200+1350 ca.
		FMO 25	25	2500	6x2	26	4500+1350 ca.
		FMO 26	26	2500	6x2	26	4800+1350 ca.
		FMO 28	28	2500	6x2	26	4800+1350 ca.
		FMO 30	30	2500	8x2 (1+3)	32	5000+1350 ca.

Figura 5-IX Ficha técnica de camión compactador modelo FMO17. Fuente: OMBU

Para el caso de los residuos orgánicos que se dispondrán en las bateas verdes, serán recolectados por camiones tipo roll off con una capacidad de carga de 20 t, igual a las bateas.

Tabla 5-2 Datos técnicos de camión roll off. Fuente: SCORZA

	DETALLES TÉCNICOS	ROS/20
	CAPACIDAD DE CARGA	20 Ton.
	CHASIS A UTILIZAR	
	CANTIDAD DE EJES TRASEROS	Doble
	CAPACIDAD DE CARGA	23/24 Ton.
	MEDIDA DE CABINA A EJE TRASERO	4800 mm (c/3º eje adel.)
	COMPAGINACIÓN CHASIS	6×4 – 6×2

5.1.3.2 Frecuencia

Para calcular la cantidad de viajes que deberá realizar cada camión recolector y el tiempo de cada recogida, se tuvieron en cuenta ciertas variables que se detallarán en el siguiente apartado de cálculos, algunas de estas son: capacidad del camión, cantidad de recipientes, volumen de residuos a recolectar por semana, entre otros. A partir de estos cálculos también se determinó cuántos camiones se necesitarán para cada tipo de recolección.

Un factor importante a tener en cuenta para las horas de recolección es que, en el sector mayorista fruti-hortícola, las bateas de orgánicos se deben acarrear a partir de las 12 h, luego de la separación del programa de reducción de pérdidas, hasta las 17

h donde comienzan a entrar los camiones de mercadería y el tránsito se torna difícil de circular. De esta manera, solo se tendrán 5 h diarias para este tipo de recolección.

Los resultados obtenidos llevaron a designar la siguiente frecuencia de viajes por semana para los camiones compactadores (Tabla 5-3 y Tabla 5-4) y para los camiones de acarreo (Tabla 5-5 y Tabla 5-6).

Tabla 5-3 Frecuencia de recolección del camión compactador en área de concesiones

Área Concesiones							Camión Recolector
Corrientes	2023			2042			
	Frecuencia (viaje x semana)	Tiempo de recolección (h/viaje)	Días	Frecuencia (viaje x semana)	Tiempo de recolección (h/viaje)	Días	
<i>Orgánicos</i>	1	1,0	Lu	2,0	1,0	Lu- Ju	A
<i>Plásticos</i>	1	1,7	Ma	2,0	1,7	Ma	B
<i>Madera</i>	2	1,5	Lu- Mi	4,0	1,5	Lu- Ma- Mi- Ju	B
<i>Cartón y Papel</i>	1	1,7	Ju	1,0	1,7	Vi	B
<i>Otros</i>	1	1,7	Vi	2,0	1,7	Ma- Vi	A

Tabla 5-4 Frecuencia de recolección del camión compactador en área transaccional

Área Transaccional							Camión Recolector
Corrientes	2023			2042			
	Frecuencia (viaje x semana)	Tiempo de recolección (h/viaje)	Días	Frecuencia (viaje x semana)	Tiempo de recolección (h/viaje)	Días	
<i>Orgánicos</i>	-	-	-	-	-	-	A
<i>Plásticos</i>	1	1,9	Ma	1	1,9	Ma	B
<i>Madera</i>	1	1,9	Lu	2	1,9	Lu	B
<i>Cartón y Papel</i>	1	1,9	Ju	1	1,9	Vi	B
<i>Otros</i>	1	1,9	Vi	2	1,9	Ma- Vi	A

En la recolección de acarreo del área de Concesiones, además de los residuos orgánicos, se agregó el transporte de los lodos generados en el lavado de papas que serán guardado en bateas de 20 t para luego ser descargados en la playa de secado. Éstas bateas serán lavadas al igual que los camiones recolectores ya mencionados.

Tabla 5-5 Acarreo de residuos orgánicos en batea del área de concesiones y lodos del lavado de papas.

Área Concesiones						
	2023			2042		
Sector	Frecuencia (viaje x semana)	Tiempo de recolección (h/viaje)	Días y Horario	Frecuencia (viaje x semana)	Tiempo de recolección (h/viaje)	Días y Horario
<i>Feria de alimentos y Lavado de Lechugas</i>	3	3,3	Lu-Mi-Vi (8 -11.30 h)	6	3,3	Lu a Vi (8-11:30 h) Sab (18 - 21:30 h)
<i>Feria de pollos y cámaras frutihortícola</i>	1	2	Ju (8-10 h)	1	2	Ju (6-8 h)
<i>Lodos de lavado de papas</i>	3	0,65	Lu-Mi-Vi (11:30h)	5	0,65	Lu a Vi (11:30h)

Tabla 5-6 Acarreo de batea de orgánicos en área transaccional.

Área Transaccional			
	2023 – 2043		
Pabellones del Área Transaccional	Frecuencia (viaje x semana)	Tiempo de recolección (h/viaje x batea)	Días y Horarios
<i>Pabellones 1 a 6 + 3 zonas libres</i>	3	0,7	Lu-Mi-Vi (12 a 17) h
<i>Pabellones 7 a 12 + 3 zonas libres</i>	3	0,7	Ma-Ju-Sab (12 a 17) h
Camiones roll off	2		

5.1.3.3 Personal de recolección

En el caso de los camiones compactadores, al poseer una carga automática de los contenedores, solo es necesario una persona (conductor) para realizar toda la operación de manera ágil y sencilla. Sin embargo, en los camiones roll off se necesitarán dos personas, el conductor y el operario encargado de enganchar la batea para el izaje y su carga sobre la plataforma roll off.

5.1.3.4 Residuos a disposición final

La corriente de residuos denominada “restos”, donde se encuentran aquellos residuos no aprovechables, serán recolectados por el camión compactador y llevado al área de transferencia de residuos del MCBA. Allí, serán acopiados y luego serán cargados a una batea de 30 m³. Finalmente, con un camión tipo roll off, serán pesados antes de salir del mercado y transportados a su disposición final el relleno sanitario del CEAMSE.

5.1.4 Planta de tratamiento de residuos

Se propone el diseño de una planta de tratamiento que se ubicará dentro del MCBA, en un predio con un área total de 40.000 m², donde se recibirán para tratar a los residuos orgánicos y a los residuos reciclables (Figura 5-X).



Figura 5-X Ubicación del predio para la Planta de Tratamiento (verde). Fuente: elaboración propia

El predio estará compuesto por:

1. Área de recepción de residuos
2. Nave de reciclaje
3. Planta de tratamiento biológico
4. Playa de secado de lodos de lavado de papas

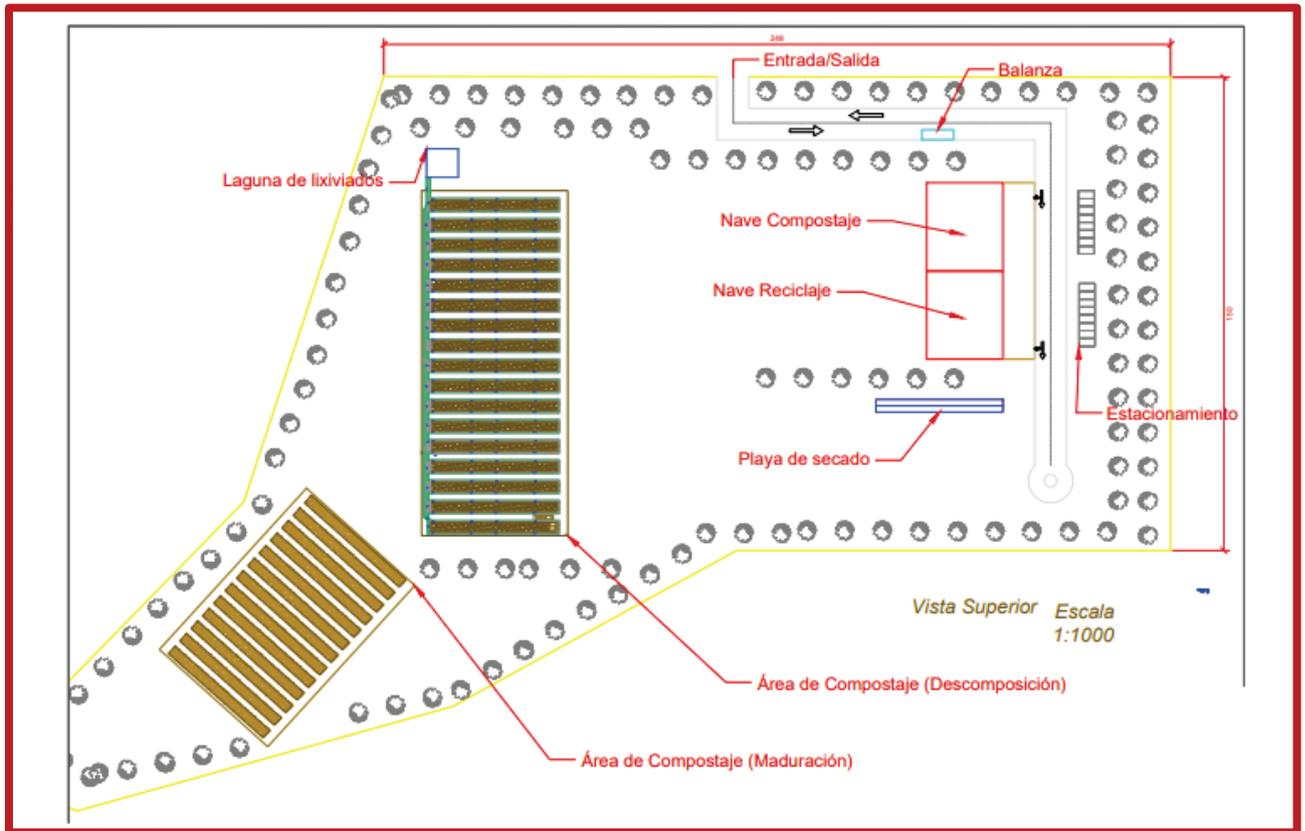


Figura 5-XI Plano de planta de tratamiento de los residuos del MCBA. Elaboración propia

5.1.4.1 Recepción

En la entrada de la planta, se ubicará un operario de seguridad junto una barrera, quien estará encargado de registrar nombre del conductor, patente de camión, horario de entrada y tipo de residuos a descargar. Luego, pasarán obligatoriamente por una báscula industrial para pesar su carga antes de ser descargada en la zona de acopio. Aquí, otro operario tomará registro de la tara junto con la fecha, horario de recepción y el tipo de residuo cargado.



Figura 5-XII Báscula electrónica para pesar camiones. Fuente: Magnino

Se eligió la báscula electrónica modelo MGF-1050M de Magnino (Figura 5-XII), de 10 m x 3,2 m y con una capacidad para 50000 kg para poder soportar más de la capacidad de carga que los camiones recolectores tendrán.

5.1.4.2 Planta de reciclaje

La planta de reciclaje que recibirá los plásticos recolectados del mercado central contará con:

- Área de descarga y acopio
- Área de clasificación
- Acondicionamiento
- Almacenamiento y recolección

Se buscará priorizar la integración de recuperadores urbanos en las distintas etapas del reciclaje, reconociendo su gran capacidad de clasificación de los materiales a reciclar y otorgándoles un trabajo formal con ingreso fijo. Asimismo, serán incluidos en el programa de capacitaciones trimestrales del MCBA, para capacitarlos sobre seguridad e higiene laboral, economía circular, etc.

5.1.4.2.1 Área de descarga y acopio

El camión compactador, luego de pasar por la zona de recepción y pesaje, se dirigirá a la planta de reciclaje donde deberá volcar los residuos plásticos en una tolva situada en el piso.



Figura 5-XIII Ejemplo de tolva para la descarga de residuos, con cinta elevadora. Fuente: Deisa

La tolva tendrá integrada una cinta transportadora que, con un sistema de tacos, ira recolectando los plásticos de la tolva hasta elevarlos a la zona de clasificación. Como se muestra en la Figura 5-XIII, la cinta comienza desde el fondo de la tolva a recoger los residuos, sin necesidad de cargarlos con una pala. Para las dimensiones, se fijó un alto total de 3 m (2 m en tolva y 1 m sobre el piso) y un ancho standard de 1,5m. Los cálculos para las medidas de largo y grado de inclinación se detallarán en el siguiente apartado de memoria de cálculo.

Tabla 5-7 Dimensiones de tolva de descarga de residuos plásticos

	Volumen (m ³)	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)
Tolva	24	6,0	6	2

Tabla 5-8 Dimensiones de cinta elevadora desde tolva

Cinta transportadora	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)	Angulo de inclinación
tramo inclinado	1,5	3,0	4,9	33,7

5.1.4.2.2 Área de clasificación

Sobre una cinta transportadora recta, con 8 m de largo y a 1 m del piso, se realizará una separación manual de los residuos pasticos. Se clasificarán los siguientes plásticos:

PE – Polietileno de alta (PEAD) y baja densidad: en general son envases de PEAD soplado (lavandina, champú), film de distintos usos (bolsa camiseta, silo bolsa, termocontraible, streech), etc.

- PET – Polietileno tereftalato: fundamentalmente proviene de botellas de gaseosas, aguas y aceites. Los mismos pueden ser reciclados con tecnologías aprobadas para estar nuevamente en contacto con alimentos.
- PP - Polipropileno: utilizado en films de envases de galletitas, snacks, muebles plásticos, etc.

Se dispondrán 3 recipientes cuadrados de 1m x 1m de cada lado de la cinta, uno específico **para cada tipo de plástico reciclable**. Estos estarán ubicados entre los operadores, 2 de cada lado (4 total), por lo tanto, cada uno estará a cargo de separar 2 tipos de residuos.



Figura 5-XIV Cinta transportadora y recipientes para la clasificación de plásticos. Fuente: DEISA

El rechazo de la clasificación continuará el camino sobre la cinta hasta otra cinta elevadora que descargará estos residuos en un volquete para luego, ser dirigido al sitio de transferencia del MCBA.

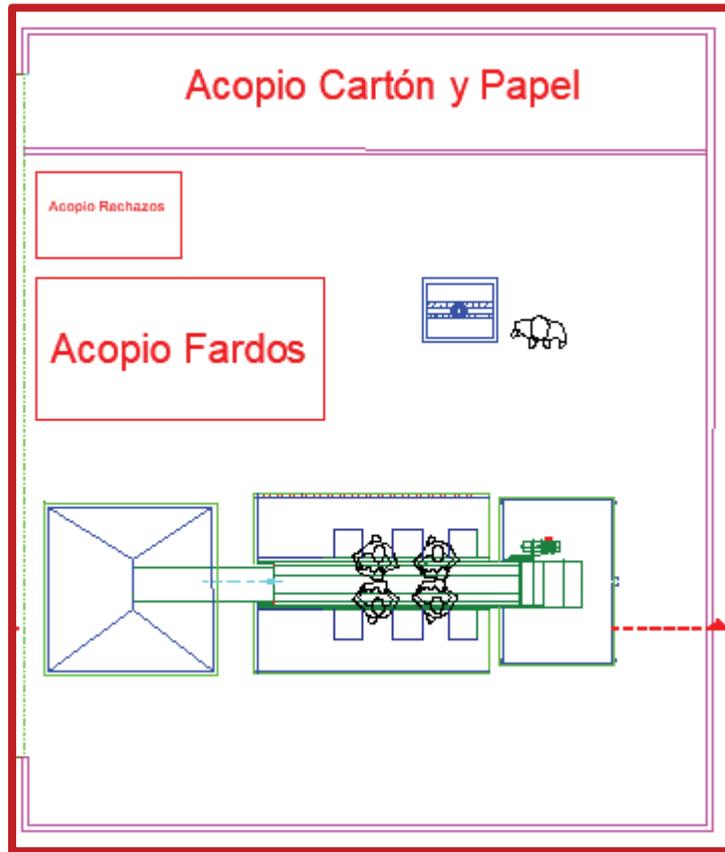


Figura 5-XV Plano de nave de reciclaje, vista superior. Elaboración propia.

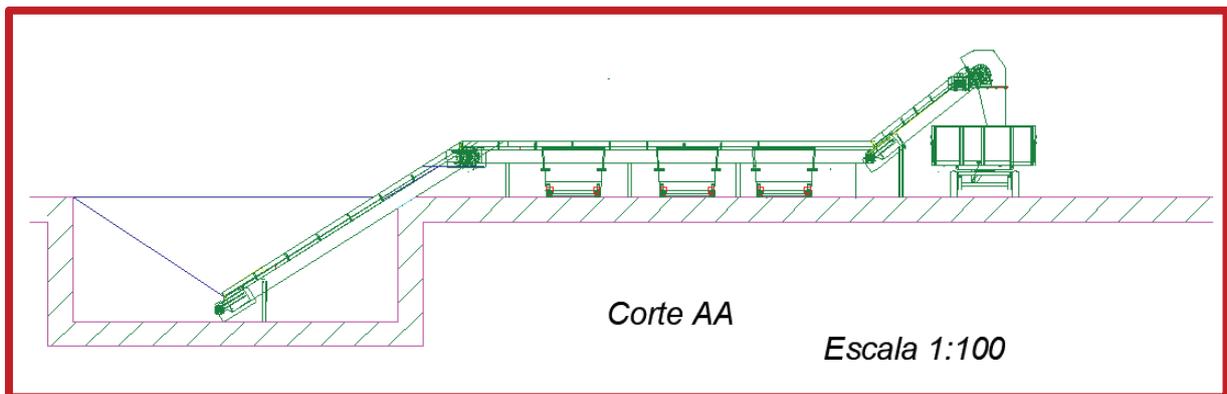


Figura 5-XVI Plano de Corte de tolva y cinta de clasificación de pasticos reciclables. Elaboración propia

5.1.4.2.3 Área de acondicionamiento

Los recipientes cargados de plástico reciclable serán dirigidos hacia el área de acondicionamiento donde se enfardarán con una prensa vertical hidráulica (Figura 5-XVII).



Figura 5-XVII Prensa vertical hidráulica. Fuente: Deisa

La prensa modelo DEISA EV 05 tiene una fuerza compactadora de 20 t y produce fardos de 0,9x0,6x0,9 m en 30 segundos. El equipo será operado por 2 personas, uno que traerá los recipientes cargados a la zona de prensado y luego llevará los fardos al acopio, mientras el segundo ingresará el material por la cámara superior y ejecutará el prensado.

MODELOS		DEISA EV 05
Tamaño de la máquina	m	1,5 x 1 x 2,95
Tamaño del fardo	m	0,9 x0,6 x 0,9
Peso del fardo (cartón - papel)*	kg	190 - 220
Peso del fardo (plástico) *	kg	160 - 260
Fuerza compactadora	kg	20000
Potencia del Motor	hp	7,5
Tiempo de Compactación	seg	30
Peso de la máquina	kg	980
Tipo de flejado		Manual

Figura 5-XVIII Ficha técnica de la prensa hidráulica Modelo DEISA EV05

5.1.4.2.4 Área de almacenamiento y recolección de fardos

Detrás de la prensa se ubicará el área donde se acopiarán los fardos hasta ser trasladados por el transportista habilitado hacia la industria recicladora de plásticos. El área tendrá un sector para cada tipo de plástico: fardos de PE, PET, PP ya que los

recicladores a veces reciben solo un tipo de plástico dependiendo la industria a la que provee. Los fardos se cargarán con una pala cargadora en la caja abierta del camión, distribuyéndose 12 fardos en dos filas (superior e inferior).

5.1.4.2.5 Acopio de cartón y papel

La planta de reciclaje tendrá un lugar para la descarga y acopio de los residuos de papel y cartón. Aquí los recuperadores informales podrán ingresar y retirar la cantidad de material que deseen, pesándolo en la báscula de camiones a la salida.

Los materiales serán controlados y registrados al momento de su retiro, entregándoseles al personal de la cooperativa que los recupera actualmente. Si bien los recuperadores serán independientes del MCBA, estarán incluidos dentro de la gestión integral y se le exigirá participar de los programas y seminarios para capacitarse en las temáticas relacionadas su trabajo.

Se decidió no reciclar este tipo de material en la planta porque, históricamente en el MCBA, este tipo de residuos ha sido recolectado y reciclado por recuperadores informales provenientes de diversas cooperativas. Con el fin de no interferir en su trabajo, se optó por controlar el proceso a través del pesado y separación en origen los cartones y papeles, evitando que los recuperadores tengan que buscar y revolver entre otros residuos del mercado, y acopiarlos en la zona designada de la planta.

De esta manera, no sólo se evita que los recuperadores revuelvan los residuos dentro de las bateas en busca de cartón, sino también se tendrá transparencia en la cantidad de este tipo de residuos generados en el MCBA y cuánto es retirado por los recuperadores. Así, se podrán obtener estadísticas de generación y analizar su disminución con la aplicación de programas de recuperación y reciclaje.

5.1.4.3 Playa de secado de lodos de lavado de papas

Los lodos provenientes del lavado de papas serán recolectados en bateas y descargados en la playa de secado. La misma será sobre un terreno acondicionado mediante la compactación mecánica del suelo y un aditivo para compactar y estabilizar el mismo. Este aditivo líquido será ProteX Mejorador de suelos, en la Figura 5-XX se ilustra el proceso de impermeabilización con el agregado del mismo.



Figura 5-XIX Ejemplo de compactación mecánica del suelo. Fuente



Figura 5-XX. Colocación del aditivo para compactación

5.1.5 Planta de tratamiento biológico de Propuesta A: Compostaje

Para la **propuesta A** de tratamiento de los residuos, el tratamiento biológico elegido para los residuos orgánicos es el **compostaje**.

Como se mencionó en apartados anteriores, en el MCBA ya se realiza el compostaje de un porcentaje de los residuos de frutas y hortalizas del área Transaccional. Sin

embargo, la planta actual de compostaje debe ser optimizada y para ello, se requiere acondicionar las instalaciones además de adquirir nuevos equipamientos necesarios para completar su capacidad operativa. Hoy en día, con los equipamientos y logística existente, se procesan 11.430 kg/día de residuos orgánicos que corresponden solamente al 30,25% de los residuos generados.

Ya han sido solicitados por parte del mercado, equipamientos como un tromel y chipeadora, un rotovalor y una cargadora de mayor capacidad. El tromel y la chipeadora ya se encuentran en las instalaciones del mercado, pero aún no se ha integrado a la planta de compostaje, dado que hace falta la construcción del galpón donde colocados los equipamientos, como también un control de ingreso al predio por temas de seguridad.

En este sentido, reviste de importancia señalar **algunos aspectos técnicos que se requieren para el acondicionamiento de la planta existente** de manera que no genere impactos ambientales mayores a los que genera el tratamiento en sí.

Área de compostaje

Para el acondicionamiento de la zona donde se realizará el compostaje se incorporarán los siguientes elementos:

- *Doble cerco perimetral*: se colocará un cerco de valla y otro con vegetación natural para evitar el ingreso de personas no autorizadas y la entrada de animales que puedan dañar el proceso de compostaje.
- *Señalización*: se dispondrán carteles para indicar los sectores de la planta, las áreas del compostaje y señales para indicar los pasillos y dirección de tránsito correspondientes a las máquinas y personas.
- La *zona de descomposición* estará impermeabilizada con platea de hormigón con un espesor de 0,3m a fin de lograr un coeficiente de conductividad hidráulica de 1×10^{-7} m/s. Además, el piso tendrá una pendiente del 2% para que escurran los lixiviados hacia el sistema colector. La zona de maduración no necesita ser impermeabilizada ya que en esta etapa el compost ya no produce lixiviados.
- *Sistema de colectores pluviales y captación de lixiviados*: La red de recolección de lixiviados de la planta de compostaje tendrá dos líneas. Una corresponde a la

nave de compostaje donde se recolectará los líquidos provenientes de la descarga (o recepción) de los residuos orgánicos y su trituración, la otra estará en la zona de descomposición de hileras. Ambas líneas tendrán una leve pendiente (2%) hacia la laguna de lixiviados donde será el reservorio para luego ser utilizados en el riego de las hileras. Los líquidos se recolectarán en los colectores con rejillas dispuestas en dichas áreas y transportados en caños de PVC 110mm debajo del suelo desde las naves hasta la laguna.

Controles del compost

Durante el proceso de compostaje, mediante una sonda diseñada por especialistas del INTA, se medirá periódicamente de forma continua la temperatura y humedad de los residuos en descomposición en las pilas. El dispositivo (Figura 5-XXI) será alimentado con pilas recargables a través de un panel solar y estará sincronizado a una red de estaciones telemétricas para generar información disponible de forma online para ser consultados en computadoras o celulares.



Figura 5-XXI Sensor para medir temperatura y humedad del compost. Fuente: INTA

Por otro lado, se procedió a revisar el cálculo del área de compostaje y evaluar los equipamientos requeridos para la optimización de la planta. Esto se realizó en función

de la cantidad de residuos orgánicos y de chips a compostar, teniendo en cuenta una proyección de 20 años. Estos cálculos se desarrollarán en profundidad en la memoria de cálculo.

En el siguiente diagrama de flujo se observan las etapas de este tratamiento.

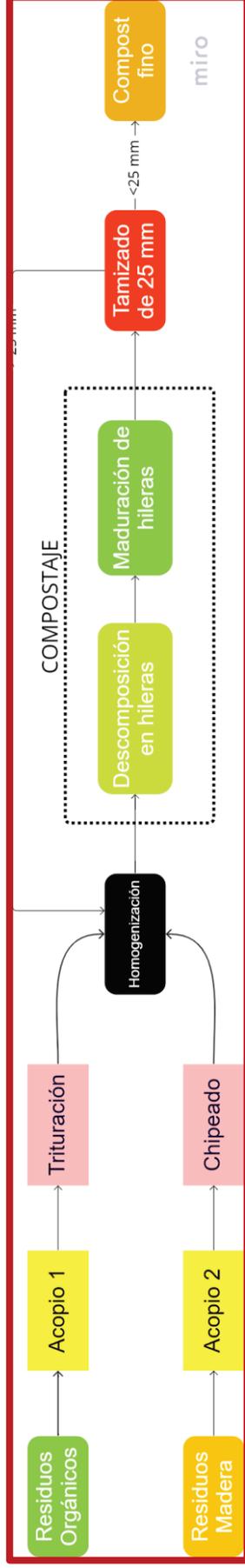


Figura 5-XXII Diagrama de flujo del tratamiento de compostaje-Propuesta A.

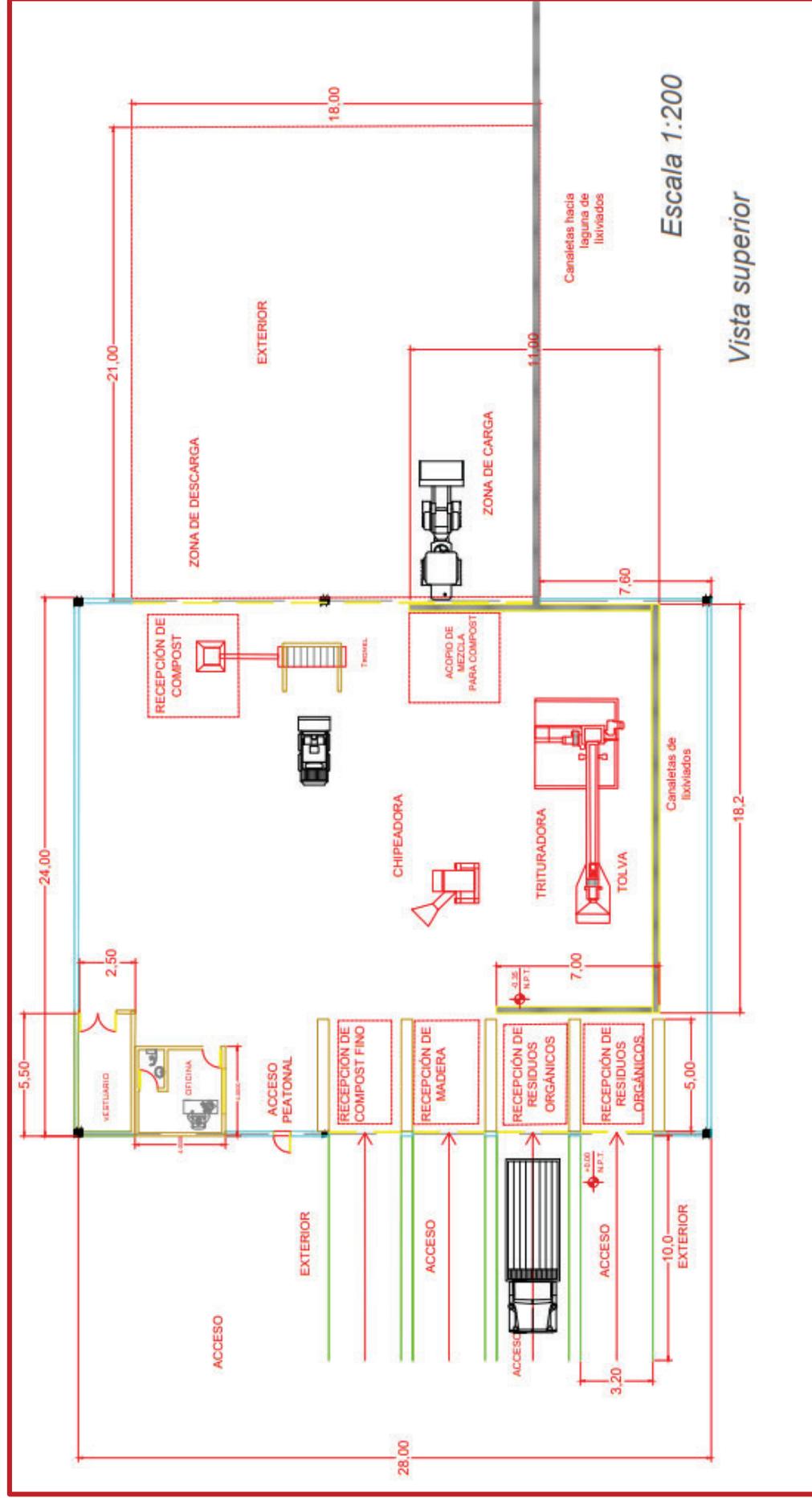


Figura 5-XXIII Plano de nave de compostaje. Elaboración propia.

5.1.5.1.1 Área de Acopio

Los camiones que ingresan, tanto con los residuos orgánicos (fracción frutas y hortalizas, FyH) como de chips, serán descargados directamente en el área de acopio designado a cada uno. Habrá dos celdas para los orgánicos y una los chips, de 3,2m de ancho (siendo mayor que el ancho del camión compactador), 5 m de largo y paredes de 2m de alto.

Los pisos de los lugares de acopio serán impermeables construidos con hormigón y los correspondientes a los residuos orgánicos tendrán, además, una inclinación de 1% hacia la canaleta para recoger los líquidos de los restos de frutas y hortalizas. Las paredes también serán de hormigón para establecer las condiciones de seguridad en el caso de un incendio del material ignifugo, los chips, en este caso.

5.1.5.1.2 Pretratamiento

5.1.5.1.2.1 Trituración

Los residuos orgánicos pasarán por un pre-tratamiento mecánico donde se reducirá el tamaño de la fracción FH y de esta manera, aumentará la superficie de accesibilidad de los microorganismos al residuo debido al rompimiento de largas estructuras en cadenas cortas, mejorando la velocidad y eficiencia de la hidrólisis.

Se eligió un molino modelo DEISA MP800 (Figura 5-XXIV) diseñado para triturar, mediante un sistema de martillos intercambiables, la fracción orgánica antes de ser dirigida a compostaje. El equipo cuenta con una tolva de alimentación y una cinta de elevación que transporta los residuos al molino.

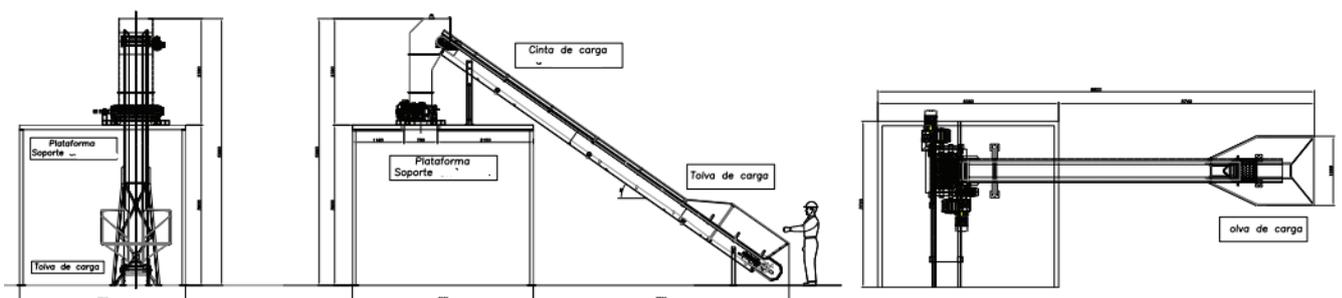


Figura 5-XXIV Planos de la trituradora molino DEISA MP800. Fuente: DEISA

Dos operarios estarán a cargo de cargar manualmente con una pala los residuos orgánicos dentro de la tolva de alimentación de la trituradora. Luego una pala

cargadora trasladará el producto triturado al área de homogenización para su mezcla con el chip. El área designada para el molino de trituración tendrá canaletas con rejillas conectadas a la red de canaletas para los lixiviados de recepción.

5.1.5.1.2.2 *Chipeado*

Los residuos de madera serán triturados con una chipeadora modelo DEISA CH750, capaz de procesar 8 t por hora y una potencia de 40 CV.



Figura 5-XXV Chipeadora DEISA CH750. Fuente: Deisa

El chipeado estará a cargo de dos personas, una que llevará la madera acopiada a la zona con una pala, y la otra encargada de ingresar los trozos de poda y ramas a la máquina.

5.1.5.1.3 *Homogenización*

Para armar las pilas de compostaje, previamente se mezclará 50% del triturado de los residuos orgánicos y 50% del chipeado. Esto se realizará utilizando una mini pala cargadora (Minicargadora Bobcat 773) que recogerá el triturado y el chipeado para ser descargados luego en la zona delimitada dentro de la nave para la mezcla. Con la misma máquina se realizarán volteos pequeños en el lugar para asegurar la homogenización del preparado para el compostaje.



Figura 5-XXVI Pala cargadora para mezcla previa a compostaje. Modelo: Minicargadora Bobcat 773.

5.1.5.1.4 Compostaje en hileras

El proceso de compostaje se hará en hileras estáticas con volteos para airear y homogeneizar el compost en descomposición, siendo uno de los métodos de bajo costo de inversión y operacional, sin embargo, para garantizar la calidad del compost producido se deben ejercer controles diarios. Se contará con una pala cargadora (Luzhong 935b) con capacidad de carga de 1 m³ o 2 t, que recogerá la mezcla desde la nave y la descargará en la zona de compostaje al exterior (Plano N°1) .



Figura 5-XXVII Pala cargadora Luzhong 935b. Fuente: Agroads.

Las pilas tendrán una longitud de 40 m (Plano N°2), con una sección de forma rectangular cuyas dimensiones estarán sujetas a la maquina elegida para volteo. En este caso, será la removedora de compost RCO de la empresa El Pato Máquinas Agrícolas SRL, desarrollada con asistencia técnica con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA (Figura 5-XXVIII). El equipo presenta un nuevo diseño de rotor que permite trabajar con mayor velocidad, aumentando la cantidad de m³ por hora, de esta manera, logra mayor eficiencia y menor costo operativo. Además, cuenta con un sistema de aspersion por gravedad para el riego de la pila que no requiere la utilización de una bomba, disminuyendo drásticamente el costo de mantenimiento.



Figura 5-XXVIII Removedora de compost RCO con aspersion. Fuente: El Pato maquinas agricolas SRL.



Figura 5-XXIX Removedora de compost RCO en acción, traccionada por una pala cargadora.

Fuente El Pato Maquinas Agricolas SRL.

La volteadora puede procesar pilas de hasta 2 metros de ancho y 1,50 m de altura máxima y estará traccionada con la misma pala cargadora que transporta la mezcla desde la nave a la zona de compostaje (Figura 5-XXVII). De esta manera, el área para cada hilera será del ancho total de la maquina removedora de (3,15m), para los pasillos entre pilas se tomará en cuenta el ancho de la pala cargadora (2,2m) y para los pasillos perpendiculares se determinó 3 m.

Los volteos se realizarán 1 o 2 veces por semana, dependiendo las condiciones del compost y climáticas, por ejemplo, en verano con temperaturas altas las pilas pueden perder humedad y levantar temperatura más rápidamente, por lo que requerirán mayor cantidad de volteos. Se recalca, que la necesidad de volteos se determina a partir de los registros de los parámetros temperatura y humedad.

En el caso de baja humedad de las pilas, se regarán con la removedora elegida que posee un tanque con mecanismo de riego, reutilizando los lixiviados de la zona de descomposición que serán recolectados en una laguna. Hay que resaltar que el riego solo se realizará en la primera etapa del compostaje debido a su alta actividad microbiana para degradar los compuestos presentes en los lixiviados.

Para el proceso de compostaje, se estima que las hileras estén 6 semanas en la etapa mesofílica (50-55°C) y la termofílica (55-60°C) realizando la descomposición de los materiales. Luego, tras comprobar que las variables de control estén en niveles aptos, se trasladarán con una pala cargadora a la zona de maduración para el proceso de

estabilización (mesofílica II, 15-35°C) del compost durante 8 semanas. Por lo tanto, se espera que el compostaje tenga una duración total de 14 semanas.

Teniendo en cuenta la proyección de generación de cada residuo, las dimensiones de las pilas y la cantidad de días para cada etapa de compostaje, se calculó el área de descomposición y de maduración necesaria tanto para el año 2023 como también para el 2042. En la

Tabla 5-9 Áreas de compostaje para 2023 y 2042.

Tabla 5-9 se detallan las áreas para cada etapa y en la Figura 5-XXX y Figura 5-XXXI se muestran su ubicación en el predio de la planta de tratamiento.

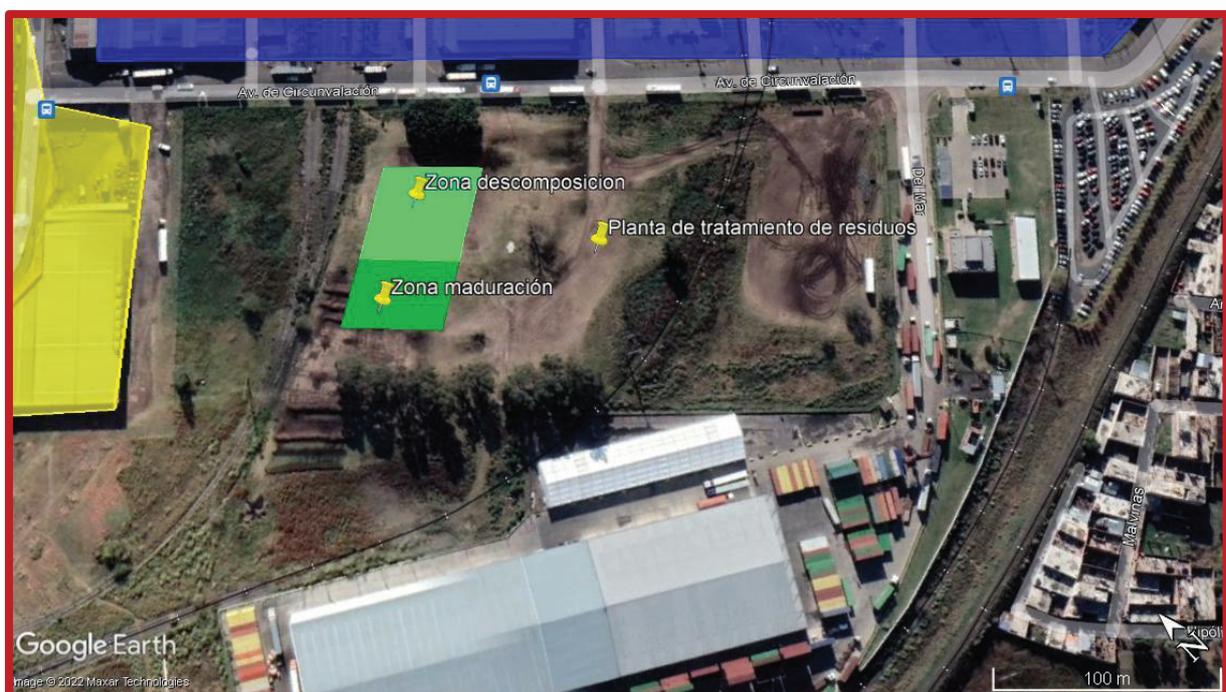


Figura 5-XXX Áreas de compostaje 2023

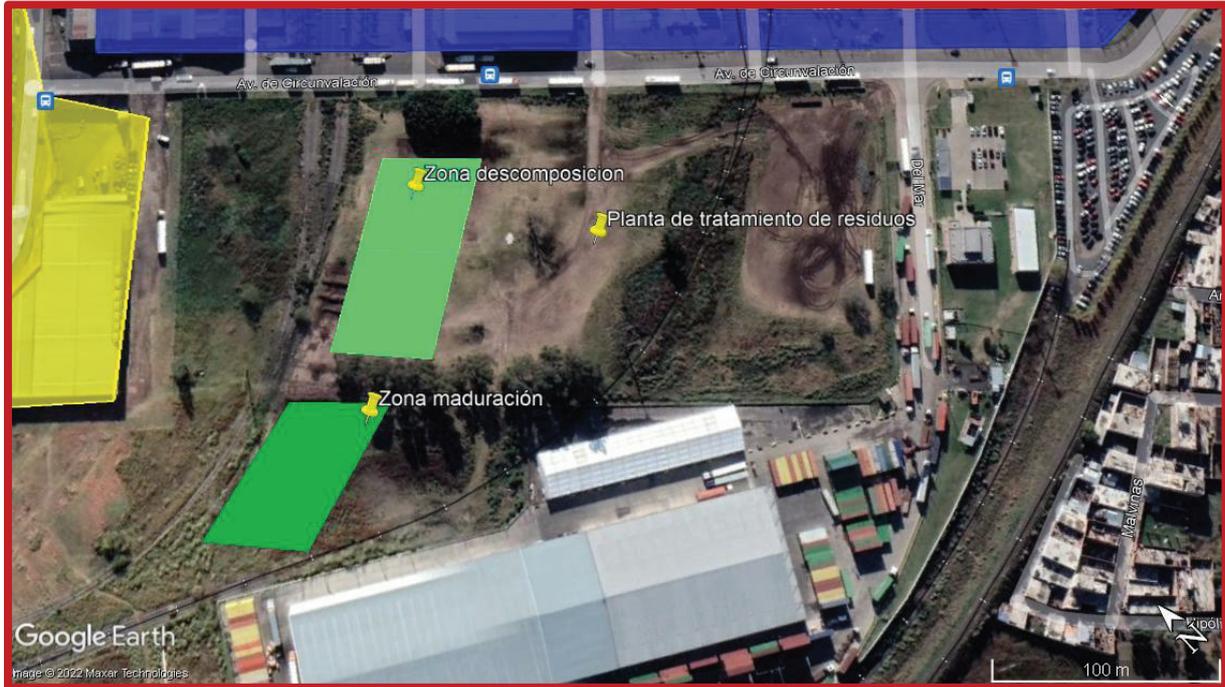


Figura 5-XXXI Áreas de compostaje 2042

Tabla 5-9 Áreas de compostaje para 2023 y 2042.

	Área para descomposición	Área para maduración	Área total para compostaje
AÑO	m ²	m ²	m ²
2023	2018	1514	3532
2042	4205	3154	7359

5.1.5.1.5 Tamizado

Al finalizar el proceso de maduración de las pilas, el compost será transportado con pala cargadora hacia la zona de tamizado, dentro de la nave. Aquí se ubicará el tromel DEISA Zaranda de compost ZT390 (Figura 5-XXXII) que, junto con una tolva de alimentación unida a una cinta transportadora elevada, tamiza el compost a una granulometría <25 mm.



Figura 5-XXXII Trómel para tamizado de 25 mm con tolva de alimentación. Fuente DEISA.

El compost fino obtenido se recolecta con la pala cargadora Bobcat y lo descarga en la zona de acopio designado para el mismo (Figura 5-XXIII). Este lugar tendrá una puerta de acceso para la carga de los camiones, tal como lo tienen las zonas de acopio de madera y residuos orgánicos. Aquí, se homogeneizará con la tierra obtenida del secado de lodos de papas, el cual será monitoreado y controlado previamente para corroborar su estabilización.

El compost permanecerá acopiado por lo menos un día para que se le realicen los análisis necesarios dispuestos en la Resolución Conjunta (1/2019)- SENASA y secretaria de Control y Monitoreo Ambiental, para determinar a qué categoría de compost, A o B, pertenece. Si resulta apto para comercialización, será entregado a una cooperativa para su fraccionamiento y luego, donado a organizaciones sociales, a municipios aledaños o intercambiado por material de poda si es que faltase madera para chipear ya que por políticas del MCBA no puede ser comercializado como producto y obtener ganancias.

El compost con granulometría mayor a 25 mm, que queda en el centro del tromel, luego será utilizado en la mezcla junto al triturado y el chipeado para volver a ser compostado.

5.1.5.1.6 Drenaje y laguna de lixiviados

La recolección de lixiviados se realizará instalando un sistema de canaletas de PVC (200 mm x 50mm) a lo largo de cada hilera y al final de las mismas en la zona de descomposición, contemplando una pendiente adoptada en el terreno de aproximadamente del 2% (MMAyA, VAPSB, & DGGIRS, 2012). Éstos serán dirigidos hacia la laguna de lixiviados que se ubicará al costado del área de pilas (Plano N°2).

La laguna estará impermeabilizada con una geomembrana de polietileno con espesor de 200 micrones. Para conocer el volumen de lixiviados generados durante el proceso de compostaje, se debe tener en cuenta los líquidos provenientes de la pérdida de agua contenida naturalmente en los residuos orgánicos y los efluentes pluviales provenientes de la zona de compostaje.

La laguna de lixiviados también recolectará los líquidos que se desprenden de los residuos orgánicos recepcionados en la nave de compostaje y en el momento de ser triturados.

Como los lixiviados recolectados en toda la planta serán utilizados para el riego de las hileras en la etapa de descomposición, es necesario conocer un estimado de la cantidad de líquido que se necesitará para el riego de las mismas, con el propósito de tener la humedad suficiente para esta etapa (40-60%). Los cálculos realizados se detallan en el apartado de memoria de cálculo.

5.1.5.1.7 Plan de monitoreo ambiental de la planta

Luego de realizar la línea de base ambiental (Capítulo 8), se diseñó el plan de monitoreo que se desarrollara en el predio de la planta de tratamiento de residuos:

- Monitoreo de aguas subterráneas: 4 freáticos, 1 aguas arriba y 3 aguas abajo de la zona en que está ubicada la planta de compostaje. Deberán tener un diámetro de al menos 4", suficiente como para coleccionar las muestras; revestidos y tapados en su parte superior para evitar la contaminación. Los parámetros a controlar son: conductividad eléctrica (CE), color, pH, cloruros, turbidez, Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitrógeno total Kjeldhal, nitrógeno amoniacal, sulfatos, alcalinidad total (expresada como HCO_3^- o $\text{CO}_3^{=}$), dureza total (expresada como CaCO_3), calcio, magnesio, potasio, fosfatos, sodio, arsénico,

manganeso, mercurio, níquel, sodio, cadmio, cianuro, cinc, cobre, cromo total, hierro total, plomo.

- Monitoreo de calidad de aire: se realizará un monitoreo de olores, material particulado en suspensión y gases difusos.
- Control de plagas: desinfección dentro y en alrededores de la planta para evitar riesgos sanitarios asociados a aves, insectos, roedores y otros vectores.

Las mediciones y controles sobre el compost se realizarán en el propio laboratorio de calidad del MCBA. Los demás controles sobre el ambiente se deberá contratar servicio de monitoreo ya que no se cuenta con los instrumentos y tecnología necesaria en el mercado.

5.1.5.1.8 Registro de operaciones

Incorporación de un “Libro de operaciones” conformado por los siguientes elementos:

1. Registro de ingresos /admisibilidad:

- fecha de ingreso de los materiales
- lugar de procedencia (generador)
- tipo y cantidad (en kg o t) de residuo
- identificación de la empresa que efectúa el transporte

2. Registro de proceso:

- tipo, origen y cantidad de residuos que conforman cada lote
- acción: chipeo, conformación de pila, volteo, riego, cosecha, si se incorpora algún tipo de aditivo
- mediciones de temperatura y humedad
- número y fechas de los volteos y riego de corresponder
- duración de la fase activa y fase de maduración
- resultados de los análisis
- toda observación o contingencia, incluyendo variación del tratamiento (disminución o cese) debida a tareas de mantenimiento u otros adicionales que facilite la evaluación del control del proceso.

3. Registro de salidas: registro de la producción del material compostado indicando su destino.

Asimismo, deberá indicar cantidad, tipo y destino final del rechazo si lo hubiera.

5.1.6 Planta de tratamiento biológico de Propuesta B: Digestión anaeróbica

La segunda alternativa que se propone para el tratamiento de los residuos orgánicos es la digestión anaeróbica. En esta alternativa, la nave será de menor tamaño comparado con la de compostaje ya que tendrá solo el lugar de acopio para los residuos orgánicos, la oficina, vestuario y zona de trituración. Todo el sistema de digestión anaeróbica se ejecutará en el exterior.

Para este tipo de tratamiento, se decidió diseñarlo en módulos, es decir, un sistema de digestión anaeróbica para la primera etapa de 10 años y una ampliación a partir del año 2032 para poder cumplir con la capacidad a tratar hasta el año 2042.

Al momento de diseñar, se observó que los caudales de entrada proyectados eran altos por lo que se decidió comenzar los cálculos proyectando dos sistemas de digestión anaeróbica idénticos que funcionen en paralelo.

Cada sistema de digestión anaeróbica consistirá en:

- Un tanque de carga donde se almacenarán los residuos orgánicos ya triturados;
- Un digestor anaeróbico de forma cilíndrica vertical con cúpula móvil de geomembrana como gasómetro;
- Un reservorio del digerido;
- Área de compostaje de lodos;
- Sistema de captación y filtración del biogás.

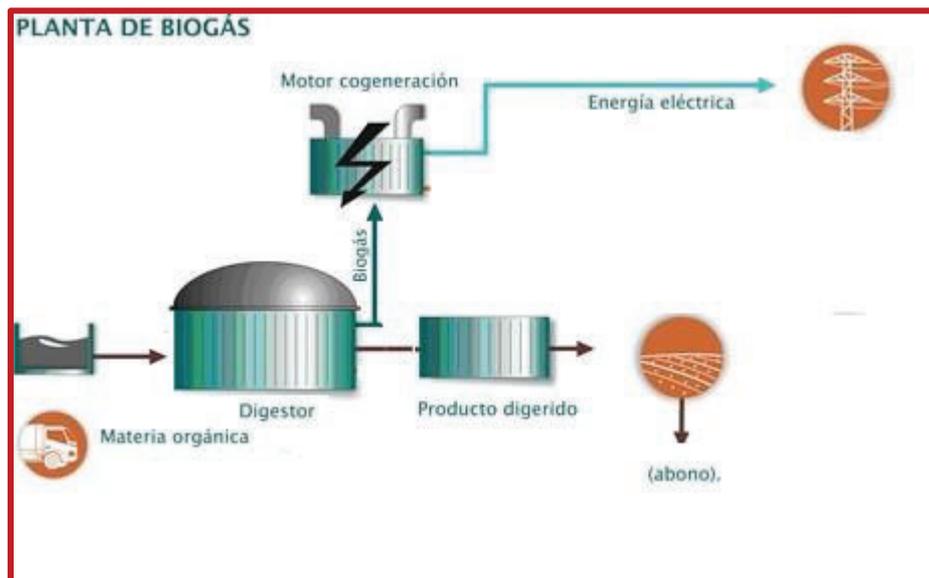


Figura 5-XXXIII Esquema de un sistema de digestión anaeróbica.

Sistema de digestión anaeróbica

5.1.6.1 Tanque de alimentación

Los residuos orgánicos triturados serán cargados con una pala cargadora (Luzhong 935b) y depositados en un tanque cilíndrico abierto de hormigón para ser almacenados antes de dirigirse al digestor, lo que se llama una introducción indirecta.

El tanque estará semienterrado para que la pala pueda descargar el triturado y con el volumen necesario para almacenar la carga de hasta dos días. El tanque de hormigón tendrá paredes de espesor 0,3m como se recomienda en el libro (Moncayo, 2020). Las dimensiones calculadas se detallarán en la memoria de cálculo.

El tanque de alimentación tendrá un agitador tipo turbina o hélice, recomendado para sustrato húmedo. Luego de calcular la potencia necesaria para el volumen de la mezcla del tanque, se eligió el agitador lateral modelos AH.L3 de MYV MIXING con una potencia de 3 HP (Figura 5-XXXIV).

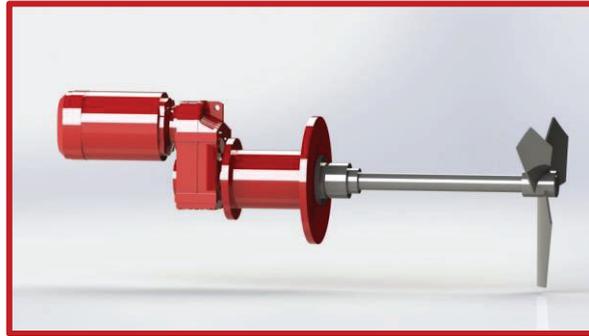


Figura 5-XXXIV Agitador lateral modelo AH.L3 MYV MIXING.

5.1.6.2 Sistema de bombeo a digestor

La biomasa contenida en el tanque de carga será conducida hacia el digestor anaeróbico a través de un sistema de tuberías y bomba. El material elegido para las tuberías de conducción es PVC de alta densidad (PE 100) las cuales tienen un espesor mayor de pared para resistir la agresividad que puede tener el sustrato.

Para impulsar el caudal de alimentación al digestor (calculado en el siguiente apartado) se eligió la bomba PC Transfer Pump, modelo C21 del proveedor de equipamiento ambiental Sulzer Digestor anaeróbico.

Como ya se mencionó, el sustrato a ser digerido serán los residuos de frutas y hortalizas luego de ser triturados, aumentando su superficie de contacto. El tipo de reactor elegido para este proyecto es un reactor de mezcla completa sin recirculación, uno de los más utilizados actualmente en nuestro país para digestión húmeda, debido a que los residuos a tratar tienen una concentración de sólidos totales (ST) menor al 15% (Tabla 5-10). Con este tipo de digestores se puede trabajar de forma continua o semi continua, en este caso se alimentará de forma continua debido a la gran cantidad de residuos orgánicos que se reciben a diario (Tabla 5-11). Se trabajará en condiciones mesofílicas, a 25 °C.

Los procesos anaeróbicos, al igual que muchos otros procesos biológicos, son fuertemente dependientes de la temperatura. Las bacterias metanogénicas son extremadamente sensibles a la temperatura, por lo que variaciones bruscas de temperatura en el digestor pueden gatillar la desestabilización del proceso. Por ello, para garantizar una temperatura homogénea en el digestor dentro del rango mesofílico (25°C) de manera sencilla y económica, el sistema contará con una adecuada aislación al estar enterrado (3 metros debajo nivel del suelo). Además, será

construido con hormigón armado con un espesor de 30 cm y contará con un aislante térmico en los muros de 10 cm de poliuretano expandido y un revestimiento con una lámina trapezoidal de un metal galvanizado de 40 mm de espesor el cual protegerá al material de aislamiento de los efectos del clima.

Para el diseño de un digestor, se caracterizó el sustrato con datos bibliográficos como se muestran en la Tabla 5-10. En primer lugar, se verificó el cumplimiento de la relación C/N óptima del sustrato para el correcto desarrollo de la biomasa anaerobia (C/N = 19) (INTI, 2021). También, se verificó la concentración de sólidos totales que ingresará al digestor (8,9 %ST), ya que la carga debe tener entre un 6% a 12%ST para un correcto funcionamiento de los digestores continuos (Energia, 2017).

Tabla 5-10. Características del sustrato

Características del sustrato			
Parámetro	Cantidad	Unidad	Fuente
Densidad	0,75	t/m ³	"Caracterización de frutas y hortalizas del MCBA", INTI, 2021
Ph	6		"Caracterización de frutas y hortalizas del MCBA", INTI, 2021
C/N	18,8		"Caracterización de frutas y hortalizas del MCBA", INTI, 2022
Sólidos totales (ST)	8,9	% m/m	Effect of Organic Loading Rates (OLR) on Production of Methane from Anaerobic Digestion of Vegetables Waste, Babaee y Shayegan, 2013
Sólidos volátiles respecto sólidos totales	95	%	Effect of Organic Loading Rates (OLR) on Production of Methane from Anaerobic Digestion of Vegetables Waste, Babaee y Shayegan, 2014
Sólidos volátiles (SV)	8,455	% m/m	calculado
Eficiencia de degradación de SV	75	%	Effects of temperature and mixing modes on the performance of municipal solid waste anaerobic slurry digester", Azadeh Babaei & Jalal Shayegan

Para mantener la mezcla en el interior del digestor continuamente homogénea y evitar que se generen flóculos de aquellos materiales menos densos e la superficie, se debe colocar un agitador. Existen varios tipos de agitadores para los digestores anaeróbicos, en este caso, debido al volumen y la forma cilíndrica que tendrá, se decidió por un agitador lateral como se muestra en la Figura 5-XXXV. El modelo elegido se conforma de un eje de 7,5m y está hecho de diversos aceros para evitar

su corrosión. También, se determinó la utilización de dos unidades en simultáneo de modo que, la potencia entregada por los mismos sea menor a la máxima y ante la eventualidad de un desperfecto técnico en una de las unidades, se pueda continuar operando con la unidad restante.



Figura 5-XXXV Agitador lateral. Fuente: MyV Mixing.

Como ya se mencionó anteriormente, para los primeros 10 años se proyectan dos sistemas de digestión anaeróbica idénticos funcionando en paralelo, por lo tanto, los caudales volumétricos de entrada de cada digestor es la mitad de lo que entra a la planta en cada año (Tabla 5-11 y Tabla 5-12). Además, se eligió para el diseño del dimensionamiento del digestor, un tiempo de retención hidráulica de 30 días.

Tabla 5-11. Caudales del sustrato al entrar a la planta

Año	Caudal másico (t/d)	Caudal volumétrico (m ³ /d)
2023	45,0	60,0
2032	67,0	89,3

Tabla 5-12. Caudales de entrada a un digestor

Año	Caudal másico (t/d)	Caudal volumétrico (m ³ /d)
2023	22,5	30,0
2032	33,5	44,7

La puesta en marcha abarca desde la inoculación hasta, luego de un aumento progresivo en las cantidades alimentadas, la operación del biodigestor durante al menos 3 semanas con las cantidades finales de operación. Así, se corrobora que en esas condiciones el sistema permanece estable. Puede prolongarse entre 30 y 60 días, dependiendo del inóculo, el sustrato elegido y la temperatura ambiente del momento. (Energía, 2017). Antes de cargar el sustrato, se deberá verificar su pH. En caso de ser $\text{pH} < 6$ o $\text{pH} > 8$, se deberá corregir con el agregado de un ácido o una base en caso de ser necesario, para acercarlo a 7.

Para la inoculación, se tomarán los microorganismos anaeróbicos de un reactor Imhoff perteneciente a un sistema de tratamiento de efluentes cloacales. Dicha planta ha caracterizado al inóculo con 16 % m/v ST, el cual se corrobora con los rangos variables encontrados en bibliografía de 21% ST (Kassongo J, 2022).

Al introducir el sustrato al digestor en estado continuo, se irá desplazando el volumen líquido existente en su interior, rebotando por la salida la misma cantidad de mezcla ya digerida. Para asegurar el equilibrio hidráulico, es necesario fijar la altura a la que estará colocada la tubería de salida del digestato ya que ésta será la que determine el nivel del líquido existente en el digestor. Por lo tanto, el rebase de la conexión de salida deberá coincidir con la altura del líquido en el digestor, es decir a 6 m.

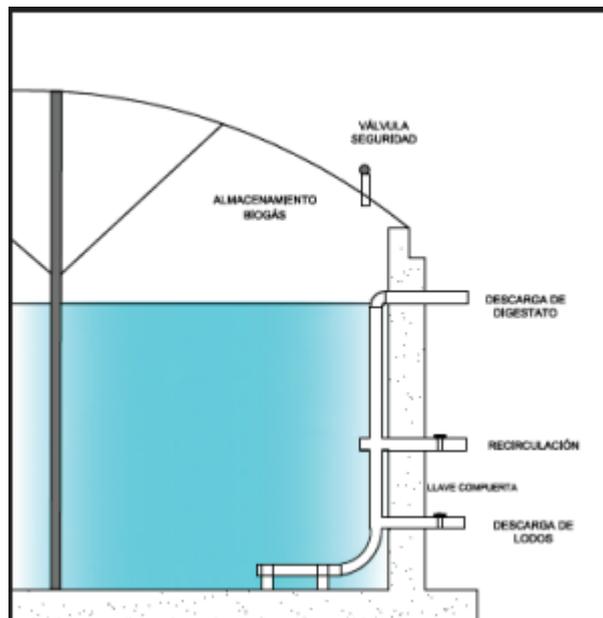
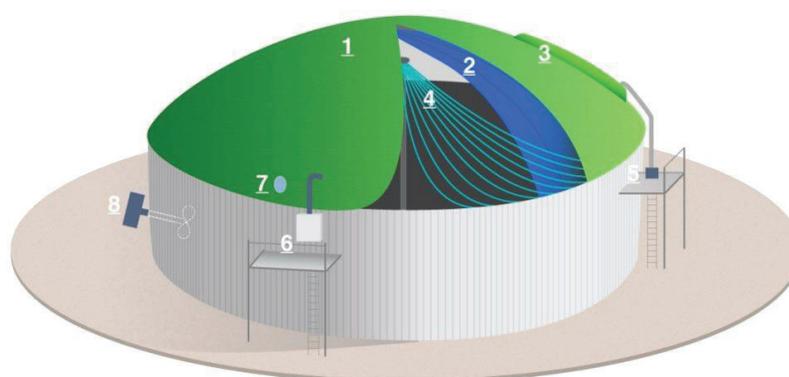


Figura 5-XXXVI Esquema de descarga del digestivo. Fuente: Guía del Instalador

5.1.6.3 Gasómetro

La cubierta elegida para el digestor anaeróbica es de doble membrana montada directamente encima del mismo. Al no ser rígida, va a permitir que el mismo digestor actúe como gasómetro. La doble membrana consta de una exterior encargada de darle forma y otra interior, que cumple con la función de cerrar herméticamente el fermentador. Un soplador en funcionamiento continuo transporta el aire en los espacios vacíos, manteniendo así, la presión constante independientemente de la producción y la demanda del biogás. La presión en los espacios vacíos cumple con la función de conservar la forma de la membrana exterior garantizando así que el gasómetro sea resistente a todo tipo de carga externa.



GASOMETRO DOBLE MEMBRANA AGITACIÓN LATERAL



- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Membrana exterior | 5 Ventilador |
| 2 Membrana interior | 6 Válvula sobre presión i depresión |
| 3 Entrada de aire | 7 Mirilla |
| 4 Sistema limitación de bajada | 8 Agitador |

Figura 5-XXXVII Esquema del gasómetro de doble membrana. Fuente: Upbiogas

5.1.6.4 Sistema de captación del biogás

El sistema de captación de biogás se divide en dos líneas:

- a) Extracción y conducción para la generación de energía eléctrica
- b) Extracción para combustión en antorcha de seguridad.

5.1.6.4.1 Soplador/compresor de biogás

Tienen como objetivo movilizar el biogás, cuando las características del digestor no permiten el almacenamiento a una mayor presión y requiere de apoyo adicional. Adicionalmente, los sopladores son utilizados en los digestores de doble membrana, inyectando aire entre ambas membranas, permitiendo mantener la presión del biogás

siempre constante independiente de la generación y consumo. Existen variados tipos, donde los sopladores más comunes corresponden a las turbinas canal lateral (100 – 500 mbar) y lobulares rotativos (hasta 900 mbar). En el caso de los compresores, destacan los de pistón y paletas (2 – 5 bar).

5.1.6.4.2 Tuberías

Las tuberías de captación del biogás para su aprovechamiento como energía, se encontrarán ubicadas en la parte superior del tanque, atravesando la parte superior de la pared del digestor que sostiene la membrana. El tubo de conducción debe tener una pendiente hacia el digestor para que los condensados no escurran fuera del digestor. Estas tuberías serán de acero inoxidable de pared gruesa con un rango de presión mayor a 1 MPa o 145 PSI para evitar accidentes por ruptura de líneas de conducción del biogás (Moncayo, 2020).

5.1.6.4.3 Válvulas arrestallamas o corta llamas

La función de las válvulas corta llama es la de detener y extinguir cualquier frente de llamas que se propague a través de la mezcla de vapor/aire inflamables en condiciones de emergencia. Estas se ubicarán antes y después del soplador, como recomienda la bibliografía (Ávila, 2018), para proteger el equipo de daños catastróficos que puede provocar una ignición no controlada.

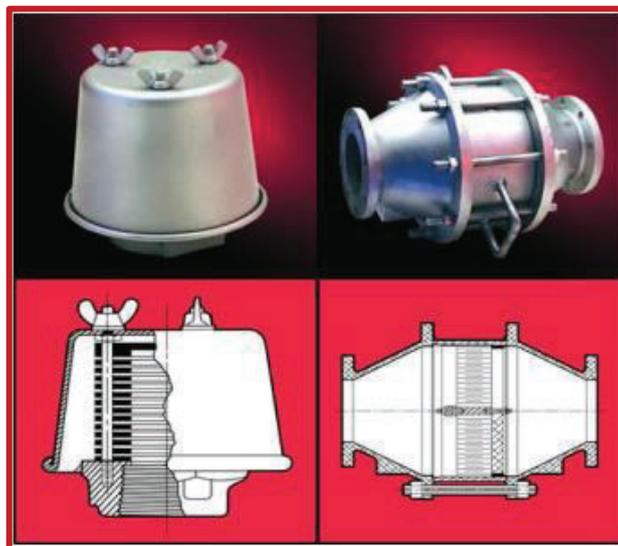


Figura 5-XXXVIII Arrestallamas. Fuente: Protectoseal.

5.1.6.4.4 Válvula de presión

La válvula de sobre o baja presión forma parte de la seguridad de un gasómetro, al liberar de forma automática el exceso de presión o compensar la depresión.



Figura 5-XXXIX Válvula sobre presión. Fuente: Upbiogas

La válvula de seguridad elegida es de Upbiogas, fabricada en acero inoxidable la cual trabaja en un rango de -1 a 40 mbar. La misma estará instalada en la pared del digestor a 1 m por debajo de la tapa del mismo.

a) Extracción para combustión en antorcha de seguridad

5.1.6.4.5 Antorchas de seguridad

Cumplen la función de liberar y combustionar el gas de forma segura y controlable en situaciones de emergencia, evitando su emisión directa a la atmósfera. Adicionalmente, se utilizan para eliminar los excedentes de gas y las puntas producidas en caso de parada de los quemadores o motores.



Figura 5-XL Antorcha AQL. Fuente: Aqualimpia.

5.1.6.5 Sistema de purificación de biogás

5.1.6.5.1 Eliminación del H₂S

El sulfuro de hidrogeno (H₂S) contenido en el biogás va formando sarro que se pega en las paredes de las tuberías de conducción, reduciendo su diámetro y taponándolas después de un par de años de operación, hasta sellarlas totalmente. El H₂S también daña y corroe las partes metálicas de los generadores y quemadores de las calderas.

Es por esto que se instalará un filtro de H₂S antes del generador para eliminarlo completamente. Este puede tener como medio filtrante carbón activado impregnado con óxido de hierro para separar el H₂S mediante absorción química catalítica (el H₂S se divide en los constituyentes azufre y vapor de agua).

5.1.6.5.2 Condensador

Corresponde a dispositivos de captura del agua y sedimentos condensados en la red de gas. Recordemos que el biogás posee vapor de agua que, al disminuir su temperatura, condensa en las tuberías. La no extracción de estos condensados y sedimentos conlleva problemas en la red, daños en los equipos e inclusive problemas de seguridad, pudiendo producir taponés hidráulicos aumentando la presión del

Los motores a biogás para la generación eléctrica tienen establecidos como límite máximo de contenido de humedad un rango comprendido entre el 70 y el 80%. Por esta razón es necesario disminuir, en dicha corriente, tanto el contenido de humedad como el de partículas. Las trampas de condensado y sedimento deben ser instaladas en los puntos bajos de la red de gas. Es importante recalcar que las redes deben tener una pendiente de por lo menos 1%, favoreciendo el transporte de los condensados y sedimentos a los puntos más bajos donde se ubican las trampas. Para poder determinar el tamaño de las trampas, se debe estimar la cantidad de condensado generado y el tiempo de acumulación que se desee antes de requerir un vaciado del mismo

5.1.6.5.3 Generador de energía eléctrica

El biogás producido en el digestor será conducido hacia un equipo generador para transformar al gas, a alta presión, en energía eléctrica. La elección del equipo se detalla en la memoria de cálculo.

5.1.6.5.4 Laguna de almacenamiento del digestato

El digestato es el subproducto estabilizado semi-líquido resultante de la digestión anaerobia y tiene un uso potencial como fertilizante orgánico. Puede aplicarse de forma directa, o previa separación en dos fracciones, sólida y líquida. La utilización del digestato como fertilizante puede proporcionar soluciones prácticas que aumenten la rentabilidad de los proyectos de biogás. (Ávila, 2018)

La laguna de almacenamiento dispondrá de una entrada de la mezcla digerida que proviene del digestor, por gravedad. Se contará, además, con un pozo de bombeo para la extracción de los lodos que se asienten en el fondo de la misma.

La laguna tendrá una forma rectangular, cubierta con una membrana impermeable. Se ubicará en la zona baja del terreno y tendrá una profundidad de 1,5 m, según la bibliografía consultada (Moncayo, Romero, 2020).

La fase líquida del digerido será muestreada para caracterización y deberá cumplir con los parámetros de calidad establecidos en la Tabla N°1 del Anexo V de la Res. 19/2019, para poder ser utilizado en agricultura. De cumplirse, el producto será repartido entre los productores del MCBA, entre aquellos que verifiquen que sus suelos son aptos para dicha aplicación según lo estipulado en el artículo 14 de la

misma resolución. En el caso contrario, se puede evaluar la posibilidad de su uso para riego en áreas verdes, con previa dilución ya que puede contener alto contenido de sales y dañar la vegetación.



Figura 5-XLI Laguna de descarga. Fuente: Moncayo ,2020.

5.1.6.5.5 Bomba de succión

Como en toda planta de proceso, se debe prestar cuidado en la selección de la bomba apropiada y recordar que las bombas no se seleccionan por potencia, sino que, por su punto de operación, indicando caudal y presión.

Dentro de las bombas más utilizadas en la industria se encuentran las bombas centrífugas autocebantes (rodetes revestidos en polímero), bombas de tornillo, peristálticas y vortex para lodos, ya sea para extracción o recirculación. (Ávila, 2018)



Figura 5-XLII Bomba para extracción de lodos de laguna. Fuente: Aqualimpia

5.1.6.5.6 Extracción de lodos

Los lodos depositados en la laguna de almacenamiento del digestato, se pueden extraer y secar por varios métodos. Uno de ellos es la deshidratación natural o manual, una operación física utilizada para reducir el contenido de humedad de lodo y, por ende, su volumen para ser más fácilmente manipulable y transportable. Sin embargo, esta técnica de secado conlleva algunos riesgos ambientales, principalmente, la potencial presencia de microorganismos patógenos y/o pesticidas.

Otra opción es el proceso de compostaje, el cual nos garantiza una estabilización del lodo y le agrega valor como producto al poder ser utilizado como enmienda gracias a sus propiedades húmicas finales. En este caso, el compost generado tendría el mismo uso. No obstante, el compostaje requiere de grandes áreas para su proceso de varias semanas y debido a que la planta de digestión anaeróbica se proyecta con una ampliación de un tercer digestor, el predio no tendrá el espacio suficiente para el incremento de hileras.

De esta manera, se decidió que los lodos de la laguna serán extraídos por una bomba y cargados a un camión para ser transportados a una planta de tratamiento.

5.2 Memoria de cálculo

En este apartado se desarrollarán los cálculos que fueron necesarios para el diseño y dimensionamiento de todas las etapas de la gestión integral de los residuos sólidos del MCBA de ambas propuestas.

5.2.1 Proyección de generación

Como se ya se explicó en el apartado descriptivo, para la proyección de los residuos generados solo se tenían disponibles los datos del periodo 2013-2016 (Tabla 5-13).

Tabla 5-13 Datos disponibles de generación de residuos, periodo 2013-2016. Fuente: elaboración propia.

Año	Generación total de residuos(t/año)	Fuente
2013	22396,37	CEAMSE
2014	24726,24	CEAMSE
2015	30596,25	CEAMSE
2016	30218	INTI

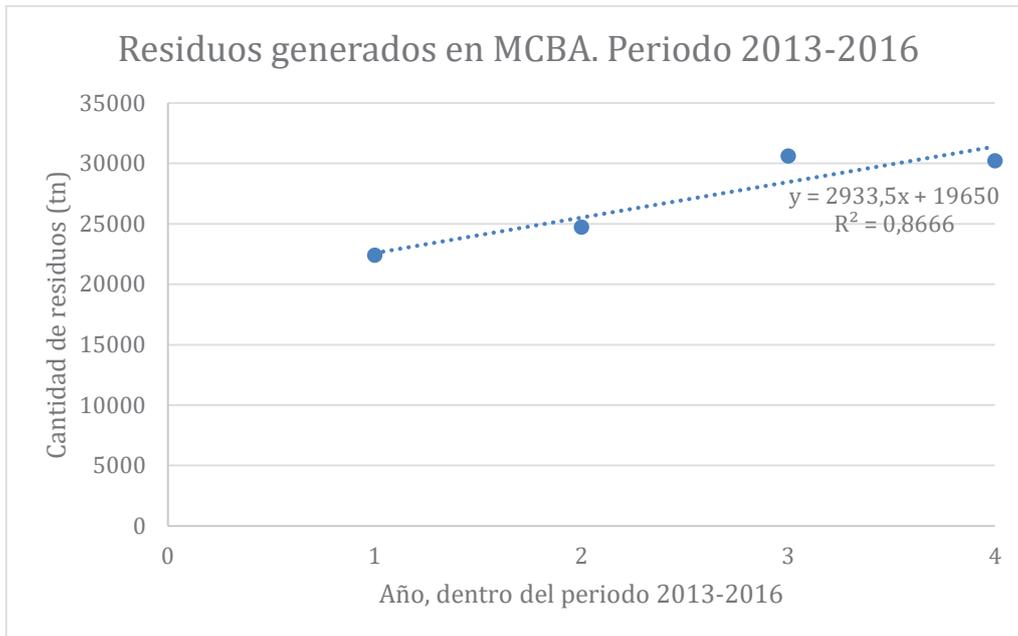


Figura 5-XLIII Grafico de residuos generados en MCBA en 2013-2016

Por lo tanto, se procedió a graficar la cantidad de residuos generados por los años del periodo (Figura 5-XLIII), obteniendo la siguiente línea de tendencia que más se ajustaba, por regresión lineal :

Ecuación 1

$$y = 2933,5x + 19650$$

Siendo:

y= residuos generados (t)

x = (n – 2013) + 1

n= año

Con la Ecuación 1 se procedió a calcular, primero, los residuos que se generaron desde el 2017 al 2022 y luego la proyección a 20 años desde el comienzo de la gestión integral que será en 2023. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 5-14

Tabla 5-14 Proyección de residuos generados en el MCBA hasta el 2042.

Año	Generación total de residuos(t/año)
2017	34317,5

2018	37251
2019	40184,5
2020	43118
2021	46051,5
2022	48985
2023	51918,5
2024	54852
2025	57785,5
2026	60719
2027	63652,5
2028	66586
2029	69519,5
2030	72453
2031	75386,5
2032	78320
2033	81253,5
2034	84187
2035	87120,5
2036	90054
2037	92987,5
2038	95921
2039	98854,5
2040	101788
2041	104721,5
2042	107655

Se calculó la generación por actividad/sector, multiplicando el porcentaje de aporte al total de los residuos de cada uno por la generación (t/año) proyectada para el 2023 y 2042, 51918 t/año y 107655 t/año, respectivamente.

Tabla 5-15 Generación de residuos proyectada por tipo de actividad.

Actividad	% residuos sobre total de MCBA	Generación (t/año)	
		2023	2042
Transaccional	54	27976,2	58009,7
Feria de alimentos	12	6133,5	12718,0
Varios*	8	4410,3	9145,0
Lavado de papas	8	3949,0	8188,4
Lavado de lechugas	7	3636,7	7540,7
Deposito Quilmes	2	980,5	2033,2
Feria de pollo y huevos	2	941,2	1951,7
Comercialización de productos ictícolas	2	810,9	1681,4
Oficinas	1	519,2	1076,6

Cámara de bananas	1	713,7	1479,8
Cámaras frutihortícolas	1	554,4	1149,6
Logística	1	502,7	1042,3
Comercialización Supermercado	1	318,6	660,6
Deposito Diarco	0	165,5	343,2
Venta de ropa	0	72,4	150,1
TOTAL	100	51684,7	107170,2

*Varios= volquetes que no corresponden a una actividad específica (ubicados en la entrada al MCBA y en la curva de circunvalación).

En la Tabla 5-15, se observa que los valores de generación del 2023 corresponderían al 48% de los residuos a generarse en el 2042, un factor importante a tener en cuenta para el cálculo de la frecuencia de recolección posteriormente.

Con el fin de calcular la generación de los diferentes tipos de residuos que serán separados en origen, en cada actividad, se utilizaron los porcentajes obtenidos de la caracterización realizada por el INTI y se multiplicó por su proyección estimada de toneladas por día. En la siguiente tabla se detallan los porcentajes de cada corriente y resultados de generación (t/día) para el año 2042.

Tabla 5 -16 Proyección de generación diaria por corriente de residuo, para cada actividad del MCBA.

	Generación		Orgánicos		Plásticos		Madera		Cartón y papel		Resto	
	t/día	%	t/día	%	t/día	%	t/día	%	t/día	%	t/día	%
Área concesiones												
Feria de alimentos	35,33	76,8	27,1	3,9	1,4	4,1	1,5	7,0	2,5	8,2	2,9	
Varios	25,40	59,4	15,1	5,3	1,3	6,0	1,5	11,0	2,8	18,4	4,7	
Lavado de papas	22,75	3,9	0,9	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,1
Lavado de lechugas	20,95	97,0	20,3	1,3	0,3	1,4	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	
Deposito Quilmes	5,65	-	-	20,0	1,1	12,2	0,7	41,0	2,3	26,8	1,5	
Feria de pollo y huevos	5,42	82,0	4,4	3,6	0,2	2,6	0,1	3,5	0,2	8,3	0,4	
Comercialización de productos ictícolas	4,67	10,0	0,5	5,0	0,2	19,2	0,9	5,5	0,3	60,3	2,8	
Oficinas	2,99	-	-	7,0	0,2	4,5	0,1	28,0	0,8	60,5	1,8	
Cámara de bananas	4,11	26,5	1,1	6,3	0,3	15,0	0,6	4,5	0,2	47,7	2,0	
Cámaras frutihortícolas	3,19	82,0	2,6	4,4	0,1	3,6	0,1	3,5	0,1	6,6	0,2	
Logística	2,90	-	-	4,7	0,1	75,5	2,2	15,5	0,4	4,3	0,1	
Comercialización Supermercado	1,83	-	-	9,0	0,2	15,0	0,3	28,0	0,5	48,0	0,9	
Deposito Diarco	0,95	-	-	4,5	0,0	30,0	0,3	8,0	0,1	57,5	0,5	
Venta de ropa	0,42	35,8	0,1	10,0	0,0	-	-	14,0	0,1	40,2	0,2	
Área Transaccional (12 pabellones)	161,14	-	-	3,07	4,9	3,95	6,4	3,69	5,9	6,28	10,1	
Total	297,70		205,95		10,48		14,99		16,21		28,26	

En la Tabla 5-16, los valores de porcentajes que se observan para cada corriente de residuo del área transaccional fueron previamente calculados como promedios de las caracterizaciones de los pabellones que se muestrearon (pabellones 1, 2 y 10 y zona libre 2 y 5).

Tabla 5-16 Porcentajes promedio de cada corriente de residuo en el área transaccional

Área Transaccional	Plásticos	Madera	Cartón y papel	Otros
Pabellón 1	1,66	4,02	2,25	4,01
Pabellón 2	2,85	4,10	3,63	4,48
Libre 2	3,60	3,90	3,35	5,15
Libre 5	3,64	1,75	4,35	9,71
Pabellón 10	3,60	6,00	4,88	8,08
Promedio	3,07	3,95	3,69	6,28

Para el caso de los residuos orgánicos generados en el área transaccional, como ya se explicó en la memoria descriptiva, se realizó un cálculo diferente ya que en estos pabellones se realizará el programa de reducción de pérdidas (PRP). Primero, se procedió a determinar el porcentaje de residuos de frutas y hortalizas que correspondían al área de venta mayorista frutihortícola, multiplicando su porcentaje de aporte al total de los residuos generados en el MCBA, 54% (Tabla 5-15) por el porcentaje que las frutas y verduras representaban del total generado en esta área, 83%. Así, obtenemos que del casi 70% de los residuos generados en el MCBA que representan las frutas y verduras, el 45% es producido por el área transaccional y el 25% generado en el resto del área de concesiones.

Del 45% de frutas y verduras que serán residuos de los 12 pabellones, se clasificará un 60% para ser destinado a tratamiento biológico, el 35% como alimento para donaciones y se estima que un 5% estará mal desechado por error. De ese 35% que se traslada a acción comunitaria, un 5% será reclasificado como residuo para compostaje en la segunda separación.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que se estima que la separación en origen en el resto del MCBA tendrá un 70% de eficacia para el año 2042, para calcular la generación de los residuos de frutas y hortalizas destinados para tratamiento biológico y los alimentos para donaciones en cada año, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación 2

*Residuos orgánicos generados por año (ROG) (t/ año) = residuos proyectados por año *0,7*

Ecuación 3

*Residuos para tratamiento biológico = residuos orgánicos generados (t/ año) * 0,45* 0,6 +
ROG* 0,45* 0,35* 0,05 + ROG*0,25*0,7*

Ecuación 4

*Alimento para donaciones = ROG (t/año)*0,45*0,35 – ROG*0,45*0,35*0,05*

5.2.2 Separación en origen

5.2.2.1 Recipientes

Para estimar el volumen y cantidad de recipientes que se necesitaban, se convirtieron los valores de generación de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de t/d a m³/d con la densidad de cada tipo de corriente (G. Tchobanoglous, 1994)(Tabla 5-17). Luego, se convirtieron los volúmenes diarios a semanales (Tabla 5-18).

Tabla 5-17 Densidad de las corrientes de residuos a recolectar.

	Densidad (t/m ³)
Orgánicos (Fyh)	0,75
Plásticos	0,95
Chips	0,42
Cartón y Papel*	0,07
Otros	0,297

*Se determinó el promedio entre la densidad del cartón, 0,09 t/m³ y la del papel, 0,05 t/m³.

Para el caso del cartón que ocupa un gran espacio, pero poco peso, se consideró que al comprimirse en los recipientes se reducirá su volumen 5 a 1 (Recytrans, s.f.). De esta manera, además de dividir las t/d por la densidad (t/m³) se dividió por 5 el volumen.

Tabla 5-18 Volúmenes semanales de cada corriente de residuos

	Orgánicos	Plásticos	Madera	Cartón y papel	Otros
--	-----------	-----------	--------	-------------------	-------

	m ³ /sem				
Área concesiones					
Feria de alimentos	253,3	10,0	24,3	49,5	68,1
Varios	140,8	9,9	25,4	55,7	110,0
Lavado de papas	8,3	-	-	-	1,2
Lavado de lechugas	189,6	2,0	4,9	0,2	1,2
Deposito Quilmes	0,0	8,3	11,5	46,3	35,6
Feria de pollo y huevos	41,5	1,4	2,4	3,8	10,6
Comercialización de productos ictícolas	4,4	1,7	15,0	5,1	66,3
Oficinas	0,0	1,5	2,2	16,7	42,6
Cámara de bananas	10,2	1,9	10,3	3,7	46,3
Cámaras frutihortícolas	24,4	1,0	1,9	2,2	4,9
Logística	0,0	1,0	36,4	9,0	2,9
Comercialización Supermercado	0,0	1,2	4,6	10,3	20,8
Deposito Diarco	0,0	0,3	4,8	1,5	12,9
Venta de ropa	1,4	0,3	-	1,2	4,0
TOTAL	673,9	40,8	143,7	205,2	427,4
Área Transaccional (12 pabellones + 6 áreas libres)	871,3	36,4	106,2	118,9	238,7
por pabellón de área transaccional	31,1	1,3	8,8	4,2	8,5

Antes de calcular la cantidad de recipientes, se determinó la frecuencia de recolección para cada tipo de residuos, observando los volúmenes semanales de generación y el tamaño del camión recolector.

Para los plásticos, madera, cartón y papel y otros, se priorizó tener la menor cantidad de recipientes en cada actividad, por lo tanto, se compararon la cantidad necesaria de recipientes de 1100 l contra los de 3200 l en cada caso. Para esto se utilizó la Ecuación 5.

Ecuación 5

$$\text{Cantidad de recipiente necesario} = \frac{\text{Volumen generado por corriente } \frac{\text{m}^3}{\text{sem}}}{\text{frecuencia} \left(\frac{\text{recoleccion}}{\text{sem}} \right) * \text{volumen de recipiente m}^3}$$

Por otro lado, para el pabellón de lavado de papas, en el área de concesiones, se colocarán una batea de 20 t ya que la proyección para el 2023 es de 10,5 t/d y para el 2042 eran 21 t/d.

5.2.3 Recolección

Para el cálculo de la cantidad de horas de recolección para el 2042, se utilizó una metodología para la recolección de recipientes estacionarios y otra para la recolección por acarreo de las bateas de residuos orgánicos, ambas obtenidas del libro (G. Tchobanoglous, 1994)

5.2.3.1 Recolección de recipientes estacionarios

Para determinar el tiempo por recogida de los recipientes estacionarios utilizados en el área de concesiones y el área transaccional, se utilizó la ecuación 6:

Ecuación 6

$$P_{scs} = C_t (u_c) + (n_p - 1) (d_{bc})$$

Siendo:

P_{scs} = tiempo de recogida por viaje (h/viaje)

C_t = número de recipientes vacíos por viaje (recipiente/viaje)

U_c = tiempo promedio de descargue por recipiente para sistemas de recipiente estacionario (h/rec.)

N_p = número de lugares de recogida de recipientes por viaje, (lugares/viajes)

D_{bc} = tiempo promedio empleado conduciendo entre lugares con recipientes, (h/lugar)

Para el área de concesiones, se determinó un tiempo de descargue de 3 min por el camión compactador automatizado y 5 minutos para conducir de un lugar a otro. En el caso del área de concesiones, al estar más cerca los pabellones entre sí, se disminuyó de 5 a 3 minutos el tiempo de conducción.

5.2.3.2 Recolección por acarreo

Para calcular el tiempo de recogida por viaje de las bateas de residuos orgánicos, es decir, el tiempo que tarda el camión en ir de un recipiente a otro, recoger el recipiente lleno, descargarlo en la planta de tratamiento y devolverlo vacío, se utilizó la siguiente metodología del libro (G. Tchobanoglous, 1994)

Ecuación 7

$$P_{hcs} = p_c + u_c + d_{bc}$$

Donde:

P_{hcs} : tiempo de recogida por viaje (h/viaje)

pc : tiempo necesario para recoger el recipiente lleno (h/viaje)

uc : tiempo necesario para descargar el recipiente vacío (h/viaje)

dbc : tiempo necesario para conducir entre ubicaciones de los recipientes (h/viaje)

Tabla 5-19 Horas de recolección por acarreo en área transaccional

Área Transaccional			
	Recolección diaria c/ 1 camión	Recolección c/2 días c/ 1 camión	Recolección c/2 días c/2 camiones
pc (h/viaje)	0,25	0,25	0,25
uc (h/viaje)	0,4	0,4	0,4
dbc (h/viaje)	0,05	0,05	0,05
Phcs (h/viaje)	0,7	0,7	0,7
Cantidad de bateas	28	14	7
Horas de recolección	19,6	9,8	4,9

Tabla 5-20 Horas de recolección por acarreo en área de concesiones.

Área de concesiones		
	Feria de alimentos y Lavado de lechugas	Feria de pollos y Cámaras frutihortícolas
pc (h/viaje)	0,25	0,25
uc (h/viaje)	0,4	0,4
dbc (h/viaje)	0,2	0,2
Phcs (h/viaje)	0,8	0,8
Cantidad de bateas	4	3
Horas de recolección	3,3	2

En la Tabla 5-19 se observan los resultados para el área transaccional, donde para cada viaje se tarda 0,7 h, es decir que, para las 28 bateas a un camión roll off le lleva casi 20 h en total. Teniendo en cuenta el volumen diario de los residuos orgánicos de cada pabellón de esta área, la recolección se podría hacer cada dos días. De esta manera, si se recolecta la mitad de los pabellones (14) un día y la otra mitad al día siguiente, se tendrá 10 horas diarias de recolección. Sin embargo, como se ya se explicó en el apartado anterior, el horario de recolección para orgánicos tiene que ser entre las 12-17h (5 horas), por lo tanto, se decidió realizar la recolección por acarreo en esta zona con dos camiones roll off en simultaneo.

Por otro lado, para el área de concesiones, se tiene a la feria de alimentos y el sector de lavado de lechugas con 2 recipientes cada uno, obteniendo un tiempo de recogida de 3,3 h. Su recolección para 2042 será diaria (excepto domingos) debido a la cantidad que generan de residuos orgánicos. La feria de pollos también tiene 2 bateas y las cámaras frutihortícolas con 1 sola, donde ambas áreas tendrán una frecuencia de recolección de 1 vez por semana. De esta manera, habrá 1 día que la recolección por acarreo en el área de concesiones será de 5 horas y el resto será de 3 h aproximadamente.

5.2.4 Planta de tratamiento

5.2.4.1 Planta de reciclaje

5.2.4.1.1 Área de descarga y acopio

Para el cálculo de la inclinación y largo de la cinta elevadora que transportara los plásticos hasta su clasificación, se utilizó el Teorema de Pitágoras para el largo del tramo que estará en la tolva (a), mientras que para el largo desde el suelo (b) y el ángulo de inclinación (β) se utilizó trigonometría.

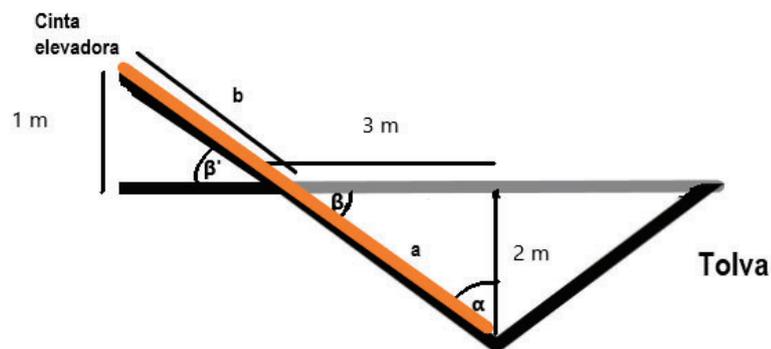


Figura 5-XLIV Dimensiones de tolva y cinta elevadora

Teorema de Pitágoras

Ecuación 8

$$C^2 + c^2 = H^2$$

$$3^2 + 2^2 = a^2$$

$$\sqrt{13} = a$$

$$3,6 \text{ m} = a$$

Trigonometría

Ecuación 9

$$\tan \alpha = 3/2$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{3}{2}$$

$$\alpha = 53,6^\circ$$

$$\beta = 90 - \alpha = 33,7^\circ$$

$$\beta = \beta'$$

Ecuación 10

$$\sin \beta' = \frac{\text{Opuesto}}{\text{Hipotenusa}}$$

$$1 / \sin 33,7 = b$$

$$1,3 \text{ m} = b$$

Entonces, la cinta elevadora tendrá un largo total de 4,9 m y un ángulo de inclinación 33,7°.

De manera similar, se calculó la inclinación de la segunda cinta elevadora que se encontrará al final de la cinta recta donde se clasificaran los plásticos.

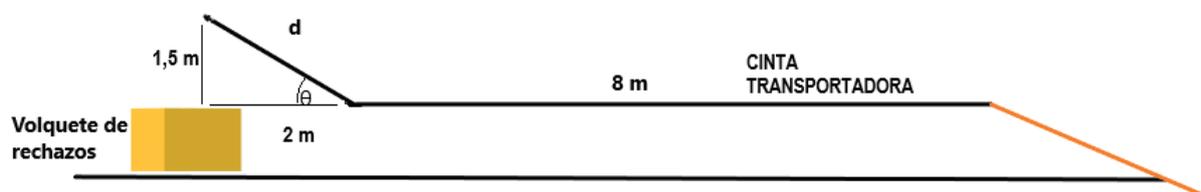


Figura 5-XLV Dimensiones de cintra transportadora y cinta elevada final

Fijando una altura de 1,5m sobre la cinta transportadora y 2 m de distancia hacia el volquete de rechazos se realizaron los siguientes cálculos:

$$2^2 + 1,5^2 = d^2$$

$$2,5 \text{ m} = d$$

Ecuación 11

$$\cos \theta = \frac{\text{Adyacente}}{\text{Hipotenusa}}$$

$$\cos \theta = \frac{2}{2,5}$$

$$\theta = 36,9^\circ$$

El largo de la segunda cinta elevada es de 2,5m y tiene un ángulo de elevación de 36,9°.

Por otro lado, para determinar la cantidad de días necesarios para procesar el volumen de plásticos que se generará por semana, se tomó una tasa de separación de 0,7 tonelada por hora por operario (G. Tchobanoglous, 1994), y 4 operarios para clasificar.

Tabla 5-21. Cálculos para los días necesarios de separación

Ingreso (t)	Tasa de separación (t/h.op)	Cantidad de operarios	t/h	t procesadas en jornada de 8 h	días necesarios de separación
73,4	0,7	4	2,8	22,4	3

Multiplicando la tasa de separación por la cantidad de operarios, se obtuvo que se podrán clasificar 2,8 t/h de plásticos. A este resultado se lo multiplico por las 8 horas de jornada laboral, obteniendo que se procesaran 22,4 toneladas por día, por lo tanto, si ingresan 73,5 t de plásticos por semana y lo dividimos por esa cantidad de procesado diario, resulta como necesario 3 días de trabajo en la planta de reciclaje.

5.2.4.2 Playa de secado de lodos de lavado de papas

Se determinaron las dimensiones de las celdas rectangulares donde se distribuirá el lodo de lavado de papas (Tabla 5-22) y se calculó el área y volumen de las mismas. Multiplicando el volumen de cada celda por la densidad de los lodos, 1,4 t/m³, se obtuvo las toneladas de lodos que tendrá cada una. Luego, con el Q (t/d) de lodos

proyectados para 2023 y 2042, se los multiplico por 5 días de generación y recolección de la semana, y dividió por las toneladas a distribuir en los 80 m² de celda, obteniendo la cantidad de celdas a llenar por semana.

Tabla 5-22 Dimensionamiento de playa de secado

	Q Lodo	largo	Ancho base	Alto	Área	Volumen	Peso	Cantidad de celdas
	t/d	m	m	m	m ²	m ³	t	celdas x semana
2023	10,5	40	2	0,5	80,0	40	56	1
2042	21,7	40	2	0,5	80,0	40	56	2

5.2.4.3 Planta de compostaje

5.2.4.3.1 Acopio – Nave de compostaje

Para diseñar el lugar de acopio para los residuos de frutas y hortalizas y de madera, se tomó en cuenta la proyección de generación diaria de cada uno. En el caso de los residuos orgánicos, se sumó la generación diaria proyectada para el área de concesiones y la cantidad de residuos orgánicos del área transaccional destinada a tratamiento biológico luego de la clasificación realizada en el PRP (Ecuación 3).

Para calcular el volumen que ocuparan estos residuos, se dividió las toneladas diarias de cada tipo por su densidad (t/m³). La densidad para las frutas y hortalizas del MCBA que se tomó del informe (INTI M. P., 2016) es de 0,75 (t/m³) y para los chips se utilizó la densidad del álamo, que es el tipo más usado localmente para los cajones de frutas y verduras según INTA.

En la siguiente tabla se observan las toneladas diarias y volúmenes diarios de cada residuo que ingresara a la nave de compostaje.

Tabla 5-23 Pesos y volúmenes de ingresos diarios a la planta de compostaje

Año Proyección	FyH compostaje (t/día)	Chips (t/día)
2023	45,0	7,2
2042	93,3	15,0
Densidad (t/m³)	0,75	0,42
Volúmenes		
Año Proyección	FyH compostaje (m ³ /día)	Chips (m ³ /día)
2023	60,0	17,1
2042	124,5	35,7

Para el dimensionamiento de los lugares de acopio se tomó como referencia los volúmenes del año 2042, 64 m³. Se calculó necesario 2 lugares de acopio para frutas y hortalizas y una para la madera. Las 3 tendrán las mismas dimensiones: largo 5 m, ancho 3,2m y alto 4 m.

Para el resto del diseño de la nave, se tomó en cuenta las áreas para la oficina administrativa, el vestuario, el área para la trituradora de los residuos orgánicos, para la chipeadora, la zona de mezclado y la zona de tamizado donde se encontrará el tromel.

Para la mezcla, se calculó la densidad a partir de las proporciones 50:50 de residuos orgánicos y chips y sus densidades:

Ecuación 12

$$\text{Densidad de la mezcla} \left(\frac{tn}{m^3} \right) = 0,75 \frac{tn}{m^3} * 0,5 + 0,42 \frac{tn}{m^3} * 0,5$$

$$\text{Densidad de la mezcla} = 0,585 \text{ t/m}^3$$

5.2.4.4 Zona de compostaje

Como se observa en la Tabla 5-23, la madera resulta limitante para el cálculo de generación de mezcla para compostar ya que su ingreso diario es mucho menor que el de frutas y hortalizas. De esta manera, suponiendo que se utilizará toda la madera ingresada en el día y sabiendo que representa el 50% de la mezcla, se determinó las toneladas de mezcla que se llevara a compostar diariamente, multiplicando el ingreso de madera (t/día) por 2.

Tabla 5-24 Peso de la mezcla diaria a ser compostada

Año Proyección	Mezcla t/día
2023	14,4
2042	30,0

En la Tabla 5-25 se muestran las dimensiones de una pila de compostaje, teniendo en cuenta el ancho y alto que la maquina volteadora elegida puede trabajar.

Tabla 5-25. Dimensionamiento de pila de compostaje

Largo	Ancho base	Ancho corona	Alto	Área	Volumen
m	m	m	m	m ²	m ³
40	2	2	1,5	3,0	120

Para dimensionar las áreas de compostaje, se procedió a calcular la cantidad de hileras que se formarán por semana. Para ello, primero se calcularon los días para completar una hilera:

Ecuación 13

$$\text{Días para completar una hilera} = \frac{\text{Volumen de hilera (m}^3\text{)} * \text{Densidad de la mezcla } \left(\frac{\text{tn}}{\text{m}^3}\right)}{\text{cantidad de mezcla } \left(\frac{\text{tn}}{\text{día}}\right)}$$

Teniendo en cuenta que la semana laboral en la planta de compostaje será de 5 días (lunes a viernes), se calcularon las hileras formadas por semana de la siguiente manera:

Ecuación 14

$$\text{Hileras formadas por semana} = \frac{5 \text{ días}}{\text{cantidad de días/hilera}}$$

También, se calcularon las hileras que estarán en la zona de compostaje durante 14 semanas que es el periodo determinado para dicho proceso. En la Tabla 5-26 se observan los resultados para el 2023 y 2042:

Tabla 5-26 Cantidad de hileras a compostar.

Año Proyección	días para completar 1 hilera	Hileras x semana laboral	Hileras x 14 semanas
2023	5	1,0	14
2042	2	2	30

De esta manera, se calcularon cuantas hileras estarían en las áreas de descomposición y maduración, durante las 14 semanas. Esto fue resuelto multiplicando las semanas de cada etapa, 8 y 6 respectivamente, por las hileras generadas en cada año en estudio.

Tabla 5-27 Cantidad de hileras en cada área de compostaje

Año Proyección	Hileras en área descomposición	Hileras en área maduración
2023	8	6
2042	17	13

Es decir que, para el año 2023, el área de descomposición tendrá que tener un espacio suficiente para máximo 8 hileras y el de maduración para 6. Ya para 2042 habrá que expandir la impermeabilización del área de descomposición para alojar a 17 hileras. Con esta cantidad de hileras y las dimensiones de cada una, más los espacios de pasillos, se calcularon las áreas de cada etapa de compostaje.

Tabla 5-28 Cálculo de áreas de descomposición para el 2023 y 2042.

Año Proyección	Largo	Ancho base de maquina	Ancho entre hileras	Largo entre hileras	Perímetro necesario	Ancho de área necesaria	Largo de área necesaria	Área descomposición
	m	m	m	m	m	m	m	m ²
2023	40	3,15	2,2	3	90	44	46	2018
2042	40	3,15	2,2	3	137	91	46	4205

Tabla 5-29 Cálculo del área de maduración para el 2023 y 2042.

Año Proyección	Largo	Ancho base de maquina	Ancho entre hileras	Largo entre hileras	Perímetro necesario	Ancho de área necesaria	Largo de área necesaria	Área maduración
	m	m	m	m	m	m	m	m ²
2023	40	3,15	2,2	3	79	33	46	1514
2042	40	3,15	2,2	3	115	69	46	3154

En la siguiente tabla se muestra el área total destina al proceso de compostaje para el año de comienzo y para el 2042.

Tabla 5-30. Resumen de áreas de compostaje para el 2023 y 2042.

	Área para descomposición	Área para maduración	Área total para compostaje
	m ²	m ²	m ²
2023	2018	1514	3532
2042	4205	3154	7359

Para saber la cantidad de compost maduro que se procesara en el tromel, se tuvo en cuenta el número de hileras que terminan su proceso de compostaje por semana, luego de las 14 semanas. Este número será el mismo que la cantidad de hileras que se forman por semana en cada año proyectado. Es decir que, para el año 2023 y 2042 se recoge el compost estabilizado de 1 y 2 hileras por semana, respectivamente. Este número multiplicado por el volumen de la hilera y por la densidad de la mezcla, da como resultado las toneladas de compost a tamizar por semana. Si a este número se lo divide por la 40 h semanales de trabajo, obtenemos la cantidad de toneladas tamizadas por hora.

Tabla 5-31. Cantidad de compost a tamizar

Año Proyección	Compost terminado x semana (t)	A tamizar (t/h)
2023	70	1,8
2042	140	3,5

5.2.4.5 Laguna de lixiviados de zona de descomposición y zona de recepción

Para el diseño de la laguna de lixiviados del compostaje, se calcularon los lixiviados a recolectar a partir de las hileras en descomposición y de las precipitaciones que tendrán lugar en la planta.

Primero, para el cálculo de volumen de lixiviados generados en el área de descomposición ($V_{lix.d}$) para el 2042 (Ecuación 15), se necesitaron los datos de la cantidad de residuos de frutas y hortalizas ya trituradas a tratar por año (Q_{FyH}), la cantidad de días que las hileras estarán en la zona de descomposición (T_d). en la Ecuación también se le multiplica el porcentaje de lixiviado generado por tonelada que es del 5% (Ávila Ruiz, 2019) y un factor de seguridad del 50%.

Ecuación 15

$$V_{lix.d} \left(\frac{m^3}{año} \right) = Q_{fyh} \left(\frac{t}{año} \right) * (0,05) \left(\frac{m^3}{t} \right) * \left(\frac{1 \text{ año}}{52 \text{ semanas}} \right) * T_d(\text{semanas}) * 1,5$$

Tabla 5-32. Datos para el cálculo de lixiviados en hileras de descomposición (2042)

Q_{FyH} (t/año)	% lixiviado	T_d (semanas)	Factor de seguridad
33605,68	0,05	6	1,5

Mientras que, para el volumen de lixiviados generados por precipitaciones (V_{pp}), se calculó (Ecuación 16) teniendo en cuenta las precipitaciones (PP) máximas para el periodo 1961-2021 según el Servicio Meteorológico Nacional (188,4 mm), el área de la zona de compostaje total (S) y un factor de seguridad (Fs) de 1,25 para una pluviometría inferior a 600 mm o 600 l/m².

Ecuación 16

$$V_{pp} \left(\frac{m^3}{año} \right) = S(m^2) * PP \left(\frac{l}{m^2} \right) * \frac{Fs}{1000}$$

Tabla 5-33 Datos para el cálculo de lixiviados a partir de precipitaciones

Área de descomposición + maduración (m ²)	PP (l/m ²)	FS
7359	188,4	1,25

Los resultados de ambos volúmenes de lixiviados se detallan en la Tabla 5-34, donde se observa que para el año 2042 se **generarán 2024 m³ de lixiviados en la zona de compostaje, 169 m³/mes.**

Tabla 5-34 Resultados obtenidos para los volúmenes de lixiviados en zona de compostaje

$V_{lix.d}$ (m ³)	V_{pp} (m ³)	Volumen total de lixiviados (m ³) para el año 2042	Volumen total de lixiviados por mes (m ³)
291	1733	2024	169

Como también se utilizarán para riego los **lixiviados recolectados dentro de la nave de compostaje**, se procedió a calcular su volumen (V_{nc}) con la Ecuación 15, donde se utilizaron como datos la cantidad de residuos orgánicos diarios recibidos y luego triturados (78,4 t/día) para el 2042. De esta manera, se obtuvo una generación de 6 m³/día de lixiviados dentro de la nave, equivalente a **176 m³/mes.**

Si se suma el volumen total de lixiviados en la zona de compostaje con los generados en la nave de compostaje se tendrán **disponibles un total de 345 m³/mes de lixiviados para riego de hileras en descomposición.**

Antes de proceder a dimensionar la laguna de lixiviados, calculamos la cantidad de líquidos necesarios para el riego. Para el inicio de compostaje se requiere que la

mezcla homogénea a compostar tenga alrededor de un 60% de humedad (G. Tchobanoglous, 1994). Por lo tanto, sabiendo que luego de ser triturados los residuos de frutas y hortalizas disminuyen su humedad a un 40% (Tabla 5-35) por la gran cantidad de pérdida de líquidos, se procedió a calcular la humedad de la mezcla con chips que, como ya se mencionó, será de 1:1 orgánicos y chips.

Tabla 5-35 Características de cada residuo en nave de compostaje

Residuos de Frutas y Hortalizas	Contenido de humedad (%)	40
	Contenido de Nitrógeno(%)	2,56
	Relación C/N	18,9
Chip	Contenido de humedad (%)	20
	Contenido de Nitrógeno(%)	0,07
	Relación C/N	450

Tabla 5-36. Contenido de la mezcla a compostar

Contenido	En 1 kg de Residuos de FyH	En 1 kg de chip	Mezcla a compostar 1:1
Agua (kg)	0,4	0,2	0,6
Materia Seca (kg)	0,6	0,8	1,4
Nitrógeno (kg)	0,01536	0,0006	0,016
Carbono (kg)	0,290304	0,252	0,542

Con los datos de contenido de agua y de materia seca de la mezcla (Tabla 5-36) se procedió a calcular, con la Ecuación 17, la humedad de la mezcla al inicio de compostar.

Ecuación 17

$$\text{Humedad de Mezcla (\%)} = \frac{\text{Agua (kg)}}{\text{Agua (kg)} * \text{Materia Seca (kg)}} * 100$$

El resultado obtenido de humedad de la mezcla es del 30%, es decir que para llegar a lo requerido de 60% humedad se deberá agregar agua a la mezcla que formará las hileras de compostaje. Según el Ing. Walter Ordinas, para aumentar aproximadamente un 10% de humedad, se requieren 125 l de agua/m³ de mezcla. De esta manera, al necesitar aumentar un 30% la humedad, se necesitarán 375 l/m³ de mezcla. Como ya se mencionó en el diseño de las hileras, cada una tendrá un volumen de 120 m³ de mezcla, lo que nos da un total de 45000 litros o 45 m³ de agua

a añadir en la formación de cada hilera al inicio del compostaje. En 2042 se proyectaron realizar 9 hileras por mes, lo que resulta en un requerimiento de 405 m³/mes de agua para riego.

Si comparamos el volumen de lixiviados que se generarán por mes (345 m³) con lo que se requiere de agua para riego, se observa que no solo se utilizarán todos los lixiviados generados, sino también se requerirán 50 m³ de agua extra para el riego de las hileras.

Por lo tanto, la laguna de lixiviados no necesita ser de grandes dimensiones ya que se estará recirculando para su aplicación en las hileras. Tomando como seguridad la capacidad de almacenar el 50% de lo generado de lixiviados en el mes, se obtuvieron las dimensiones de la Tabla 5-37 para una laguna rectangular de 2 m de profundidad.

Tabla 5-37 Dimensiones de laguna de lixiviados

Profundidad (m)	Área (m ²)	Ancho (m)	Largo (m)
2	86	10	9

5.2.5 Planta de digestión anaeróbica

5.2.5.1 Primera etapa 2023-2032

A continuación, se desarrollarán los cálculos de diseño para uno de los sistemas de digestión anaeróbica, sabiendo que la primera etapa de 10 años tendrá dos de estos sistemas idénticos operando en paralelo.

5.2.5.1.1 Dimensionamiento de tanque de alimentación

Para calcular las dimensiones del tanque de alimentación para un reactor, se tomó en cuenta el caudal volumétrico de entrada del año 2032 y un tiempo de retención hidráulica de 2 días.

Ecuación 18

$$\text{Volúmen útil de tanque de alimentación (m}^3\text{)} = \text{Caudal volumetrico 2032} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right) * \text{TRH}$$

Al obtener un volumen útil de 89 m³, se calculó el volumen real del tanque con un factor de seguridad del 25%.

Ecuación 19

$$\text{Volumen real de tanque de alimentación (m}^3\text{)} = \text{volumen útil de tanque (m}^3\text{)} * 1,25$$

De esta manera, se obtuvo un volumen de tanque de alimentación de 112 m³. Luego, se procedió a calcular el radio del tanque fijando una altura real de 3 m, con la siguiente ecuación:

Ecuación 20

$$\text{Volumen cilindro (m}^3\text{)} = \pi r^2 h$$

$$\text{Radio del tanque (m)} = \sqrt{\left(\frac{V}{\pi h}\right)}$$

El radio del tanque de alimentación a construir será de 3,4 m. Para saber cuál será la altura a la que llegará el sustrato en el mismo, se despejó la altura de la Ecuación 20 utilizando el volumen útil de 89 m³ y el radio de tanque obtenido. Como resultado, se obtuvo una altura del sustrato del tanque de alimentación de 2,4 m para el año 2032.

Se corrobora que el agitador mecánico horizontal escogido (AH-L3) estará posicionado a una altura de 0,5 m, tal que este sumergido en el sustrato en el año 2023 (1,6 m).

Asimismo, el agitador se eligió calculando la potencia necesaria para el sustrato en el tanque de alimentación, por eso se consultó bibliografía y según Metcalf & Eddy donde dice que se requiere una potencia entre 0,00475 – 0,0078 KW/m³. Optando por la potencia máxima de 0,0078 KW/m³ y con el volumen útil del tanque ya calculado, se obtuvo la potencia necesaria de 0,70 KW, mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 21

$$\text{Potencia agitador (kw)} = 0,0078 \left(\frac{\text{kw}}{\text{m}^3}\right) * \text{Volumen del tanque de alimentación (m}^3\text{)}$$

Sabiendo que 0,70 KW equivalen a 1HP se eligió el modelo de agitador con potencia de 3HP. (Anexo III)

Por otro lado, para la elección de la bomba de desplazamiento positivo, se tuvo en cuenta el caudal diario medio de residuos que ingresarán al digestor de forma continua para el año 2032 (44,65 m³/d). La bomba elegida es la siguiente: PC Transfer Pump, modelo C21 del proveedor de equipamiento ambiental Sulzer. (Anexo IV)

5.2.5.2 Dimensionamiento del digestor anaeróbico

Para el diseñar el volumen del reactor, se calcularon las cargas másicas de sólidos totales, sólidos volátiles y de agua contenida en el sustrato al ingreso del mismo.

Ecuación 22

$$Carga\ ST\ \left(\frac{kg}{d}\right) = Caudal\ másico\ de\ entrada\ \left(\frac{t}{d}\right) * \%ST * 1000\ \left(\frac{kg}{t}\right)$$

Ecuación 23

$$Carga\ SV\ \left(\frac{kg}{d}\right) = Caudal\ másico\ de\ entrada\ \left(\frac{t}{d}\right) * \%SV * 1000\ \left(\frac{kg}{t}\right)$$

Ecuación 24

$$Carga\ agua\ \left(\frac{kg}{d}\right) = Caudal\ másico\ de\ entrada\ \left(\frac{t}{d}\right) * 1000\ \left(\frac{kg}{t}\right) - Carga\ ST\ \left(\frac{kg}{d}\right)$$

Tabla 5-38. Resultados de cargas de ST, SV y agua.

Cálculo de las cargas de ST, SV y agua de ingreso (kg/d)							
Año	Caudal másico (t/d)	ST (% m/m)	SV/ST %	SV (% m/m)	Carga ST ingreso (kg/d)	Carga SV ingreso (kg/d)	Carga H2O ingreso (kg/d)
2023	22,5	8,9	0,95	8,46	2003	1903	20506
2032	33,5	8,9	0,95	8,46	2981	2832	30510

Luego, se procedió a calcular la cantidad de sólidos volátiles a ser degradados en el digestor con la eficiencia del 75%, de la siguiente ecuación:

Ecuación 25

$$SV\ degradados\ \left(\frac{kg}{d}\right) = Carga\ de\ SV\ \left(\frac{kg}{d}\right) * \% \text{ eficiencia de degradación de SV}$$

Ecuación 26

$$SV \text{ no degradados } \left(\frac{kg}{d} \right) = Carga \text{ de SV } \left(\frac{kg}{d} \right) - SV \text{ degradados } \left(\frac{kg}{d} \right)$$

Tabla 5-39. Resultados de SV degradados

Año	Sólidos volátiles degradados (kg/d)	Sólidos volátiles <u>no</u> degradados (kg/d)
2023	1427	476
2032	2124	708

Considerando la relación entre la carga volumétrica de entrada y el tiempo de retención hidráulica (TRH) elegido, de 30 días (Ecuación 27), se calculó cual sería el volumen del sustrato dentro del digestor.

Ecuación 27

$$Volumen \text{ de sustrato en digestor } (m^3) = Caudal \text{ volumetrico } \left(\frac{m^3}{d} \right) * TRH (d)$$

Tabla 5-40. Volúmenes de sustrato en digestor

Año	TRH (d)	Volumen de sustrato (m3)
2023	30	900
2032	30	1340

Para poder calcular el volumen del digestor se necesitó saber cuál era el volumen ocupado por el inóculo. Se utilizaron las siguientes ecuaciones para calcular la masa de SV dentro del digestor, equivalente a la masa de inóculo ya que se tomó una relación sustrato/inóculo de 1:1.

Ecuación 28

$$Concentración \text{ de SV en digestor } \left(\frac{kgSV}{m^3} \right) = SV \left(\% \frac{m}{m} \right) * Densidad \text{ sustrato } \left(\frac{t}{m^3} \right)$$

Ecuación 29

Masa de SV dentro del digestor (kg)

$$= \text{Concentración de SV en digestor} \left(\frac{\text{kgSV}}{\text{m}^3} \right) * \text{Volumen sustrato (m}^3)$$

Tabla 5-41. Resultados sobre la masa de SV del sustrato en el digestor.

Año	Volumen de sustrato dentro del digestor(m3)	Masa total de sustrato dentro del digestor (kg)	Concentración de SV de sustrato dentro del digestor(kgSV/m3)	Masa de SV de Sustrato dentro del digestor(kgSV)
2023	900	675293	63,4	57096
2032	1340	1004726	63,4	84950

Por lo tanto, al tomar la relación S/I 1:1, la masa del inóculo a introducir en el digestor en el 2023 será de 57096 kgSV. Teniendo este último dato de masa de SV, más las características del inóculo elegido (Tabla 5-42), se procedió a calcular el volumen de inóculo necesario, dividiendo la masa de SV por la concentración de SV del inóculo.

Tabla 5-42. Características del inóculo

Año	Masa de SV de inóculo dentro del reactor (kg)	Concentración ST del inóculo (% m/v)	Concentración SV del inóculo (% m/v)	Concentración SV del inóculo (kg/m3)
2023	57096	16	11,2	112

De esta manera, se obtuvo un volumen de inóculo igual a 510 m³ necesario para la puesta en marcha.

Para el volumen del digestor anaeróbico, se utilizó la Ecuación 30 donde se suman el volumen de sustrato y el volumen de inóculo calculado, adicionando un factor de seguridad de 20%.

Ecuación 30

$$\text{Volumen Digestor (m}^3) = (\text{Volumen sustrato (m}^3) + \text{Volumen inóculo (m}^3)) * 1,2$$

Tabla 5-43. Volumen digestor

Año	Volumen digestor(m3)
2023	1692
2032	2219

Observando la

Tabla 5-43 se concluye que para esta primera etapa del proyecto de 10 años, se necesitarán 2 sistemas de digestión anaeróbica idénticos de 2219 m³ funcionando en paralelo.

Para corroborar el resultado obtenido, se calculó el COV para poder compararlo con el COV (1,4 kgSV/m³d) presente en la bibliografía (Babae, 2011) donde se obtuvieron las características de %ST y %SV del sustrato.

Ecuación 31

$$COV = \frac{So * Q}{V}$$

Donde:

COV: Carga orgánica volumétrica (kgSV/m³d)

So : concentración del sustrato en la entrada al reactor (kgSV/m³)

Q: caudal de entrada al reactor que, al ser un sistema continuo, equivale al caudal de salida (m³/d)

V: Volumen del reactor (m³)

Tabla 5-44. Verificación de COV del digestor calculado

Año	Volumen digestor sin 20% de seguridad (m ³)	Carga de SV (kg/d)	COV (kgSV/m ³ *d)
2023	1410	1903	1,35
2032	1849	2832	1,53

En la Tabla 5-44 se verifica que los COV calculados son similares al de la bibliografía consultada. Sabiendo que el digestor tendrá forma cilíndrica (Ecuación 20), que el volumen será de 2219 m³ y determinando una altura de 6 metros (3 m bajo suelo), se obtuvo un radio de 11 m y por lo tanto, un diámetro de 22 m.

Tabla 5-45 Dimensiones del digestor

Dimensiones digestor cilíndrico		
H	6,0	m
r	11	m
Diámetro	22	m

5.2.5.2.1 Selección del agitador

Para el cálculo de la potencia del agitador lateral para el digestor anaeróbico, se procedió a utilizar la Ecuación 21 con el dato del volumen del reactor, 2219 m³. De esta manera, se obtuvo una potencia total de agitación necesaria de 17,3 KW, por lo tanto, si utilizaremos 2 agitadores, se debe elegir un modelo de 8 KW. Para no trabajar a la máxima potencia se eligió el modelo de agitador lateral con inclinación de 45° de MYV MIXING con una potencia máxima de 15KW.

Agitador MyV Mixing a 45°	
Potencia:	7,5 - 15 kW
Transmisión:	Reductor
Montaje:	Soporte especial
Rodamientos:	Con rodamiento
Sellado:	Sello Radial, Prensaestopas, Sello laberintico, Sello mecánico simple o doble, Sello partido, Especiales
Eje:	Hasta 7,5 m
Impulsor:	Dos hélices tipo propela marina / Hydrofoils Ø1500 - Ø2000 mm
Apoyo inferior:	Soporte inferior para estabilizar el eje Sin mantenimiento
Opciones:	Diversos tipos de acero y revestimientos Motor ATEX

Figura 5-XLVI Información técnica de agitador lateral a 45° MYV MIXING

Para determinar a qué altura se colocará el agitador, se calculó la misma con la fórmula de coseno de 45° y con una hipotenusa que corresponde al largo del agitador, 7,5m. Así se obtuvo que los 4 m de altura sobre el piso, se introducirá el agitador al digestor anaeróbico.

5.2.5.3 Dimensionamiento del gasómetro

Para dimensionar la cubierta de membrana para el gasómetro semi esférico, se utilizó como radio, el mismo radio que el digestor. Las dimensiones obtenidas con las Ecuación 32 y Ecuación 33 se muestran en la Tabla 5-46.

$$\text{Ecuación 32}$$

$$\text{Área de semi esfera (m}^2\text{)} = 2\pi r^2$$

$$\text{Ecuación 33}$$

$$\text{Volumen semi esfera (m}^3\text{)} = \frac{2}{3}\pi r^3$$

Tabla 5-46 Dimensiones de gasómetro

Cubierta membrana -Gasómetro		
r	11	m
Área de membrana	738,5	m ²
Volumen de almacenamiento de biogás	2669,0	m ³

5.2.5.4 Generación de biogás

Para los siguientes cálculos se utilizaron las características del sustrato respecto a la generación de biogás detalladas en la tabla

Tabla 5-47. Características del sustrato respecto a la Generación de biogás

Parámetro	Cantidad	Fuente
Rendimiento de biogas a 25°C (m³/kg SV destruido)	0,25	"Effect of Organic Loading Rates (OLR) on Production of Methane from Anaerobic Digestion of Vegetables Waste"- Babae y Shayegan, 2012
Densidad biogas (kg/m³)	1,3	"Effect of Organic Loading Rates (OLR) on Production of Methane from Anaerobic Digestion of Vegetables Waste"- Babae y Shayegan, 2012
Humedad de biogas (%)	10	"Effect of Organic Loading Rates (OLR) on Production of Methane from Anaerobic Digestion of Vegetables Waste"- Babae y Shayegan, 2012

Para saber la cantidad de biogás a producir, primero se calculó el caudal volumétrico de biogás a generarse a 25°C por cada digestor, utilizando la cantidad de SV de sustrato degradados calculados anteriormente y la tasa de biogás a 25°C :

Ecuación 34

$$\text{Caudal volumétrico de biogas} \left(\frac{m^3}{d} \right) = SV \text{ degradados} \left(\frac{kgSV}{d} \right) * \text{Tasa de biogas a } 25^\circ C \left(\frac{m^3}{kgSV} \right)$$

Al resultado obtenido se lo convirtió a caudal másico de biogás generado, multiplicando por la densidad del biogás (1,3 kg/m³). Luego, sabiendo que el biogás contiene un 10% de humedad, se procedió a calcular con la Ecuación 35 el caudal seco de biogás a generarse.

Ecuación 35

$$\text{Caudal másico de biogas seco} \left(\frac{kg}{d} \right) = \text{Caudal másico de biogas} \left(\frac{kg}{d} \right) * (100 - \text{Humedad de biogás} (\%))/100$$

Tabla 5-48 Caudales de biogás húmedo y seco a generarse.

Año	Caudal volumétrico de biogás a generarse (m ³ /d)	Caudal másico de biogás a generarse (kg/d)	Humedad del biogás (%)	Caudal másico de biogás seco a generarse (kg/d)
2023	357	464	10%	418
2032	531	690	10%	621

A partir de los resultados obtenidos de caudal másico seco de biogás, se procedió a calcular la generación de metano en el mismo, para poder saber cuánta energía se podrá producir en este periodo. El contenido de metano a generarse, en las condiciones de operación elegidas, se estima que sea de 45%.

Ecuación 36

$$\text{Caudal volumétrico de Metano} \left(\frac{m^3}{d} \right) = \text{Caudal volumetrico de bigoas seco} \left(\frac{m^3}{d} \right) * 0,45$$

Con el caudal volumétrico de metano obtenido (Tabla 5-49. Caudal de Metano y Generación de energía eléctrica) y sabiendo que su poder calorífico es de 10 KWh/m³ y asumiendo una eficiencia del generador del 40%, se calcularon mediante la Ecuación 37 la producción de energía eléctrica.

Ecuación 37

$$\text{Energía eléctrica generada} \left(\frac{KW}{d} \right) = \text{Caudal volumétrico de Metano} \left(\frac{m^3}{d} \right) * 10 \frac{KW}{m^3} * 0,4$$

Tabla 5-49. Caudal de Metano y Generación de energía eléctrica

Año	Caudal volumétrico Metano a generarse (m3/d)	Generación de energía (KW/d)
2023	145	578,1
2032	215	860,1

Tomando en cuenta que, el consumo de energía eléctrica del MCBA en el 2022 fue de 396743 KW/mes se estimó el porcentaje de abastecimiento con la provisión de energía de la planta de biogás.

Tabla 5-50 Abastecimiento de energía por parte de la planta de biogás

	Generación de energía por un Digestor (KW/d)	Generación de energía por un Digestor (KW/mes)	Generación de energía por 2 digestores en paralelo (KW/mes)	Porcentaje de abastecimiento al MCBA
2023	578,1	17343	34685	9%
2032	860,1	25804	51607	13%

5.2.5.5 Sistema de captación del biogás

5.2.5.5.1 Soplador

La presión a la salida del compresor deberá ser la presión del biogás requerida por la unidad de generación de energía eléctrica, la cual para nuestro equipo seleccionado resulta entre 30 mbar y 200 mbar. Como la presión del biogás a la salida de los biodigestores generalmente es aproximadamente 3 mbar, resulta necesario elevar la presión del mismo para cumplir con los requerimientos del generador.

El equipo elegido es el soplador modelo 2PB 940 H07 de la marca china FERNZ/RINGBO, llega a comprimir a una presión de 190 mbar con una potencia de 8,5 KW.



Figura 5-XLVII Soplador 2PB 910 H07. Fuente: FENRZ/RINGBO

5.2.5.5.1.1 Tuberías

Respecto a la velocidad del biogás en tuberías, existe la convención entre ingenieros proyectistas que busca mantener dentro del sistema velocidades inferiores a 5 m/s. Lo anterior se sustenta porque, dadas las bajas presiones en el digestor, se debe disminuir la pérdida de carga en tuberías de manera que el biogás logre llegar adecuadamente a la instalación de quema. Sin embargo, si el diseño contempla el uso de algún soplador para levantar presión, como es el caso de este proyecto, las velocidades pueden ser mayores, siempre y cuando se cumpla con lo siguiente:

- Que, en tramos largos, no supere los 12 m/s.
- Que, en los tramos cortos, no supere los 20 m/s.

Tomando una velocidad de 12 m/s y sabiendo que el caudal de biogás es de 478 m³/d, se calculó el diámetro de la tubería con la siguiente manera:

Ecuación 38

$$Q_{\text{biogas}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = \text{área de sección (m}^2) * \text{velocidad de flujo (m/s)}$$

Ecuación 39

$$A = \pi r^2$$

Por lo tanto, se obtuvo un diámetro de tubería igual a 40mm, coincidiendo con el diámetro comercial de caños.

5.2.5.6 Sistema de purificación del biogás

5.2.5.6.1 Filtro de H₂S

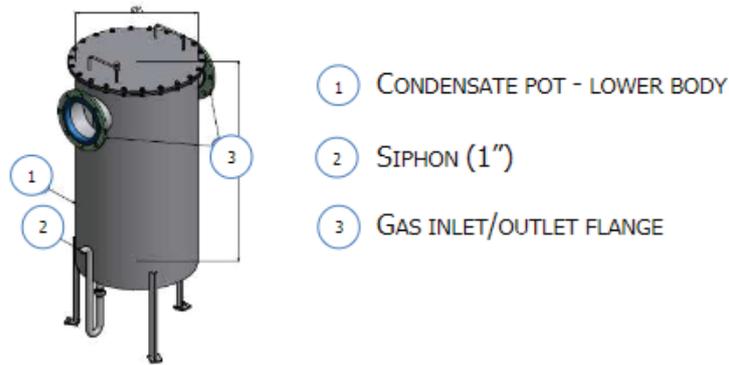
Para la eliminación del H₂S del biogás, se instalará el filtro de carbón activado modelo AQL-100 que permite un rango de caudal del gas entre 20-100 m³/h, ideal para el proyecto que tiene 20 m³/h como caudal máximo. Diseñado con un tanque de acero inoxidable con vida útil hasta 20 años permite eliminar completamente el H₂S.



Figura 5-XLVIII Filtro de carbón activado modelo AQL-100. Fuente: Aqualimpia

5.2.5.6.2 Condensador

Se instalará un condensador antes del filtro de H₂S para reducir el contenido de humedad del biogás a la salida del digester para una mayor eficiencia del biogás en el generador. Se eligió el condensador de Aqualimpia engineering modelo CP01 que puede recibir un flujo <200 m³/h.



Model size	Diameter		Height	Flow rate	Gas connection
	A in mm	B in mm	B in mm	Nm ³ /h	DN
CP01	300	800	800	< 200	80
CP02	480	1000	1000	200 - 400	125
CP03	640	1200	1200	400 - 750	200
CP04	955	1400	1400	750 - 1200	250

Figura 5-XLIX Condensadores para biogás. Fuente: Aqualimpia.

5.2.5.7 Generador de energía

Para el cálculo de la potencia del generador de energía a instalar, se realizaron los cálculos en base al contenido de metano en el biogás y sabiendo que el poder calorífico por m³ del metano es 10kWh y la eficiencia de producción de energía eléctrica del motor del fabricante (LVHUAN) es 40%.

Ecuación 40

$$\text{Produccion de metano } \left(\frac{m^3}{d}\right) = \text{Caudal volumetrico de biogas } \left(\frac{m^3}{d}\right) * (\%)_{\text{metano}}$$

Ecuación 41

$$\text{Energia electrica} = P_{\text{metano}} \left(\frac{m^3}{d}\right) * \text{Poder calorifico} \left(\frac{kWh}{m^3}\right) * \text{ef del generador } (\%)$$

Tabla 5-51 Datos para la elección de generador

Datos para diseño Generador		
Q biogás(2032)	478	m ³ /d
Metano	45	%
Poder calorifico metano	10	KWh/m ³
Eficiencia del generador	40	%

En la Tabla 5-52 se muestran los resultados obtenidos para la elección del generador, asumiendo que la potencia real tiene que ser 20% más de la calculada para cubrir picos de demanda y otras fluctuaciones de energía.

Tabla 5-52. Características del Generador

Resultados de cálculos para Generador		
Producción de metano	215	m3/d
Producción de energía diaria	860	kWh/d
Producción de energía hora	36	kWh/h
Potencia del generador	43,2	kWh/h

De esta manera, se eligió el modelo LHBG50 de generadores de la marca LVHUAN, que tiene una potencia de 50 kWh y requiere un contenido de metano mayor al 40%

Tabla 5-53 Datos ficha técnica del generador

Datos del Fabricante Generador LHBG50	
Número de modelo (Tipo de motor)	LHBG50
Nombre de marca	LVHUAN
Potencia primera	50 kWh
Capacidad de moto	8,58 l
Tamaño	3200*1350*1750 mm
Peso	2900 kg
La presión	3-20kpa



Figura 5-L. Generador LVHUAN Modelo LHBG50

5.2.5.8 Laguna de almacenamiento del digestato

Para el dimensionamiento de la laguna de descarga, se utilizaron los datos del caudal de salida digestor que, como ya se mencionó, al ser un sistema en continuo es igual al caudal de entrada (44,7 m³/d para 2032). Tomando un THR de 10 días (Moncayo, 2020), se calculó el volumen de la laguna dividiéndolo por el caudal volumétrico

mencionado. Con el resultado obtenido, tomando una altura útil de 2 m y un ancho de 5 m, se procedió a calcular el largo, sabiendo que la laguna de almacenamiento será rectangular (Tabla 5-54).

Tabla 5-54 Dimensionamiento de laguna de almacenamiento de digestato para un digestor

THR (d)	Caudal volumétrico de digestato (m ³ /d)	Volumen de laguna (m ³)	Altura útil (m)	Ancho (m)	Largo (m)
10	44,7	447	2	10	22

5.2.5.9 Bombas de succión

Las bombas que extraerán el lodo del digestor y de la laguna será la bomba centrífuga Motorarg Alto Caudal modelo BH200T con un caudal máximo de 10m³/h. Este resulta mayor al que tendrán los lodos del digestor, 9,5 m³/h, el cual fue calculado teniendo en cuenta el caudal másico de lodos para una jornada laboral de 8 h y una densidad de lodos de 1,4 t/m³.



Figura 5-LI Bomba centrífuga. Fuente: Motorarg

5.2.5.10 Segunda etapa 2033-2042, Ampliación del sistema de digestión anaeróbica.

A partir del 2032, el sistema de digestión anaeróbica deberá ampliarse para poder satisfacer el aumento en la generación de residuos orgánicos hasta el año 2042.

Primero, se procedió a calcular el volumen del digestor necesario para la cantidad de residuos en esta etapa. Para comenzar, se obtuvo el caudal volumétrico de entrada del sustrato, restando la generación proyectada para el 2042 de residuos orgánicos (125 m³/d) a lo cantidad que se tratará en los dos digestores idénticos en paralelos ya

diseñados ($89 \text{ m}^3/\text{d}$). De esta manera, el caudal volumétrico de diseño obtenido es de $35 \text{ m}^3/\text{d}$.

Siguiendo el mismo procedimiento de dimensionamiento explicado para la primera etapa, se obtuvo un volumen de digester anaeróbico de 1982 m^3 . Por lo tanto, se puede replicar el diseño del sistema de digestión anaeróbica previamente calculado, donde operará a una capacidad del 89%.

También se procedió al cálculo de generación de energía eléctrica a partir del biogás generado en la segunda etapa con los 3 sistemas de digestión anaeróbica operando simultáneamente. En la Tabla 5-55, se detallan los resultados, donde se observa que para el 2042, se estaría proveyendo al MCBA a un 20% de su consumo energético actual.

Tabla 5-55 Generación de energía total en la segunda etapa

	Producción de energía (kWh/d)	Generación de energía por un Digestor (KW/mes)	Generación de energía total digestores en paralelo (KW/mes)	Porcentaje de abastecimiento o al MCBA
2023	578,1	17343	34685	9%
2032	860,1	25804	51607	13%
2042	963,1	28892	80499	20%

6 Cómputo y presupuesto

En el presente capítulo se evalúan los diferentes costos económicos asociados a la gestión integral de residuos sólidos diseñada, diferenciando la Propuesta A (con compostaje) y la Propuesta B (con digestión anaeróbica), desde la inversión inicial hasta la operación y mantenimiento de cada actividad. El análisis se computó en dólares estadounidenses (USD), teniendo en cuenta para la conversión de los costos obtenidos en pesos argentinos, la cotización del Banco Nación al 30 de septiembre del 2022 del dólar oficial: USD 1= AR \$ 147,3.

6.1 Inversión inicial

Para la inversión que se necesitará para iniciar la gestión, se analizaron los costos fijos que tendrá cada proyecto incluyendo la planificación, construcción, equipamiento y materiales.

6.1.1 Propuesta A - Compostaje

En la Tabla 6-1 se detalla por etapa de gestión, los costos de los componentes de las mismas.

Tabla 6-1 Costos fijos de la inversión inicial para Propuesta A

Inversión inicial										
Etapa de Gestión	Rubro	Ítem	Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario USD	Costo total USD	Importe Rubro USD	Incidencia rubro	
Preliminar										
Construcción de planta de tratamiento	Preparación del predio	1.1	Limpieza del terreno y movimiento de suelo	m ²	32000	13,6	434487,4406	434487,4	21%	
Materiales y equipamiento										
Separación en origen, disposición inicial	Contenerización	2.1	cestos 50 ml	set 5 u	18	678,9	12220,0	446680,2	21%	
		2.2	contenedor 1100 l	u	29	780,7	22640,9			
		2.3	contenedor 3200 l	u	44	950,4	41819,4			
		2.4	Batea jaula 20 t	u	37	10000,0	370000,0			
Recolección	Camión recolector	3.1	Camión roll off	u	2	122199,6	244399,2	485399,2	23%	
		3.2	Compactador carga lateral	u	2	120500,0	241000,0			
Planta de tratamiento	Pesaje	4.1	Bascula	u	1	20000,0	20000,0	215253,1	10%	
		4.2	hormigón	m ²	1800	19,5	35100,0			
	Playón estacionamiento	4.3	hormigón	m ²	100	19,5	1950,0			
		4.4	tolva de descarga	u	1	8350,0	8350,0			
	Planta de reciclaje	Calle	4.5	cinta transportadora	m	15,4	187,5			2888,3
			4.6	Volquete rechazos	u	1	2036,7			2036,7
			4.7	Compactadora/enfardadora	u	1	950,0			950,0
	Planta de reciclaje	Playón estacionamiento	4.8	cestos	u	4	780,7			3122,9
			4.9	chapa para techo	m ²	1032	96,04			99113,3
			4.10	hormigón	m ²	516	19,5			10062,0
			4.11	Pala cargadora	u	1	31680,0			31680,0
1587296,8										

Nave de compostaje	5.1	Piso y paredes acopio la nave	Hormigón	m ²	616	19,5	12012,0	100637,3	5%
	5.2	Oficina y vestuario	material (Durlock)	m ²	70	19,7	1379,0		
	5.3	Trituración	DEISA MP800	u	1	12000,0	12000,0		
	5.4	Chipeo de madera	DEISA CHIPEADORA CH750	u	1	8000,0	8000,0		
	5.5	Tamizado	DEISA Zaranda de compost ZT390	u	1	16500,0	16500,0		
	5.6	Sistemas recolector	Canaleta PVC +reja	1m	146,4	93,0	13616,3		
	5.8	Pala cargadora	Mini cargadora Bobcat	u	1	37130,0	37130,0		
	6.1	Pala cargadora	Luzhong 935b	u	1	40000,0	40000,0		
Área compostaje	6.2	Volteadora	Removedora de compost RCO	u	1	18050,0	18050,0	154928,7	7%
	6.3	Área de descomposición	Hormigón	m ²	4205	19,5	81997,5		
	6.4	Sistema recolector	Canaleta PVC +reja	m	160	93,0	14881,2		
	7.1	Impermeabilización	Ggeomembrana polietileno	42m ²	5,95	30968	184333,3		
Laguna de lixiviados	8.1	Control compost	Sensor -compost-INTA	u	1	65,0	65,0	184333,3	9%
							65,0		
Ingeniería del proyecto y mano de obra									
Construcción	9.1	Ingeniería básica	Elaboración de proyecto	g ^o	1	10183,29939	10183,3	68634,9	3%
	9.2	Ingeniería en detalle	Elaboración de proyecto	g ^o	1	9164,96945	9165,0		
	9.3		Estudio de factibilidad	g ^o	1	1018,329939	1018,3		
	9.4		Informe técnico y planos	g ^o	1	1018,329939	1018,3		
	9.5	Mano de obra	Operarios	g ^o	1	24375	24375,0		
	9.6		Supervisor	g ^o	1	6000	6000,0		
	9.7		Personal técnico	g ^o	1	16875	16875,0		
COSTO TOTAL						USD	2090419		

Por lo tanto, se calcula un **costo de inversión inicial de USD 2.090.419** (DOS MILLONES NOVENTA MIL CUATROCIENTOS DIECINUEVE DÓLARES). También, se observa que las etapas de construcción de la planta de tratamiento, la separación en origen y la recolección son las que más incidencia tienen en el costo total. Esto se debe a la gran área de terreno que hay que acondicionar y la cantidad de equipamiento como camiones y recipientes que resultan necesario para le gestión integral de residuos del MCBA.

6.1.2 Propuesta B – Digestión anaeróbica

En la Tabla 6-2 se detalla por etapa de gestión, los costos de inversión de inversión para la primera etapa del tratamiento de digestión anaeróbica que abarca el periodo 2023-2032.

Tabla 6-2 Costos fijos de la inversión inicial para Propuesta B-Primera etapa

Primera etapa - Periodo 2023-2032										
Inversión inicial										
Etapa de Gestión	Rubro	Ítem	Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario USD	Costo total USD	Importe Rubro USD	Incidencia rubro	
Preliminar										
Construcción de planta de tratamiento	Preparación del predio	1.1	Limpieza del terreno y movimiento de suelo	m ²	32000	13,6	434487,441	434487,441	22%	
Materiales y equipamiento										
Separación en origen, disposición inicial	Contenerización	2.1	Cestos 50 ml	set 5 u	18	678,9	12220	446680,2	23%	
		2.2	Contenedor 1100 l	u	29	780,7	22640,9			
		2.3	Contenedor 3200 l	u	44	950,4	41819,4			
		2.4	Batea jaula 20 tn	u	37	10000	370000			
Recolección	Camión recolector	3.1	Camión roll off	u	2	122199,6	244399,2	485399,2	25%	
		3.2	Compactador carga lateral	u	2	120500	241000			
Planta de tratamiento	Pesaje Calle	4.1	Báscula	u	1	20000	20000	215253,1	16%	
		4.2	Hormigón	m ²	1800	19,5	35100			
	Playón estacionamiento	4.3	Hormigón	m ²	100	19,5	1950			
		4.4	Tolva de descarga	u	1	8350	8350			
	Planta de reciclaje	Planta de reciclaje	4.5	Cinta transportadora	m	15,4	187,5			2888,3
			4.6	Volquete rechazos	u	1	2036,7			2036,7

Digestión anaeróbica	4.7	Compactadora/enfardadora	u		1	950	950	
	4.8	Cestos	u		4	780,7	3122,9	
	4.9	Chapa para techo	m ²		1032	96,04	99113,3	
	4.10	Hormigón	m ²		516	19,5	10062	
	4.11	Pala cargadora	u		1	31680	31680	
	5.1	Hormigón	m ²		7370	19,5	143715	10%
	5.2	Material (durlock)	m ²		70	19,7	1379	
	5.3	DEISA MP800	u		1	12000	12000	
	5.4	DEISA Zaranda de compost ZT390	u		1	16500	16500	
	5.5	Canaleta PVC +reja	1m		146,4	150,0	21960,0	
	5.6	Membrana gasómetro	u		2	3000	6000	
	5.7	Luzhong 935b	u		2	40000	80000	
	5.8	Tuberías	m		400	51,5	20600	
5.9	Agitador lateral AHL 3 MWV MXING	u		2	150	300		
5.10	Lusqtoff CMP150	u		8	80	640		
5.11	Agitador lateral AMYV MXING	u		4	175	700		
5.12	Soplador	u		2	160	320		
5.13	válvula de seguridad	u		2	50	100		

	antorcha	5.14	antorcha de seguridad	u	2	2500	5000		
	Eliminación H2S	5.16	equipo	u	2	1000	2000		
	Condensador	5.17	condensador	u	2	1000	2000		
	Generador eléctrico	5.18	equipo generador	u	2	3000	6000		
Ingeniería del proyecto y mano de obra									
Construcción	Ingeniería básica	9.1	Elaboración de proyecto	gº	1	10183,3	10183,3		
	Ingeniería en detalle	9.2	Elaboración de proyecto	gº	1	9165	9165		
		9.3	Estudio de factibilidad	gº	1	1018,3	1018,3		
		9.4	Informe técnico y planos	gº	1	1018,3	1018,3		
	Mano de obra	9.5	Operarios	gº	8	24375	195000		
		9.6	Supervisor	gº	1	6000	6000		
		9.7	Personal técnico	gº	1	16875	16875		
COSTO TOTAL						USD	2140294	239259,9	11%

De esta manera, **para la primera etapa de tratamiento biológico con dos digestores anaeróbicos, se analiza un costo de inversión inicial de USD 2.140.294** (DOS MILLONES CIENTO CUARENTA MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y CUATRO DÓLARES). Al igual que en la primera propuesta, las etapas de construcción de la planta de tratamiento, la separación en origen y la recolección son las que más incidencia tienen en el costo total.

Para la segunda etapa, se proyecta una ampliación de la planta con la construcción de un tercer sistema de digestión anaeróbica. En la Tabla 6-3 se detallan los costos de inversión para el periodo 2033-2042. **En la misma se observa que el desarrollo de esta ampliación costará USD 259.555** (DOSCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CINCO DOLARES).

Tabla 6-3 Costos fijos de la inversión inicial para Propuesta B- Segunda etapa

Segunda etapa - Periodo 2033-2042									
Inversión inicial									
Etapa de Gestión	Rubro	Item	Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario USD	Costo total USD	Importe Rubro USD	Incidencia rubro
Materiales y equipamiento									
	Infraestructura	5.1	hormigón	m ²	2870	19,5	55965	117795	45%
	Membrana gasómetro	5.2	membrana gasómetro	u	1	3000	3000		
	Pala cargadora	5.3	Luzhong 935b	u	1	40000	40000		
	Tuberías	5.4	tuberías	m	200	51,5	10300		
	Agitador Tanque alimentación	5.5	Agitador lateral AH L 3 MYV MXING	u	1	150	150		
	Bomba	5.6	Lusqtoff CMP150	u	4	80	320		
	Agitador biodigestor	5.7	Agitador lateral AMYV MXING	u	2	175	350		
	Soplador	5.8	Soplador	u	1	160	160		
	válvula	5.9	válvula de seguridad	u	1	50	50		
	antorcha	5.10	antorcha de seguridad	u	1	2500	2500		
	Eliminación H2S	5.11	equipo	u	1	1000	1000		
	Condensador	5.12	condensador	u	1	1000	1000		

Generador eléctrico		5.13	equipo generador	u	1	3000	3000	
Ingeniería del proyecto y mano de obra								
Construcción	Ingeniería básica	9.1	Elaboración de proyecto	gº	1	10183,3	10183,3	141759,9
	Ingeniería en detalle	9.2	Elaboración de proyecto	gº	1	9165	9165	
		9.3	Estudio de factibilidad	gº	1	1018,3	1018,3	
		9.4	Informe técnico y planos	gº	1	1018,3	1018,3	
	Mano de obra	9.5	Operarios	gº	4	24375	97500	
		9.6	Supervisor	gº	1	6000	6000	
		9.7	Personal técnico	gº	1	16875	16875	
COSTO TOTAL						USD	259555	100%

6.2 Operación y Mantenimiento

Para calcular el costo operacional y de mantenimiento se evaluaron los costos variables como los sueldos del personal necesario en cada etapa, la disposición final en CEAMSE de los residuos no aprovechables y la electricidad y combustible para el funcionamiento de la planta y máquinas.

Primero, fue necesario calcular el consumo total de combustibles para los camiones y para las máquinas en planta. Este cálculo es el mismo para ambas propuestas ya que se refiere a la etapa de recolección y al uso de palas cargadoras presentes en las plantas.

En la Tabla 6- se detallan el consumo (l/km) de cada camión y los km de cada trayecto realizado por recolección diaria. Para las palas cargadoras se muestra en

Tabla 6-, el consumo por hora y donde se estimó 5 horas diarias de uso para el consumo total. Los valores de combustibles utilizados, diésel para camiones y nafta para palas, son al mes de septiembre 2022, obtenidos de la página web: www.surtidores.com.ar/precios.

Tabla 6-4 Consumo combustible de camiones

Transporte	Consumo (l/km)	Km/día	Consumo anual (l)	Cantidad de camiones	Consumo total anual (l)
Camión roll off	0,35	18	1890	2	3780
Camión compactador	0,35	5	525	2	1050
Camión transporte CEAMSE	0,35	45	1890	1	1890
Total					6720

Tabla 6-5 Consumo de combustible de palas cargadoras

Equipos planta	Consumo (l/h)	horas/día	Consumo anual (l)
Pala cargadora grande	10	5	15000
Pala cargadora chica	6	5	9000
Total			24000

Tabla 6-6 Precios de combustibles (Septiembre, 2022)

Combustible	Valor	Unidad
Nafta	169,2	\$/l
Diesel	145,7	\$/l

Para saber el costo variable respecto a la electricidad necesaria en cada planta, se calcularon los consumos mensuales (KWh) de cada equipo, teniendo en cuenta su potencia (KW) y horas de uso. Luego, se tomó como referencia la estructura tarifaria dispuesta por el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) para EDENOR. Para el MCBA se observó la categoría de Tarifa 3, grandes demandas (≥ 50 KW) y de media tensión, estimando así el costo de la electricidad con un cargo fijo de USD 42,99/mes y cargo fijo mensual/KW de UDS 2,14.

6.2.1 Propuesta A

Tabla 6-7 Consumo eléctrico mensual por equipo

Equipo	Potencia (KW)	Consumo mensual (KWh)
Bascula	8	1600
Trituradora	55	11000
Chipeadora	37	7400
Tromel	30	6000
Cinta transportadora	4	800
Prensa compactadora	55	11000
Total		37800

Tabla 6-8 Costos de operación y mantenimiento Propuesta A

Operación y Mantenimiento							Incidencia rubro	
Etapa de Gestión	Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario anual USD	Costo total anual USD			
Recolección	Choferes	Persona	4	8146,6	32586,6			
	Ayudante	Persona	2	6517,3	13034,6			
Recepción	Guardia entrada	Persona	2	6517,3	13034,6			
	Jefe de planta de tratamiento	Persona	1	24439,9	24439,9			
Operación y administración Planta tratamiento (RECICLAJE + COMPOSTAJE)	Supervisor planta compostaje	Persona	1	17922,6	17922,6		55%	
	Supervisor planta reciclaje	Persona	1	17922,6	17922,6			
	Operarios compostaje	Persona	8	6517,3	52138,5			
	Operarios reciclaje	Persona	7	6517,3	45621,2			
	Técnico control compostaje	Persona	1	16048,9	16048,9			
	Administrativos	Persona	2	8146,6	16293,3			
	Técnico mantenimiento	Persona	1	8961,3	8961,3			
	Disposición final en CEAMSE de restos	t/sem	127	15,9	96890,8			
	Electricidad -Costo fijo MENSUAL	-	-	-	42,99	515,9		
	Electricidad -Cargo por potencia contratada	KW-mes	37800	2,143	81014,7			25%
Combustible Nafta	litros	24000	1,149	27568,2				
Combustible Diesel	litros	6720	0,989	6647,0				
COSTO TOTAL				USD	470640,7		100%	

Tabla 6- se observa que **el costo total anual de operación y mantenimiento de la gestión será de USD 470.640** (CUATROCIENTOS SETENTA MIL SEISCIENTOS CUARENTA DÓLARES) para la planta de compostaje.

6.2.2 Propuesta B

Tabla 6-9 Consumo energético de Propuesta B-Primera etapa

Equipo	Unidad	Potencia unitaria (KWh)	Consumo mensual (KW)
Bascula	1	8	1600
Trituradora	1	55	11000
Chipeadora	1	37	7400
Cinta transportadora	1	4	800
Prensa compactadora	1	55	11000
Agitador Tanque alimentación	2	3,7	5328
Bomba	8	1,34	7718,4
Agitador biodigestor	4	15	43200
Soplador	2	8,5	12240
Generador eléctrico	2	150	216000
Total			316286

Tabla 6-10 Costos operación y mantenimiento de Propuesta B- Primera etapa

Operación y Mantenimiento							Incidencia rubro	
Etapa de Gestión	Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario anual USD	Costo total anual USD			
Recolección	Choferes	Persona	4	8146,6	32586,6			
	Ayudante	Persona	2	6517,3	13034,6			
Recepción	Guardia entrada	Persona	2	6517,3	13034,6			
	Jefe de planta de tratamiento	Persona	1	24439,9	24439,9			
Operación y administración Planta tratamiento (RECICLAJE + BIODIGESTIÓN)	Supervisor planta biodigestión	Persona	1	17922,6	17922,6			
	Supervisor planta reciclaje	Persona	1	17922,6	17922,6			
	Operarios biodigestión	Persona	2	6517,3	13034,6			
	Operarios compostaje	Persona	1	6517,3	6517,3			
	Operarios reciclaje	Persona	7	6517,3	45621,2			
	Técnico biodigestión	Persona	1	16048,9	16048,9			
	Administrativos	Persona	2	8146,6	16293,3			
	Técnico mantenimiento	Persona	1	8961,3	8961,3			
	Disposición final	Disposición final en CEAMSE de restos	tn/sem	127	15,9	96890,8		9%
	Insumos	Electricidad -Costo fijo MENSUAL	-	-	42,99	515,9		
Electricidad -Cargo por potencia contratada		Kw-mes	316286,4	2,143	677801,755		69%	
Combustible Nafta		litros	24000	1,149	27568,2			
Combustible Diesel		litros	6720	0,989	6647			
COSTO TOTAL				USD	1034841,16		100%	

Tabla 6-11 Consumo energético de Propuesta B- Segunda etapa

Equipo	Unidad	Potencia unitaria (KWh)	Consumo mensual (KW)
Agitador Tanque alimentación	1	3,7	2664
Bomba	4	1,34	3859,2
Agitador biodigestor	2	15	21600
Soplador	1	8,5	6120
Generador eléctrico	1	150	108000
Total			142243,2

Tabla 6-12 Costos operación y mantenimiento de Propuesta B- Segunda etapa

Operación y Mantenimiento						
Etapa de Gestión	Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario anual USD	Costo total anual USD	Incidencia rubro
Recolección	Choferes	Persona	4	8146,6	32586,6	34%
	Ayudante	Persona	2	6517,3	13034,6	
Recepción	Guardia entrada	Persona	2	6517,3	13034,6	
	Jefe de planta de tratamiento	Persona	1	24439,9	24439,9	
Operación y administración Planta tratamiento (RECICLAJE + BIODIGESTIÓN)	Supervisor planta biodigestión	Persona	1	17922,6	17922,6	
	Supervisor planta reciclaje	Persona	1	17922,6	17922,6	
	Operarios biodigestión	Persona	2	6517,3	13034,6	

Operarios compostaje	Persona	1	6517,3	6517,3	6517,3	
	Operarios reciclaje	Persona	7	6517,3	45621,2	
	Técnico biodigestión	Persona	1	16048,9	16048,9	
	Administrativos	Persona	2	8146,6	16293,3	
	Técnico mantenimiento	Persona	1	8961,3	8961,3	
Disposición final	Disposición final en CEAMSE de restos	tn/sem	127	15,9	96890,8	15%
Insumos	Electricidad -Costo fijo MENSUAL	-	-	42,99	515,9	51%
	Electricidad -Cargo por potencia contratada	Kw-mes	142243,2	2,143	304827,2	
	Combustible Nafta	litros	24000	1,149	27568,2	
	Combustible Diesel	litros	6720	0,989	6647	
	COSTO TOTAL			USD	661867	

Como se observa en la Tabla 6-, **los costos variables de la propuesta B para la primera etapa** serán de **USD 1.034.842** (UN MILLÓN TREINTA Y CUATRO MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y DOS DÓLARES). Al sumarle los **costos de operación y mantenimiento de la ampliación de la planta con un tercer digestor, USD 661.867** (SEISCIENTOS SESENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE DÓLARES), se obtiene un **total de USD 1.696.708** (UN MILLÓN SEISCIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS OCHO DÓLARES) de costos variables **para el total de la propuesta B de digestión anaeróbica.**

Como se detalló en la memoria de cálculo, la planta de digestión anaeróbica generará energía eléctrica para proveer al MCBA. En la Tabla 6-13 se puede observar que, tomando como referencia lo consumido para el 2022 de KW/mes en el MCBA, en la primera etapa de la propuesta B con la energía provista a partir del biogás de dos digestores le permitirá ahorrar USD 110.607 por mes de pago al proveedor energético EDENOR, aumentando a un ahorro de USD 172.530 por mes con la ampliación de la planta a partir del 2033.

Tabla 6-13 Provisión de energía eléctrica (EE) al MCBA y gasto por KW mes

MCBA	Provisión EE por EDENOR al MCBA (Kw/mes)	Gasto (USD)	Ahorro respecto a sin tratamiento(USD)
Sin tratamiento	396743	850318	-
Con tratamiento Propuesta B (2023-2032)	345136	739711	110607
Con tratamiento Propuesta B (2033-2042)	316244	677788	172530

Además, ambas propuestas tendrán un ahorro en la etapa de disposición final ya que, con la gestión integral diseñada, solo se transportarán los residuos no aprovechables, una vez a la semana, a diferencia de la gestión actual que dispone en el CEAMSE diariamente los residuos generados en el mercado. En la Tabla 6-3 se puede observar el ahorro de USD 383543.

Tabla 6-3 Costos de disposición final en CEAMSE y ahorro con una gestión integral de residuos.

	Disposición final CEAMSE	
	Costo anual (USD)	
Gestión actual	480434,4	
Gestión integral de residuos sólidos (A o B)	96890,8	
Ahorro	383543,6	80%

6.3 Comparativa económica de propuestas A y B

En la siguiente figura se observan los costos totales anuales de inversión inicial y de operación de cada propuesta durante el periodo proyectado 2023-2042.

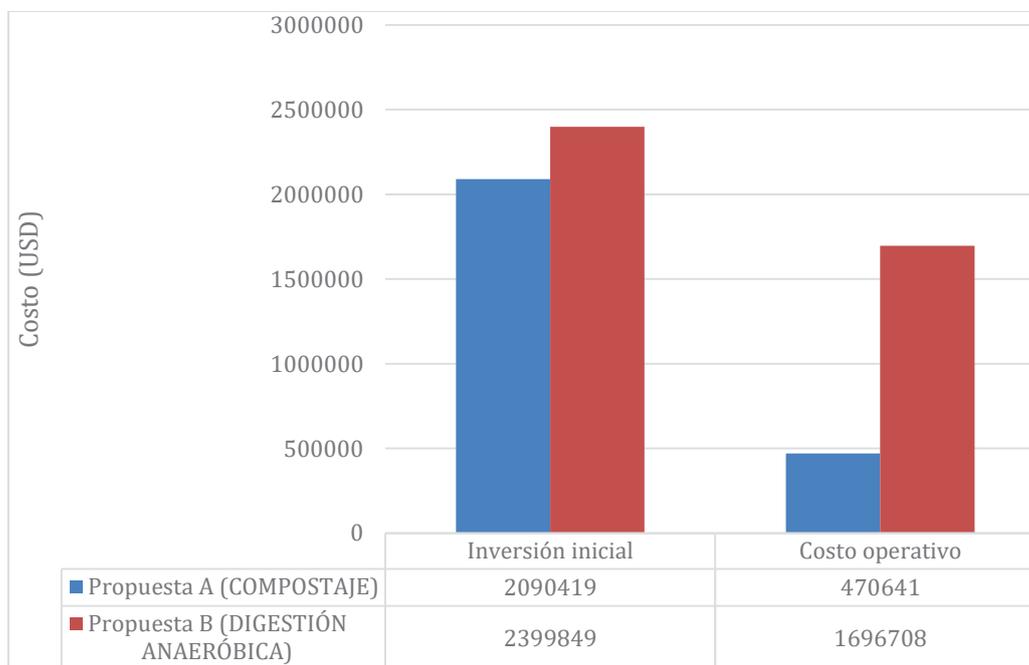


Figura 6-I Comparación de costos de propuestas A y B.

Al comparar ambas propuestas, se observa que la propuesta B conllevará una inversión inicial mayor que la propuesta A de compostaje. Asimismo, la ventaja se amplía considerablemente cuando se analizan los costos operativos, donde la planta de digestión anaeróbica gasta más de un millón de dólares más al año que el proceso de compostaje.

6.4 Financiamiento del proyecto

Al evaluar el elevado valor de inversión inicial del proyecto, se buscará solicitar financiamiento externo para la ejecución del mismo.

Un posible financiamiento sería desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que, en agosto 2022, consiguió un préstamo para robustecer la gestión integral de los residuos sólidos urbanos (GIRSU) en todo el país. La aprobación del crédito alcanzará los USD 450 millones a lo largo de cuatro años y fue otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Europeo de Inversiones (BEI) y la Agencia Francesa del Desarrollo (AFD).

Como parte de la línea de crédito se aprobó una primera operación de US\$70 millones del BID, la cual contará con un aporte adicional de US\$50 millones del Banco Europeo de Inversiones y otros US\$ 17.5 millones del presupuesto nacional. Con ello se financiarán obras y equipamientos que contribuyan a incrementar la disposición adecuada de RSU y a mejorar su recuperación y valorización con un enfoque de inclusión social.

7 Análisis de las alternativas del tratamiento biológico

Para poder evaluar las tecnologías propuestas para el tratamiento de residuos orgánicos, se analizarán las ventajas y desventajas de cada uno, respecto a su gestión, impacto ambiental, económico y social.

7.1 Gestión

7.1.1 Propuesta A: Compostaje

- + El proceso de compostaje conlleva un control de operación bajo, es decir que, la mano de obra que se necesita no requiere ser calificada. Tanto para los volteos, la medición de las variables y el manejo del trómel, con capacitaciones anuales es suficiente para que los trabajadores sepan cómo actuar.
- El tiempo de compostaje es alto, 14 semanas, y por eso requiere grandes áreas de terreno para formar las pilas que se generan durante este tiempo. Si bien los problemas operacionales potenciales son escasos, al estar en el exterior y no cubierto, el proceso resulta sensible a grandes cambios meteorológicos.

7.1.2 Propuesta B: Digestión anaeróbica

- + El tratamiento por digestión anaeróbica tiene una menor duración, 8 semanas.
- + También, si se desea tratar más corrientes de residuos como, por ejemplo, cárnicos, ésta alternativa resultaría viable para reducirlos, evaluando los cambios necesarios a la planta.
- La operación de la planta de digestión anaeróbica es compleja y es sumamente necesario técnicos especialistas en este proceso.
- Se requiere un frecuente mantenimiento de los equipos del sistema para que se opere correctamente para, por ejemplo, evitar fugas.

7.2 Impacto ambiental

La gestión integral de residuos sólidos, a través de la aplicación de sus diferentes etapas, contribuye a lograr varias de las metas establecidas en los objetivos de desarrollo sostenible. Por un lado, la separación en origen y la recolección

diferenciada genera un servicio adecuado, seguro y asequible para la comunidad del MCBA (ODS 3-Salud y bienestar y ODS 11-ciudades seguras).

Asimismo, ambos tratamientos biológicos propuestos permiten descomponer los residuos orgánicos y valorizarlos, generando productos de gran utilidad. De esta manera, se logra minimizar la disposición final de los residuos sólidos del MCBA y reducir las emisiones de GEI que se generan en los rellenos sanitarios y en los basurales a cielo abierto, los cuales son la principal emisión directa de biogás a la atmósfera debido a su alto contenido de metano. (Kirkeby et al., 2007; Manfredi et al., 2010a). Así es que también colaboran con el ODS-3, ODS-11 y ODS-12 de producción y consumo sostenible donde una de sus metas es la gestión de todos los residuos.

Propuesta A: Compostaje

- + El compost fino producido será una enmienda natural que podrá ser usada para fertilizar suelos en la agricultura o en paisajismo, dependiendo el tipo de compost, A o B, resultante.
- Las hileras en la etapa de descomposición pueden generar olores desagradables si no se controlan adecuadamente sus variables. También, atraen vectores de enfermedades, como algunos roedores, y resulta necesario la sanitización correcta del predio.

Propuesta B: Digestión anaeróbica

- + El digestor anaeróbico permite tener un control sobre los gases y efluentes generados en el proceso y además,
- + Con la producción del biogás y su utilización para consumo interno del MCBA, se disminuye el uso de la energía no renovable que es el gas natural.
- + En el caso de los lodos, luego de ser compostados también pueden ser utilizados como enmienda natural, al igual que el fertilizante líquido obtenido del digestato de la laguna de almacenamiento, luego de controlar que estén libre de patógenos.

7.3 Impacto social

El programa de reducción de pérdidas junto con la gestión integral de residuos no solo reduce sustancialmente los residuos generados sino también genera empleo verde contribuyendo al ODS 1, fin de la pobreza, ODS 8, crecimiento y empleo y ODS-9

industria sostenible. Disminuir los desperdicios de las frutas y hortalizas que siguen siendo alimento, apoya a la lucha contra el hambre y la seguridad alimentaria, ODS 2.

En ambas propuestas, el compost producido será donado a organizaciones sociales para fomentar las creaciones de huerta y también a productores que trabajan en una transición a la agroecología.

Propuesta A: Compostaje

+ Al igual que en el programa de reducción de pérdidas y la planta de reciclaje, se empleará a personas de bajos recursos que, por diferentes circunstancias, no puedan conseguir un trabajo digno que les garantice derechos laborales. Con la capacitación correspondiente, como ya se mencionó en el apartado de gestión, la planta de compostaje brindará trabajo con inclusión social.

7.4 Impacto económico

Como ya se analizó en el Capítulo 6, las alternativas de tratamiento biológico presentan gran diferencia en sus costos de inversión y los operativos de su planta, siendo la de mayor costo la propuesta B.

7.5 Conclusión

Tras analizar las ventajas y desventajas de cada propuesta de tratamiento biológico, se decidió por tratar los residuos orgánicos mediante el proceso de compostaje de la propuesta A. Si bien ambas presentan impactos ambientales positivos, el proceso de compostaje requiere de una gestión más simple y requiere menos gastos de operación y mantenimiento, además de ayudar a cumplir con el objetivo específico del proyecto de realizar una gestión integral de residuos con inclusión social.

8 Evaluación de Impacto Ambiental

8.1 Introducción

El objetivo del presente capítulo es realizar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto, abarcando las etapas de construcción, operación y cierre de la planta de tratamiento de valorización de residuos sólidos del Mercado Central de Buenos Aires en Tapiales, municipio de La Matanza, provincia de Buenos Aires. Para ello, se propone analizar la incidencia de las distintas etapas del proyecto sobre el medio ambiente natural y socio-económico, para prever los posibles impactos sobre ellos y planificar medidas de prevención, mitigación o remediadoras, con el fin de llevar cabo el proyecto de manera sostenible con el ambiente.

8.2 Marco normativo

Marco Legal Nacional	
Norma	Resumen
Constitución Nacional Art. 41	Reconoce el derecho de todos los habitantes a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano. Concepto de desarrollo sustentable y deber de preservar
Ley 25.675 - Ley General del Ambiente	Establece los presupuestos mínimos para la gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.
Ley N° 25.612	Plan Nacional de Presupuestos Mínimos para la Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios.

Ley N° 25.688 - Régimen de Gestión Ambiental de Aguas	Establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional
Ley N° 19.587 - Decreto 351/79 - Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo	Es la Legislación base sobre la higiene y seguridad en el trabajo, comprende las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otra índole que tienen por objeto: a) proteger la vida, preservar y mantener la integridad psico-física de los trabajadores; b) prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo; c) estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.
Ley N° 24.557/95 - Ley de Riesgos del Trabajo	Complementa a la Ley de Higiene y Seguridad laboral
Marco Legal Provincial	
Norma	Resumen
<u>Ley N° 13.592</u>	<u>Gestión integral de los residuos sólidos urbanos:</u> la ley fija los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley Nacional N° 25.916 de "presupuestos mínimos de protección

	ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios”
<u>Ley Provincial N° 14.273. (año 2011)</u>	<u>Residuos domiciliarios- Grandes Generadores:</u> establece desde el 1 de enero del 2011, los grandes generadores (> 1000 kg de residuos generados al mes) ubicados en los municipios comprendidos en el Decreto-Ley 9.111/78, así como los que se hayan integrado con posterioridad, se incorporan al programa de generadores privados de la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), debiendo hacerse cargo de los costos del transporte y la disposición final de los residuos producidos
<u>Ley Provincial N° 11.720</u>	<u>Residuos Especiales:</u> dispone las etapas de generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires.

8.3 Metodología

El procedimiento se realizó conforme a los lineamientos de la normativa de la Provincia de Buenos Aires en materia ambiental, según lo establecido en la Ley Provincial N° 11.723, la Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, donde establece a las plantas de tratamiento y disposición final de residuos como uno de los proyectos de obras o actividades sometidas al proceso de EIA por la Autoridad Ambiental Provincial.

8.4 Descripción del proyecto

8.4.1 Descripción general del proyecto

El proyecto consiste en la instalación de una planta de tratamiento para valorizar los residuos sólidos del MCBA que formará parte de la gestión integral de los residuos del establecimiento. El lugar estará compuesto por: una nave de compostaje donde estará la zona de acopio, pretratamiento y tamizado de los residuos orgánicos, el área para las hileras de compostaje, el área de lagunas para lixiviados, la nave de reciclaje para plásticos y acopio de cartón y papel, el área de secado de lodos, recepción de camiones y oficinas.

8.4.2 Localización del proyecto

La planta de tratamiento se ubicará dentro del MCBA en la localidad de Tapiales, municipio de La Matanza, provincia de Buenos Aires. El predio delimitado para el proyecto cuenta con una superficie de 40000 m² y se encuentra a pocos metros de la entrada del mercado con acceso a la Autopista Richieri.

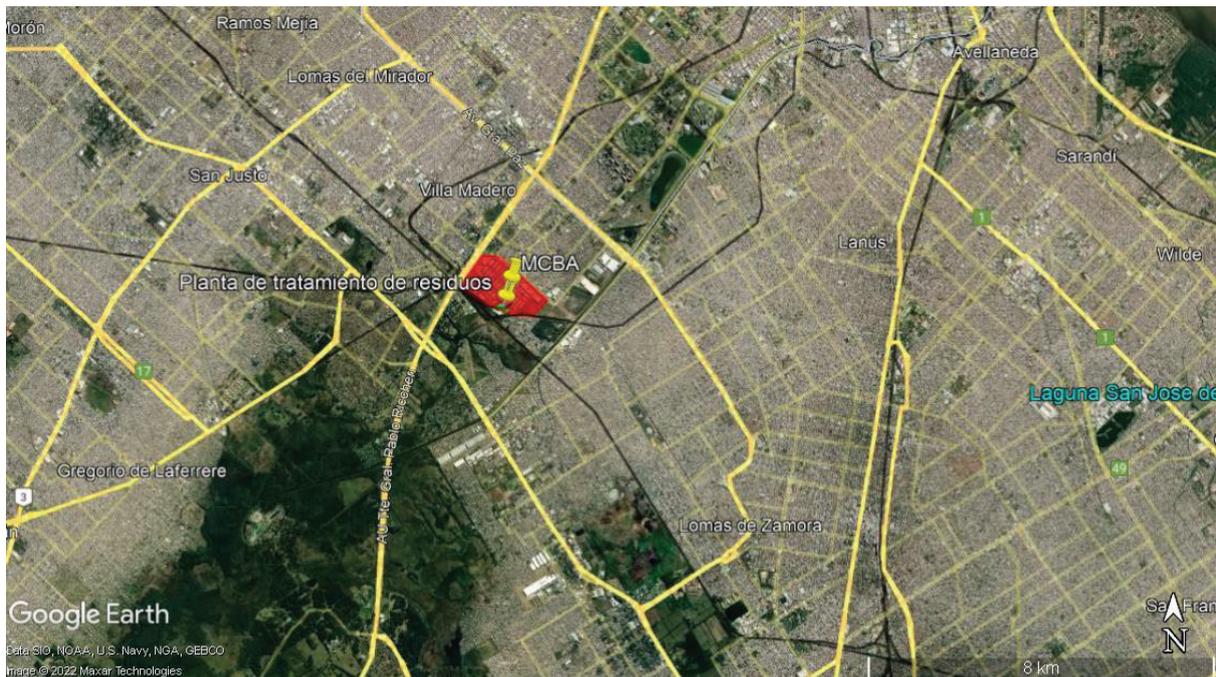


Figura 8-I Mapa con ubicación del proyecto dentro del Mercado Central de Buenos Aires (MCBA)

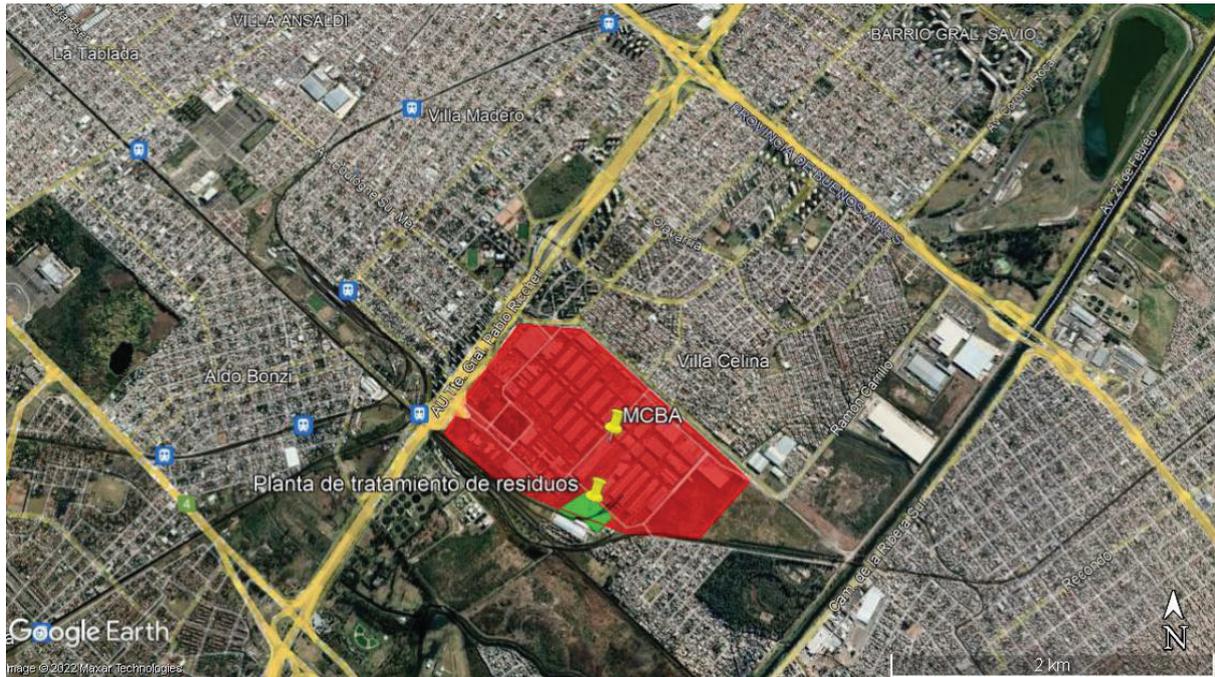


Figura 8-II Mapa del MCBA (Rojo) y de la Planta de tratamiento (verde)

8.4.3 Infraestructura disponible

El predio no cuenta con construcción civil previa, pero las redes eléctricas y de agua del mercado central pueden extenderse hacia el mismo. La zona se encuentra parcialmente desmontada de vegetación, con el suelo descubierto para el actual compostaje en hileras.

8.4.4 Memoria técnica del proyecto

8.4.4.1 Etapa de construcción

Esta etapa se realizará según normativa legal vigente y bajo estricto cumplimiento de estándares aplicados en los diversos procesos involucrados. Se estima una duración de 12 meses para realizar los siguientes trabajos: movimiento de suelo, excavación para instalaciones de ductos para transporte de agua y cableado eléctrico, transporte de insumos para la construcción, etc.

8.4.4.1.1 Insumos- mano de obra- tecnologías en la etapa de construcción

Como etapa preliminar, se procederá a nivelar el terreno, emparejando y limpiando el área donde se extenderá la obra. Esto incluirá excavaciones y rellenos con suelo- cal utilizando cargadoras frontales, una motoniveladora y para la terminación una compactadora del suelo.

Para la construcción de la infraestructura de la fábrica la cual contará con galpones, oficinas y zonas de acopio; se necesitarán estructuras metálicas, hormigón, arena, cal, piedras, chapas, vigas y cemento. Para el traslado de estos materiales se utilizarán camiones tipo volquete y cargadoras frontales, mientras que para el desarrollo de la obra máquinas mezcladoras, taladros, amoladoras, martillos, soldaduras, etc.

En esta etapa se construirá la infraestructura necesaria para la conexión a la red local de energía eléctrica provista por EDENOR (Empresa Distribuidora y Comercializadora Norte Sociedad Anónima) necesaria para la maquinaria y luminaria del sitio, que luego se utilizará durante la etapa de operación. Se montará una estructura de tuberías y lo necesario para contar con acceso a la red de aguas y a la red cloacal provista por AySA (Agua y Saneamiento Argentinos); también un reservorio con canaletas para el escurrimiento pluvial del predio.

El agua para consumo humano durante la obra estará disponible en bidones para los operarios y se colocarán 2 sanitarios químicos portátiles.

Respecto a la mano de obra, se requerirá entre 20 y 30 operarios encargados de las distintas tareas de construcción, 5 transportistas y 2 ingenieros a cargo de la obra. La jornada laboral será de lunes a viernes en dos turnos: mañana y noche de 8 horas cada uno. Se tratará, en lo posible, de contratar la mayor cantidad de personal de la zona durante los 12 meses que se estima de duración de construcción.

8.4.4.1.2 Residuos sólidos- Efluentes Líquidos- Emisiones Gaseosas- Ruidos y Vibraciones de la construcción

En esta etapa se generarán escombros y otros materiales de construcción (restos de madera, partes de hormigón, caños partidos, etc) que serán acopiados en el área asignada en contenedores especiales, los cuales serán luego trasladados hacia su disposición final.

Respecto a los desechos domésticos como plásticos, latas, cartones, papeles que puedan generar los obradores, serán colocados en cestos distinguidos con carteles para su correcta segregación según su tratamiento posterior. Los reciclables serán recolectados por cooperativas y el resto dispuestos en vertedores autorizados del municipio.

Las emisiones más relevantes de esta etapa son las de material particulado y de CO₂, CO y NO_x provenientes de los vehículos utilizados y movimiento de los materiales. Los equipos y maquinas utilizadas emitirán ruido, estimando un rango entre 80 y 90 dB en el área de trabajo.

Los efluentes líquidos de los sanitarios químicos portátiles se almacenarán transitoriamente y serán retirados y dispuestos finalmente por la compañía prestadora del servicio. Respecto a los residuos líquidos industriales que puedan generarse durante la obra, se limitará al derrame accidental de combustibles y lubricantes que serán tratados según los estándares de seguridad y medio ambiente.

8.4.4.2 Etapa de operación

8.4.4.2.1 Memoria descriptiva del proceso de tratamiento de los residuos

A continuación, se describen las etapas de los tratamientos de los residuos que serán valorizados en la planta:

1. Recepción y acopio de residuos: los camiones recolectores serán recepcionados por un operario en la entrada y pasarán por la balanza para registrar el peso de la carga. Luego, se dirigirán al área de acopio correspondiente, si es residuo orgánico o madera irán a la nave de compostaje y si es cartón o plástico a la nave de reciclaje.
2. Tratamiento de compostaje: en la nave de compostaje se realizará el triturado de los residuos orgánicos y el chipeado de la madera, para luego formar una mezcla de ambos (50:50). La mezcla será llevada por palas cargadoras hacia la zona de compostaje para formar las hileras en el exterior. Estas serán volteadas 2 veces por semana mediante una maquina volteadora para airear el compost. Las pilas tendrán un proceso de descomposición y maduración de unos 4 meses en total. Cuando finaliza el compostaje, se lleva el compost hacia la nave para ser tamizado en un tromel para producir un compost fino (<25mm). Este es acopiado y luego retirado para ser donado a municipios aledaños u organizaciones sociales.
3. Reciclaje: los plásticos son descargados en una tolva dentro de la nave de reciclaje y luego son transportados por una cinta hacia la zona de clasificación. Aquí 4 operarios separaran los plásticos según su tipo y el rechazo ira directo

a un volquete al final de la cinta. Los plásticos reciclables clasificados, serán prensados y enfardados para luego ser transportados a industrias recicladoras. El cartón y papel será descargado en la misma nave, pero solo será acopiado para ser retirado por los recuperadores informales.

8.4.4.2.2 Insumos- mano de obra- tecnologías en la etapa de operación

En el caso de este proyecto, el insumo de la planta serán los distintos tipos de residuos separados en origen del mercado central: residuos orgánicos, madera, plásticos y cartón y papel. Su transporte será efectuado por la empresa de transporte de residuos contratada por licitación pública. Dentro de la planta se utilizarán palas cargadoras para transportar los residuos entre cada etapa de tratamiento.

Se requerirán diferentes tipos de máquinas dependiendo el tratamiento, en el caso del compostaje se utilizará una trituradora de molino, una chipeadora, volteadora para las pilas y trómel. Para el reciclaje será necesario la prensadora y enfardadora de plásticos.

Se emplearán 15 operarios distribuidos en las dos naves y zona de compostaje de hileras y 2 choferes con 1 acompañante cada uno para los camiones roll off y otro chofer más para el camión compactador. Respecto al personal administrativo, estará conformado por el Jefe de planta y 3 personas para la administración que trabajaran de lunes a viernes de 8:00 a 16:00 h.

Como en la etapa anterior, la planta será provista de energía eléctrica por la empresa EDENOR y de agua para uso sanitario por AySA como también la red cloacal. El agua de consumo será mediante dispensers con bidones y el gas natural para el agua caliente por garrafas.

8.4.4.2.3 Residuos sólidos- Efluentes Líquidos- Emisiones Gaseosas- Ruidos y Vibraciones de operación

En la planta habrá separación de los residuos generados por operarios y administrativos, los cuales serán tratados en el mismo establecimiento con excepción de los rechazos que irán a disposición final al CEAMSE.

Los efluentes líquidos que se generarán serán los provenientes de los lixiviados de las frutas y verduras en su acopio, trituración y compostaje. Estos serán recolectados

por un sistema de canaletas y serán dirigidos a una laguna de lixiviados para luego ser reutilizada en el riego para las hileras en etapa de descomposición.

Respecto a los efluentes pluviales, los techos tendrán una inclinación con terminación de canaletas para descargar el agua de las precipitaciones y dirigirlas al piso donde se escurrirán hacia un sistema de canaletas que las colecta en un reservorio para agua de riego de las hileras.

En la etapa de operación habrá emisión de particulado en la parte del tamizado del compost y también algunas emisiones posibles de CO₂, CH₄ O N₂O y algunos olores desagradables. También tendrá emisiones de ruido de las máquinas trituradoras y vibraciones producidas por los camiones cargando y descargando los residuos.

8.4.4.3 Etapa de cierre

8.4.4.3.1 Insumos- mano de obra- tecnologías en la etapa de cierre

Para esta etapa serán necesarios los vehículos de carga para retirar los escombros producidos por el desmantelamiento de equipos y desmontaje de la infraestructura. También se utilizarán excavadoras, equipos de demolición y grúas.

Para la fase de remediación del paisaje se requerirá tierra y especies de árboles nativos para su reforestación y herramientas como palas excavadoras.

Se emplearán 20 operarios para el cierre, con 3 personas que se encargarán del mantenimiento de la vegetación post cierre.

8.4.4.3.2 Residuos sólidos - emisiones Gaseosas -Ruidos y vibraciones de la etapa de cierre

Los residuos predominantes serán los escombros generados por las demoliciones y desmantelamiento del aserradero.

Las demoliciones y caída de estructuras u objetos pueden generar grandes cantidades de polvo y material particulado, acompañado de ruido y vibraciones.

8.4.5 Cronograma tentativo

La obra del proyecto comenzaría en enero 2023 y se estima un año para su finalización (enero 2024). Para la planta de tratamiento se proyecta una vida útil de 20 años, teniendo en cuenta la durabilidad de las máquinas y equipos. El cierre, que

comenzará cuando finalice la operación, tendrá 1 año de duración con la terminación del paisaje.

8.5 Caracterización ambiental del área de influencia del proyecto

Con el fin de realizar la caracterización ambiental donde el proyecto ejercerá alguna influencia, se tomó un área de 50 km de radio alrededor del mismo. En el Anexo II se adjunta mapa del área de influencia.

8.5.1 Línea de base física

8.5.1.1 Meteorología

Se ha considerado para este análisis, la información meteorológica de la estación de Ezeiza (periodo 1981-2010) que, por su ubicación, es representativas del ámbito de estudio.

El régimen de precipitaciones en la región está caracterizado por máximos anuales (en los meses de verano-otoño-primavera) y un período menos lluvioso en invierno. Los registros máximos de precipitaciones se presentan dentro de una estación relativamente húmeda, entre los meses de diciembre a marzo. El período seco es transitorio y se extiende desde el mes de junio hasta agosto.

Según los registros analizados, las temperaturas máximas de octubre hasta abril se obtienen valores con una media de 17,0 °C, y un máximo de 39,9 °C en el mes de diciembre del año 1999. Las temperaturas mínimas se desarrollan en los meses de mayo a septiembre, con un valor medio de 3,5°C y una mínima de -5,3 °C registrada en el mes de junio del año 2002.

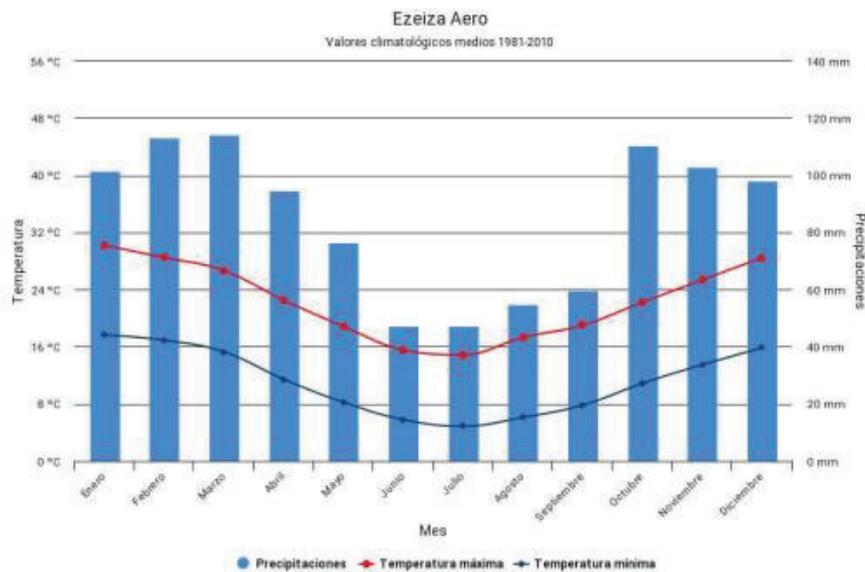


Figura 8-III. Gráfico de valores climatológicos medios 1981-2010 del área de estudio. Fuente: SMN 2022.

Con respecto a las direcciones de viento, analizando los registros medios anuales se observa que predominan las direcciones que corresponden al sector NE-E. El clima de la región está dominado por el centro anticiclónico semipermanente del Atlántico Sur que provoca que los vientos más frecuentes sean los provenientes del cuadrante N-E. Durante el invierno, se producen irrupciones de sistemas frontales responsables de la precipitación en la región durante esa época del año. Entre el otoño y primavera se producen ciclogénesis generalmente al norte de Buenos Aires, pero que pueden afectar el Río de la Plata causando vientos intensos del sector S-SE y que ocasionan crecidas e inundaciones en la zona ribereña.

Los vientos provenientes del Norte son cálidos y sofocantes en verano, en tanto que los vientos del Sur y Oeste son relativamente frescos. En la zona predominan los vientos de los sectores Norte a Sur pasando por el Este, con velocidades medias mensuales del orden de 20-25 km/h. El Río de la Plata está sujeto a la acción de dos fenómenos regionales con fuertes vientos que generan peligros para la navegación: Pamperos (SO) y Sudestadas (SE).

8.5.1.2 Geología

La secuencia estratigráfica de la región se resume a una pila de sedimentos, en su mayoría continentales, que se apoyan sobre un basamento cristalino fracturado. Esto

se debe a que el paisaje de la región Pampeana no ha estado sujeto a fenómenos tectónicos de plegamiento o alzamiento, por eso su relieve tipo llanura levemente ondulada.

Dentro de la región pampeana las capas que forman parte de la secuencia estratigráfica son aquellas pertenecientes a las siguientes formaciones (nombradas de la más joven a la más antigua): Formación Pospampeana (Platense, Querandinense y Lujanense), Formación Pampeana (Bonaerense y Ensenadense) y Formación Puelchense.

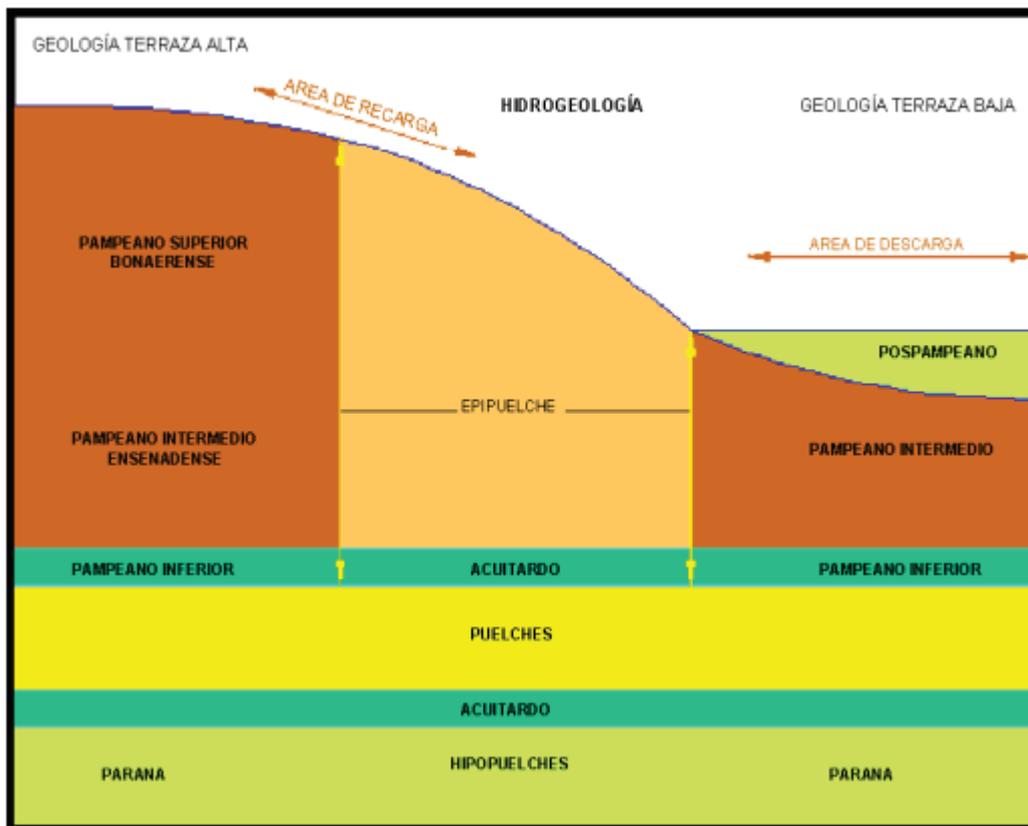


Figura 8-IV Esquema de corte geológico e hidrogeológico de la región pampeana. Fuente: EIA, Sistema de saneamiento cloacal, AySA.

En el corte geológico e hidrogeológico regional esquemático presentado en la Figura 8-IV Esquema de corte geológico e hidrogeológico de la región pampeana. Fuente: EIA, Sistema de saneamiento cloacal, AySA. puede observarse que en los suelos de la terraza alta afloran o subafloran las formaciones Pampeanas. Los horizontes más antiguos, pertenecientes a la formación Ensenadense, están situados en las cotas

más bajas; mientras que los horizontes más jóvenes de la Formación Pampeana Bonaerense se encuentran en las cotas más altas del terreno.

Los suelos de la formación Pampeana se caracterizan por su buena consistencia gracias a los procesos previos de consolidación y se pueden dividir en (del más joven al más antiguo):

- Horizonte superior, perteneciente a la formación pampeana de periodo bonaerense, tiene color castaño y tipo arcillo. Es un suelo firme, plástico y a veces expansivo.
- Horizonte intermedio, perteneciente a la formación pampeana del periodo ensenadense superior, posee también un color castaño y es del tipo limoso y limo-arenoso. Es poco plástico, muy cohesivo y duro debido a la presencia de impregnaciones calcáreas nodulares llamadas “toscas”.
- Horizonte inferior, pertenece a la formación pampeana del periodo ensenadense inferior, presenta un color gris-verdoso y su granulometría es arcillosa. Sus características pueden ir de suelos plásticos a muy plásticos y pueden presentar laminación horizontal. Tiene también una baja permeabilidad vertical, siendo confinante de las arenas acuíferas subyacentes (Puelchense). EN algunos puntos tiene un escaso espesor o se encuentra ausente, por lo que permite la comunicación de los acuíferos libre y confinado.

Los suelos por debajo de la formación pampeana son los llamados Puelchenses, conformados por arenas claras, limpias, acuíferas y confinadas.

Res pecto a los denominados suelos de terraza baja, en la Figura 8-IV se observa que corresponden a la deposición Pospampeana, la cual ingresa a los principales cauces tributarios del Río de la Plata.

Dichos suelos están sometidos a frecuentes procesos de inundación, sepultamientos y decapitaciones. La zona de depositación pospampeana responde en líneas generales a un conjunto estratigráfico de suelos finos superpuestos, originados principalmente en ciclos climáticos interglaciares y glaciales (Lujanense, Querandinense y Platense) y representativos de cambios en la posición de la línea de costa (nivel de base).

8.5.1.3 Hidrología

La ubicación del proyecto pertenece a la cuenca Matanza-Riachuelo donde el agua de las precipitaciones forma arroyos (entre los cuales se encuentran el Rodríguez, Morales, Chacón, Cañuelas, Aguirre, Ortega, Santa Catalina, La Paja y Del Rey) que confluyen en un curso principal llamado Matanza, en sus orígenes, y Riachuelo, en su tramo final. Este río de llanura con escasa pendiente, recorre 64 km en sentido sudoeste-noreste hasta llegar a su desembocadura y descargar sus aguas en el Río de la Plata.

La cuenca limita, al norte, con la cuenca del Río Reconquista y, al sur, con el sistema Samborombón-Salado. Abarca una superficie aproximada de 2047 km² y está localizada al noreste de la provincia de Buenos Aires.

CUENCA MATANZA RIACHUELO: SUBCUENCAS

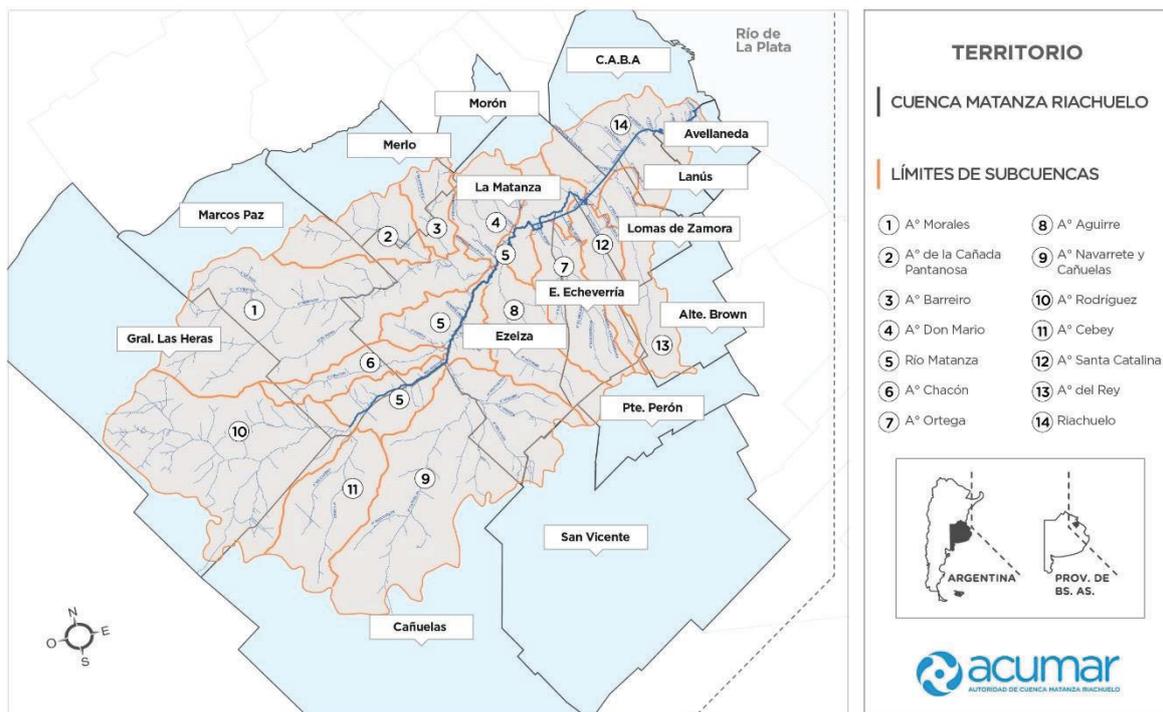


Figura 8-V Mapa de Cuenca Matanza Riachuelo. Fuente ACUMAR

El comportamiento de las aguas subterráneas permite reconocer la existencia de un sistema acuífero interrelacionado que incluye a los acuíferos Pampeano y Puelche. La recarga y descarga natural de este sistema se produce a través de la capa freática, en forma directa para la primera unidad acuífera e indirecta para la segunda. En

condiciones naturales, las divisorias de aguas superficiales de la Cuenca Matanza – Riachuelo coinciden con los límites de aportes de las aguas subterráneas, constituyéndose así la cuenca en la unidad básica de estudio para la cuantificación del balance hidrológico (volúmenes de recarga y descarga subterránea).

8.5.2 Línea de base biológica

8.5.2.1 Flora

El área de influencia se encuentra ubicada en la ecorregión pampeana, caracterizada por el pastizal, en donde predomina la vegetación de estepa de gramíneas (pastos), en zonas costeras los bosques ribereños, los bosques en galería o matorral ribereño y en pequeñas fracciones parches de formaciones leñosas (bosques). Entre los árboles se destacan el chañar, el tala, el ceibo y el sauce criollo, mientras que en la zona de bañados, las márgenes de los cursos de agua y otros terrenos bajos inundables, se desarrollan comunidades vegetales de especies asociadas a ambientes acuáticos, como los cortaderales, totorales, juncales y camalotales.

8.5.2.2 Fauna

En la actualidad existen pocos mamíferos nativos, pues han sido desplazados como resultado de la profunda transformación de sus ambientes naturales. A pesar de ello, pueden encontrarse coipos, tortugas, distintas especies de anfibios y moluscos, lagartos y culebras, además de aves como garzas blancas, biguás, taguatos, horneros, calandrias, benteveos, picaflores, chimangos, caranchos, jilgueros y lechuzas de campanario, cuya abundancia y diversidad es mayor en zonas no urbanizadas. Con respecto a la fauna ictícola existen pejerreyes, mojarras, dientudos, tarariras, palometas, bogas y viejas de agua. Sin embargo, éstos han desaparecido en buena parte del curso principal debido en parte a la ausencia de oxígeno disuelto en el agua y a la presencia de contaminantes, sobreviviendo sólo aquellos con mayor tolerancia como sábalo, bagres y chanchitas.

8.5.2.3 Áreas protegidas

Dentro de la cuenca Matanza Riachuelo, se identificaron zonas de protección ambiental para tomar acciones concretas de conservación y gestión, debido a la presencia de biodiversidad. Hasta el momento son 13 áreas protegidas, donde 9 tiene figura legal formal de protección y 8 son humedales en su mayor extensión. Como se puede ver en la Figura 8-VI, las áreas protegidas son: Reserva Municipal La Saladita

(Avellaneda), Reserva Municipal Santa Catalina (Lomas de Zamora), Reserva Provincial Santa Catalina (Lomas de Zamora), Proyecto Bañados de Lomas de Zamora (Lomas de Zamora), Laguna de Rocha (Esteban Echeverría), Bosques de Ezeiza (Ezeiza), Proyecto Reserva Ciudad Evita (La Matanza), Reserva Natural de Morón (Morón), Reserva Arroyo El Durazno (Marcos Paz), Reserva Guardia del Juncal (Cañuelas), Reserva Lagunas de San Vicente (San Vicente), Reserva Paleontológica "Francisco P. Moreno" (Marcos Paz), y la Reserva Ecológica Costanera Sur (Ciudad Autónoma de Buenos Aires).



Figura 8-VI Esquema de mapa de las áreas protegidas en la cuenca Matanza Riachuelo. Fuente ACUMAR

8.5.3 Línea de base socio-económica

8.5.3.1 Actividades productivas

Si se toma como referencia la cuenca Matanza Riachuelo, la cual abarca parte de 14 municipios de la provincia de Buenos Aires, entre ellos La Matanza, donde se ubica el MCBA, se pueden distinguir 3 áreas: Cuenca alta, cuenca media y cuenca baja. Esta división no es solo geográfica sino también económica, política y social.

- Cuenca Alta: Paisaje predominantemente rural. Actividad primaria y agroindustrias.

- Cuenca Media: Paisaje mixto urbano-rural.
- Cuenca Baja: Paisaje predominantemente urbano. Actividad industrial y de servicios.

Las actividades productivas que se desarrollan en la Cuenca son la agropecuaria, fundamentalmente en la Cuenca Alta, y la actividad industrial. Las industrias radicadas en la región son de distinto tipo, pero por su impacto ambiental tienen mayor relevancia las del sector químico y petroquímico, las industrias alimenticias, curtiembres, frigoríficos, galvanoplastias y metalúrgicas. Se trata de la zona más urbanizada e industrializada del país.

8.5.3.2 Infraestructura y servicios

En relación a la infraestructura, tanto eléctrica como gasífera, el área de influencia se encuentra en la región metropolitana que es la que más densidad de líneas eléctricas y de tuberías de gas posee. En el caso de La Matanza, el servicio de electricidad está a cargo de la empresa concesionaria Edenor, mientras que la red de gas natural es concesionada por Naturgy.

AySA, como se mencionó anteriormente, tiene por objeto la prestación del servicio de provisión de agua potable y desagües cloacales de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y los partidos de Almirante Brown, Avellaneda, Esteban Echeverría, La Matanza, Lanús, Lomas de Zamora, Morón, Quilmes, San Fernando, San Isidro, San Martín, Tres de Febrero, Tigre, Vicente López y Ezeiza, respecto de los servicios de agua potable y desagües cloacales; Hurlingham e Ituzaingó respecto del servicio de agua potable; y los servicios de recepción de efluentes cloacales en bloque de los Partidos de Berazategui y Florencio Varela

8.5.4 Identificación y valoración de los impactos ambientales

8.5.4.1 Descripción de aspectos ambientales por etapa del proyecto

8.5.4.1.1 Etapa de construcción

La utilización de maquinarias en las actividades de preparación de terreno y para la construcción de accesos y edificaciones pueden generar ruidos y vibraciones, como también gases de combustión que podrían afectar a la calidad del aire. El tránsito de vehículos para la introducción de materiales de obra y salida de residuos tendrían efectos similares.

Durante estas actividades de construcción se puede producir un desbalance en el ciclo hidrológico debido a los cambios hechos en el terreno que afectarían directamente sobre la infiltración y escurrimiento del agua.

En cuanto al suelo, podrían afectar tanto su calidad como su morfología debido a la compactación e impermeabilización del mismo.

La biodiversidad terrestre podría verse disminuida durante el desarrollo de estas actividades por modificación del terreno y los ruidos molestos. Esto mismo tiene un efecto directo sobre la calidad del paisaje al verse fragmentado.

Por otro lado, habría un efecto positivo respecto a la generación de empleos en el mercado central.

8.5.4.1.2 Etapa de operación

El transporte podría afectar la calidad del aire debido a la generación de material particulado y gases de combustión.

Las hileras de compostaje pueden afectar la calidad del aire con malos olores y emisiones de gases de efecto invernadero si no es bien controlado el proceso. Además, la máquina de volteo genera polvo y particulado.

Los lixiviados pueden infiltrarse en el suelo y afectar las aguas subterráneas si no se impermeabiliza la zona y se gestiona el efluente debidamente.

Todas las actividades incluidas en la etapa de operación contribuyen con la generación de empleo en la zona.

8.5.4.1.3 Etapa de cierre

La maquinaria pesada utilizada para el transporte de los equipos desmantelados y escombros pueden generar ruidos y vibraciones en la zona.

La demolición de infraestructura involucrará la generación de ruidos y vibraciones por caída de objetos y de polvos afectando la calidad de aire. La morfología del suelo se vería afectada por la eliminación de concreto sobre el mismo, de manera que la permeabilidad, porosidad e infiltración podrían verse modificadas. De esta manera, el balance hídrico también podría ser alterado en el área. La calidad del paisaje se vería afectada visualmente durante y luego de la demolición.

La etapa de restauración del terreno supone una reconfiguración del suelo y del paisaje, pudiendo afectar el balance hídrico de la zona, la calidad del suelo y su morfología. Sin embargo, involucra la reinserción de fauna y flora, teniendo un efecto sobre la biodiversidad de especies, la calidad del paisaje y la calidad de vida de la población.

8.5.4.2 Factores del medio potencialmente impactados

- Medio físico: aire, agua y suelo.
- Medio biológico: flora y fauna y paisaje
- Medio antrópico: aspectos socio-económicos.

8.5.4.3 Valoración y evaluación de impactos ambientales

Para la valoración de los impactos se realizó una matriz con los posibles impactos ambientales del proyecto, la matriz de Leopold modificada según Vicente Conesa Fernandez-Vitora en 1997.

Ecuación para el Cálculo de la Importancia (I) de un impacto ambiental:

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

De esta manera, se buscó calificar los siguientes parámetros para cada factor del medio potencialmente impactado por el proyecto en estudio.

Signo (+/ -): El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Intensidad (i): Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa. El baremo de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima.

Extensión (EX): Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto dividido el porcentaje del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto.

Momento (MO): El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t0) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor del medio considerado.

Persistencia (PE) Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el Proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.

Recuperabilidad (MC) Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del Proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

Sinergia (SI) Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.

Acumulación (AC) Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Efecto (EF) Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

Periodicidad (PR) La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

Signo		Intensidad (I) *	
Beneficioso	+	Baja	1
Perjudicial	-	Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	8
Critica	12		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)		$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	
Recup. Inmediato	1		
Recuperable	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Figura 8-VII Valores para cada parámetro del modelo de importancia de impacto.

Tabla 8-1. Calificación según valor obtenido de Importancia (I)

Valor I (13-100)	Calificación	Significado
<25	BAJO	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión
25<X<50	MODERADO	La afectación del mismo o precisa practicas correctoras o protectoras intensivas
50<X<75	SEVERO	La afectación exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras.

75<	CRITICO	La afectación del mismo es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación.
Los valores con signo + se consideran nulo		

8.5.4.4 Matriz de evaluación de impactos ambientales

A continuación, se muestra la matriz de Leopold obtenida, con los factores ambientales analizados y efectos en columnas y las acciones de cada etapa del proyecto como filas.

Tabla 8-2. Matriz de impactos ambientales

Factores ambientales		Aire		Agua	Suelo	Flora	Fauna	Paisaje	Aspectos socio-económico	
		Calidad del aire	Ruido y vibraciones	Calidad del agua	Calidad del suelo	Abundancia de la vegetación	Abundancia de la fauna	Conservación del paisaje	Generación de empleo	Calidad y estilo de vida de la población
Etapa de construcción	Preparación del terreno	-38	-60	-24	-48	-35	-21	-48		
	Entrada y salida de vehículos	-32	-48	0	-38	0	-18	-10		
	Edificaciones	-21	-45	-30	-41	-22	-37	-54		
Etapa de operación	Transporte	-36	-40	0	-51	-27	-18	0		
	Acopio	-23	-20	0	-21	0	0	0		
	Pretratamiento de residuos	-43	-60	0	0	0	0	0		
	Compostaje	-54	-38	-43	-59	-21	0	-32		
	Tamizado de compost	-34	-45	0	0	0	0	0		
	Prensado y enfiado de plásticos	0	-51	0	0	0	0	0		
	Generación de lixiviados	-21	0	-55	-54	0	0	-24		
Etapa de cierre	Desmantelar el equipamiento	-33	-40	0	0	0	0	0		
	Demolición de infraestructura construida	-68	-74	0	-48	-26	-15	-34		
	Restauración	0	0							

8.6 Plan de gestión ambiental

Para poder prevenir, mitigar o remediar los impactos negativos identificados en el apartado anterior, se describen las siguientes medidas a tomar en cada etapa del proyecto.

Tabla 8-3. Medida N°1

Medida N°1 Atenuación y monitoreo de ruidos

Clasificación	Preventiva
Impacto a evitar	Afectación a la población vecina
Etapa	Construcción, Operación y Cierre
Acción propuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramar y realizar monitoreo sistemático de ruido con el objeto de controlar los niveles de efectos acústicos por la actividad de la Planta y el tráfico generado por los vehículos implicados en su operación. • Realizar las operaciones en horario diurno laboral. • Los motores de los vehículos y maquinarias sólo deben estar en marcha para circular, realizar maniobras de descarga o tareas vinculantes a las operaciones. Mientras estén estacionados deben estar apagados. • En caso de ser necesario, incrementar las barreras físicas de manera de atenuar la propagación acústica de ruidos molestos, a través de la instalación de reductores lo más efectivo posibles: membranas, barreras auditivas, tabiques de mampostería perimetral, “cortinas” de vegetación.

Tabla 8-4. Medida N°2

Medida N°2	Monitoreo de calidad de aire y reducción de emisiones
Clasificación	Preventiva/Correctiva
Impacto a evitar	Afectación a la salud. Alteración de la calidad del aire (PM y otros contaminantes)
Etapa	Construcción, Operación y Cierre
Acción propuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramar y ejecutar muestreo anual de calidad de aire, incluyendo puntos dentro y fuera del predio. • En caso de obtener resultados anómalos o sospechosos, repetir las mediciones, de ser necesario con equipos alternativos. • Los equipos y maquinarias deberán ser mantenidos de acuerdo con las especificaciones del fabricante. • Los vehículos transportistas deben ser mantenidos en buen estado mecánico. Aquellos que emitan humo no deben circular y deben ser reparados inmediatamente. • Toda vez que no estén circulando u operando, los vehículos y maquinarias deberán estar apagados, sin generar ruidos y/o emisiones. • Evitar realizar tareas de construcción que provoquen levantamiento de polvo en ocasiones de vientos intensos

- Cubrir el material de construcción/demolición que puedan provocar dispersión de material particulado.

Tabla 8-5. Medida N°3

Medida N°3	Cerco perimetral forestal
Clasificación	Preventiva/Correctiva
Impacto a evitar	Afectación a la salud. Generación de olores ofensivos. Alteración del paisaje.
Etapas	Construcción, Operación y Cierre
Acción propuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar un cerco de árboles o vegetación compatible con la función de aislación y atenuación de ruidos, olores e impactos visuales. • Se deberán seleccionar especies vegetales nativas de rápido crecimiento y fácil mantenimiento. Altura deseable: 4-5 m.

Tabla 8-6. Medida N°4

Medida N°4	Monitoreo y control de aguas subterráneas
Clasificación	Preventiva
Impacto a evitar	Alteración de calidad de aguas subterráneas. Alteración de calidad de suelos. Afectación a la salud. Generación de olores ofensivos.
Etapas	Operación
Acción propuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramar y ejecutar monitoreos de aguas freáticas semestrales. • Verificar el correcto funcionamiento de membranas impermeables y de las canaletas para los lixiviados. Controlar que continúen siendo aptos para contener desbordes, si no se sobrepasa la capacidad. • Disponer bombas para eventuales desbordes descontrolados.

Tabla 8-6. Medida N°5

Medida N°5	Monitoreo de aguas subterráneas y control de lixiviados
Clasificación	Preventiva
Impacto a evitar	Alteración de calidad de aguas subterráneas. Alteración de calidad de suelos. Afectación a la salud. Generación de olores ofensivos.

Etapa	Operación
Acción propuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramar y ejecutar monitoreos de aguas freáticas semestrales a partir de freatímetros. En caso de obtener resultados anómalos o sospechosos, repetir las mediciones, de ser necesario con equipos alternativos. • Verificar el correcto funcionamiento y estado de membranas impermeables y de las canaletas para los lixiviados. Controlar que continúen siendo aptos para contener desbordes, si no se sobrepasa la capacidad. • Disponer bombas para eventuales desbordes descontrolados. • No sobrepasar de la cantidad habilitada de residuos orgánicos en la zona de acopio.

Tabla 8-7. Medida N°6

Medida N°6		Rehabilitación de suelos y paisaje
Clasificación	Correctiva/Mitigadora	
Impacto a evitar	Afectación al paisaje. Alteración de calidad de suelos.	
Etapa	Construcción y cierre	
Acción propuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Las áreas de excavación y las áreas de suelo suelto deberán ser estabilizadas para prevenir erosión y/o disipación en la atmósfera. • Conservar la mayor cobertura vegetal de la zona posible. • Evitar el acopio prolongado de escombros u otros residuos pesados de construcción sobre la tierra. • Realizar un tratamiento correspondiente al suelo para airearlo luego de retirar la superficie de hormigón en la etapa de cierre. 	

Tabla 8-8. Medida N°7

Medida N°7		Control de vectores y plagas
Clasificación	Preventiva	
Impacto a evitar	Afectación a la salud.	
Etapa	Operación	
Acción propuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar monitoreos y desinfección de plagas y vectores dentro del predio. • Para lograr un manejo efectivo del sitio que minimice la proliferación de vectores es necesario: eliminar aguas estancadas, reforzar las tareas diarias de 	

limpieza en la Planta, realizar registro de enfermedades a operarios de la Planta

8.7 Plan de monitoreo y seguimiento

Se deberá ejecutar el plan de monitoreo anual durante la etapa de operación, donde se registrarán parámetros de calidad de aire, suelo y agua. También se deberá realizar controles de higiene y seguridad laboral y llevar a cabo las capacitaciones correspondientes a cada actividad del aserradero.

Parámetros a monitorear:

- Calidad de aire del predio.
- Aguas subterráneas - Monitoreo freático
- Suelo
- Nivel sonoro en naves, oficinas y predio.

Los datos recolectados deberán ser propiamente registrados y presentados a la autoridad de aplicación correspondiente.

8.8 Plan de contingencia

A continuación, se detalla el plan de contingencias ante la ocurrencia de incidentes como: incendio/fuego, derrame, accidente en ámbito laboral e inundación.

Cuando una emergencia sea detectada por un empleado o cualquier persona ajena al lugar, debe ser comunicada rápidamente al Coordinador de emergencia o supervisor si el primero no está disponible. En el caso que la emergencia sea fácilmente controlable con los medios disponibles, se coordina la tarea de contención y luego se informa a los superiores. Si resulta imposible de controlar con los medios propios y disponibles del sitio, el Coordinador de emergencia debe informar inmediatamente al jefe de planta y llamar a los servicios de emergencia necesarios.

Incendios/ fuego

Solo el personal capacitado puede hacer frente a esta emergencia.

- Pequeño foco de incendio: Tomar el extintor más próximo y dirigirse al lugar teniendo en cuenta la dirección del viento (siempre ir a favor del viento). Posicionarse a unos tres metros de distancia aproximadamente, quitar el seguro del extintor y mantenerlo en posición vertical. Iniciar la descarga lo más cerca posible y avanzar gradualmente. Permanecer próximo al lugar para verificar la finalización del foco.

- Incendio de gran proporción: Evacuar el sector y dirigirse al punto de encuentro del predio. Dar aviso al Coordinador de la emergencia o supervisor, quien llamará a los bomberos para saber cómo proseguir.

Derrames

En el caso de algún sobrederrame líquido del triturado de los residuos orgánicos o de lixiviados del compostaje, el establecimiento cuenta con rejillas recolectoras de derrames y aguas de lavado de pisos, las cuales concentran posteriormente los vertidos en su laguna de lixiviados como suministro de riego para las pilas.

Al detectar derrames sólidos o semisólidos, se deberán recolectar con ayuda de escoba y pala y disponerlo según su corriente de residuo.

Accidentes laborales

Todos los operarios deberán utilizar los EPP correspondientes a la actividad que desarrollen en la planta de tratamiento de residuos. Deberán ser capacitados anualmente sobre su uso y de las normas de higiene y seguridad laboral.

En el caso de sufrir algún accidente se deberá informar inmediatamente al supervisor quien decidirá los pasos a seguir. Posteriormente de registrar el accidente, se deberá iniciar la investigación de las causas del mismo para realizar una gestión de acción de mejora.

Inundación

El predio cuenta con un sistema de desagüe pluvial compuesto por canaletas y rejillas recolectoras distribuidas por todo el perímetro para amortiguar posibles inundaciones. Las aguas son dirigidas a la laguna para luego ser usada para riego.

8.9 Conclusión

En la evaluación realizada se observaron impactos ambientales positivos relacionados, principalmente, a la generación de puestos de trabajo local, favoreciendo el crecimiento económico y social del municipio La Matanza, durante el desarrollo de las tres etapas.

No se han se identificaron impactos negativos críticos en ninguno de los diferentes factores ambientales. No obstante, se propone un adecuado Plan de Gestión Ambiental y un Plan de Contingencias para prevenir, mitigar y remediar aquellos impactos negativos que resultaron severos o moderados.

9 Conclusiones

Se logró realizar con éxito una propuesta de gestión integral de residuos sólidos del Mercado Central de Buenos Aires. Gracias al diagnóstico realizado sobre la gestión actual de estos residuos y su caracterización, se pudo diseñar una gestión que contemple las diferentes corrientes principales que se generan en el mercado, buscando su minimización desde el origen y una valorización de los residuos aprovechables.

Se evaluó la factibilidad de dos alternativas de tratamiento biológico. Por un lado, se obtuvo una propuesta conformada por dos etapas, una desde el periodo 2023-2032 con dos sistemas idénticos y en paralelo de digestión anaeróbica. Su segunda etapa, 2033-2042, constaría de una ampliación con un tercer digestor para satisfacer el aumento de en la generación de residuos proyectada. A través de este tratamiento se obtendría biogás para llegar a proveer energía eléctrica al MCBA y como subproducto fertilizante líquido a partir del digerido. Sin embargo, debido a su elevado costo de inversión y operativo, esta opción de tratamiento resultó no viable para el proyecto.

Por otro lado, con el análisis de la alternativa de compostaje de los residuos de frutas y hortalizas, se logró verificar que las mejoras de equipamiento, infraestructura de la planta y controles del proceso propuestas, coincidieron con los equipos ya solicitados por el mercado. Esta optimización del tratamiento de compostaje resultó la más factible para la gestión integral de residuos sólidos del MCBA.

La propuesta de reciclaje de plásticos contribuye a lograr uno de los objetivos específicos del proyecto, al incluir como clasificadores a los recuperadores informales que frecuentan el MCBA. De esta manera, se le da el reconocimiento que merecen por su labor y capacidades de clasificación, además de fomentar una economía circular con desarrollo sostenible. En el caso del papel y cartón, aunque no se logró realizar su reciclaje dentro de la planta, se articulará una cogestión entre el MCBA y los recuperadores que ya trabajan en cooperativas de este tipo de reciclaje.

Todas las etapas de la gestión, junto con la ampliación del programa de reducción de pérdidas del MCBA, contribuyen a minimizar la generación de todas las corrientes de residuos, la valorización de las mismos a la vez que se optimiza la actual gestión. Asimismo, se logra una reducción de la huella de carbono al reducir las emisiones,

principalmente de metano, que producen sitios de disposición final como los rellenos sanitarios no gestionados adecuadamente y los basurales a cielo abierto.

La gestión integral de residuos sólidos diseñada para el MCBA está vinculada con gran parte de las metas y objetivos de desarrollo sostenible, los cuales Argentina busca aplicar en los próximos años, como la salud y bienestar, la calidad de las ciudades, el empleo, los procesos de producción y consumo sostenible, la lucha contra el hambre y la mitigación del cambio climático.

10 Bibliografía

- ACUMAR. (2010). *Estudio de las condiciones hidrogeológicas, capacidad de recarga y de la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca Matanza Riachuelo.*
- Aqualimpia Engineering. (s.f.). Obtenido de www.aqualimpia.com
- Ávila Ruiz, H. (2019). *Propuesta Metodológica para el Dimensionamiento de Plantas de Compostaje en Municipios con Generación de Residuos Orgánicos Aprovechables a Partir de 100 Ton/Día.*
- Ávila, B. D. (2018). *Guía para el instalador de plantas de biogas de pequeña y mediana escala.*
- AySA. (2008). *Estudio de impacto ambiental del plan director de saneamiento obras básicas en la cuenca Matanza-Riachuelo, Volumen 1.*
- Babae, S. (2011). Effect of Organic Loading Rates (OLR) on Production of Methane from Anaerobic fermentation of vegetables waste.
- Baraglia. (2004). *EL MERCADO CENTRAL DE ABASTECIMIENTO DE Buenos Aires.*
- Castells. (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos.*
- CEAMSE, F. (2010/2011). *ESTUDIO DE CALIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL Área metropolitana de Buenos Aires.*
- ECOPLAS. (s.f.). Obtenido de <https://ecoplas.org.ar/>
- Energía, S. d. (2017). *Operación y mantenimiento de biodigestores- Unidad II.* Santa Fe.
- FAO, M. P. (2011). *Manual de biogas.*
- G. Tchobanoglous, H. S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos.*
- INTI. (2021). *"Caracterización de frutas y hortalizas del MCBA".*
- INTI, M. P. (2016). *Caracterización y Propuesta de Gestión de los residuos del MCBA.*
INTI.
- Kassongo J, S. E. (2022). Substrate-to-inoculum ratio drives solid-state anaerobic digestion of unamended grape marc and cheese whey.

(1971). *Ley N° 19.227 - Mercados de Interés Nacional.*

M. Ortega, M. A. (2016). *INFORME PCRVM N° 01 -Mercado Central de Buenos Aires.*

Martínez Arce, E., Daza, D., Tello Espinoza, P., Soulier Faure, M., & Terraza, H. (2010). *Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010.*

MAyDS. (2021). *Cuarto Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el.*

Mercado Central de Buenos Aires. (s.f.). Obtenido de <http://www.mercadocentral.gob.ar/>

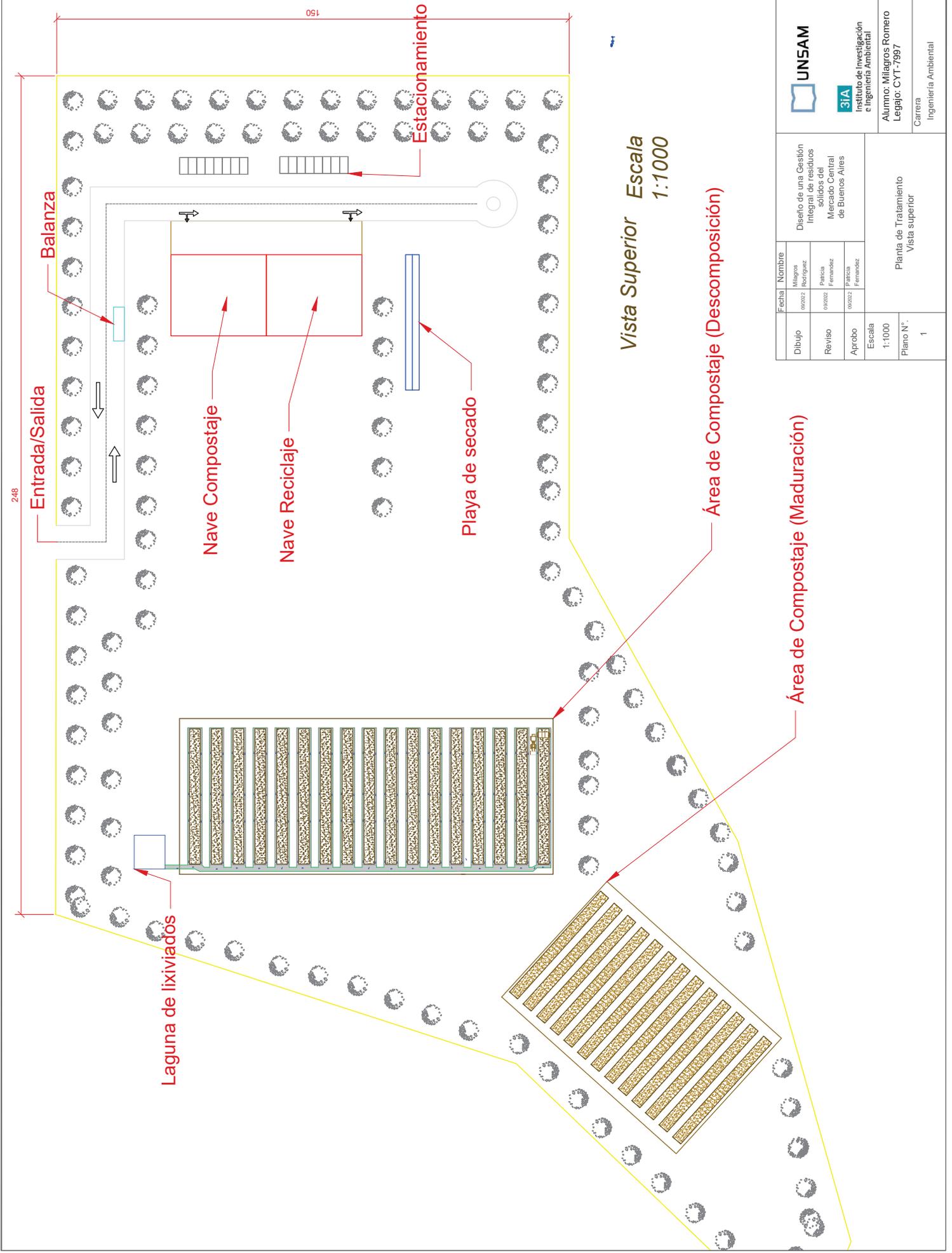
Moncayo, R. (2020). *Dimensionamiento, diseño y construcción de biodigestores y plantas de biogás.*

Monteiro. (2006). *Manual de Gestión integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de América Latina y el Caribe.*

Nación, M. d. (2005). *Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (ENGIRSU).*

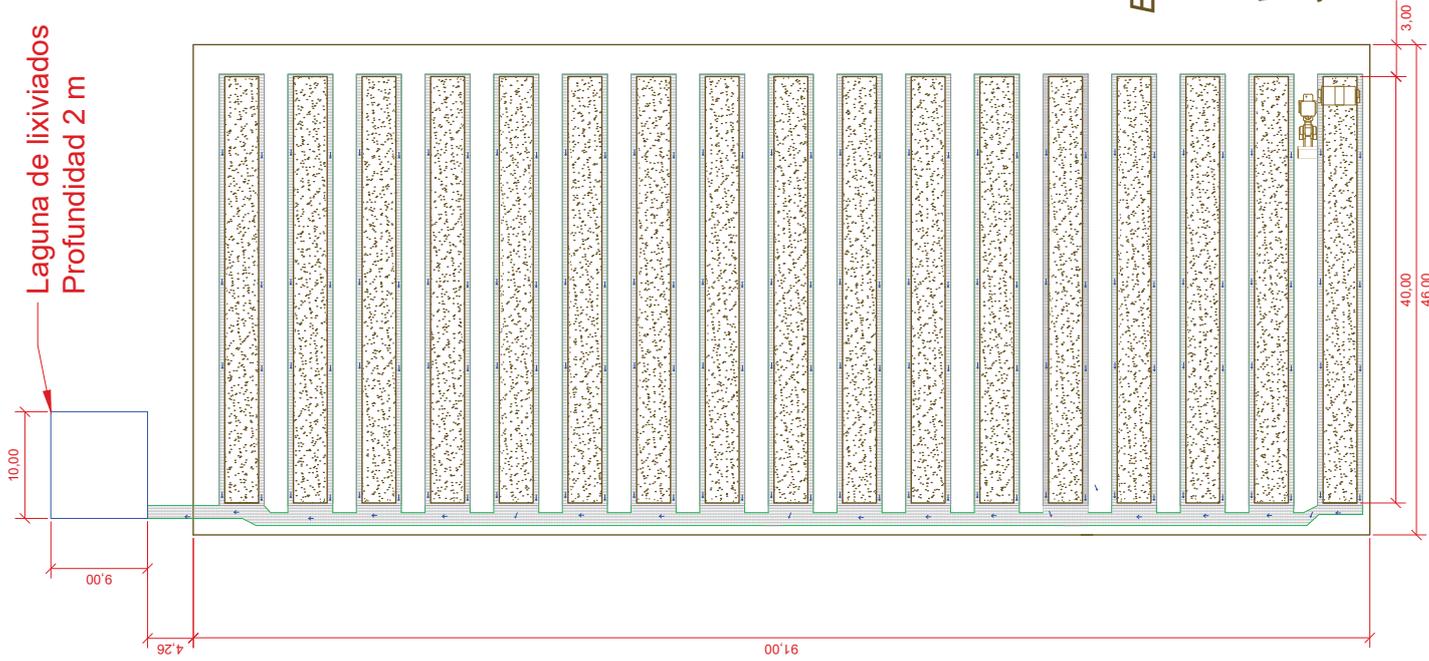
Recytrans. (s.f.). Obtenido de www.recytrans.com

11 Planos



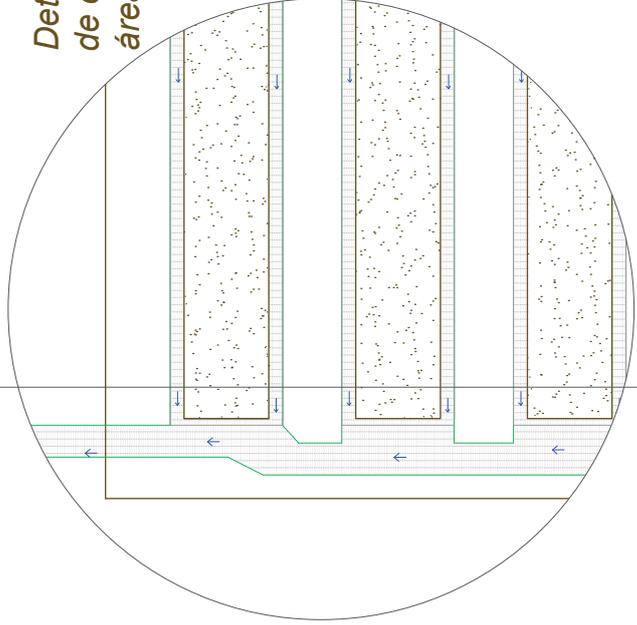
Fecha	Nombre	Diseño de una Gestión Integral de residuos sólidos del Mercado Central de Buenos Aires	
Dibujo	Milagros Rodríguez	Revisó	Patricia Fernández
Revisó	Patricia Fernández	Aprobó	Patricia Fernández
Aprobó	Patricia Fernández	Escala	1:1000
Plano N° 1		Planta de Tratamiento Vista superior	
Carrera		Ingeniería Ambiental	
UNSAM		Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental	
Alumno: Milagros Romero		Legajo: CYT-7997	

Laguna de lixiviados
Profundidad 2 m



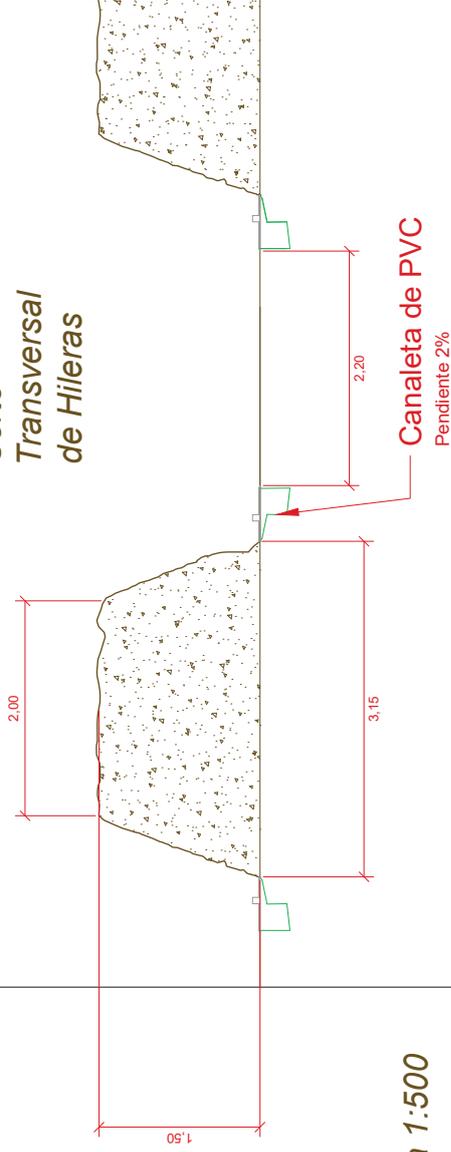
Detalle de sistema
de canaletas en
área de compostaje

Escala 1:200



Corte
Transversal
de Hileras

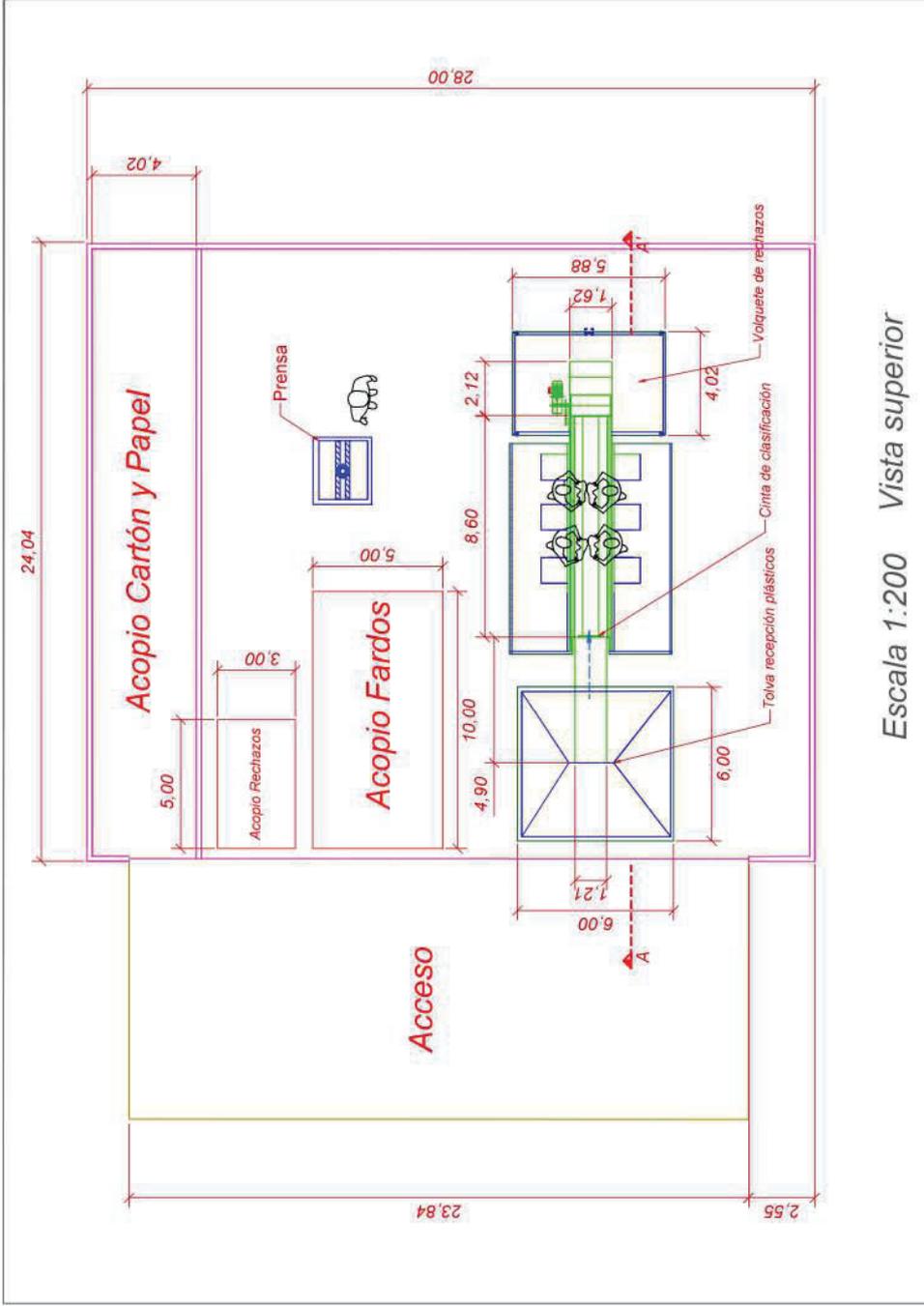
Escala 1:50



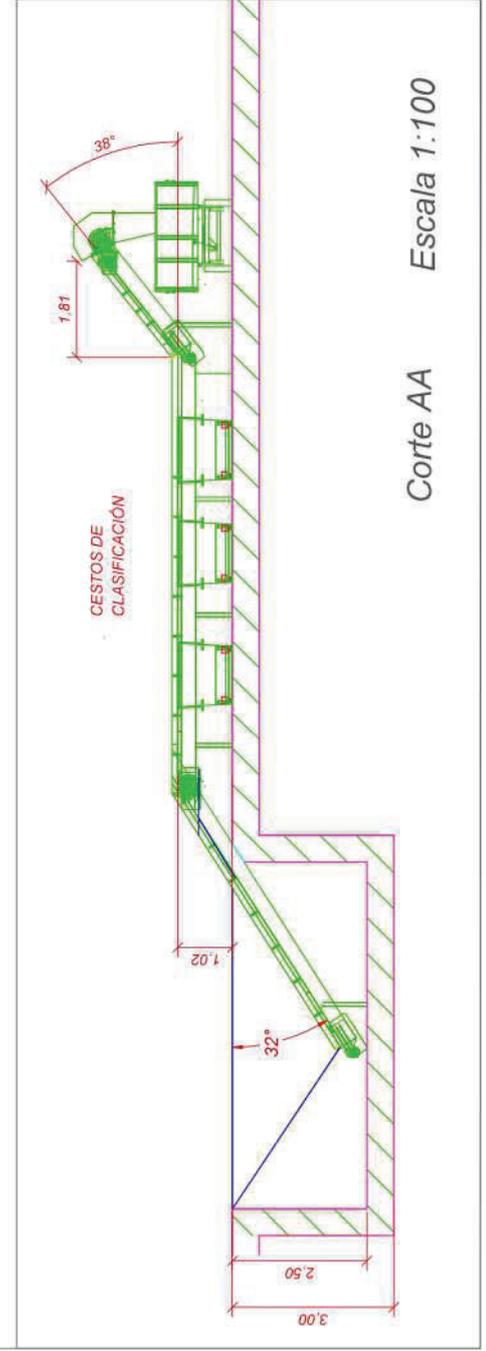
Escala 1:500

Vista
superior

Dibujo	Milagros Romero	Fecha	09/02/22	 3iA Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
Reviso	Patricia Fernández		09/02/22	
Aprobo	Patricia Fernández		09/02/22	
Escala	1:500	Diseño de una Gestión Integral de Residuos Sólidos del Mercado Central de Buenos Aires		
Plano N.º	2	Vista superior de la zona de compostaje (etapa de descomposición) Corte transversal de hileras		
Alumno: Miagros Romero Legajo: CYT-7997 Carrera: Ingeniería Ambiental				



Escala 1:200 Vista superior



Corte AA Escala 1:100

Fecha	Nombre		Diseño de la Gestión Integral de Residuos Sólidos generados por la Corporación Mercado Central de Buenos Aires
	Milagro Romero		
	Paola Fernández		
	Paola Fernández		
Dibujo			Nave de Reciclaje
Revisó			
Aprobó			
Escala			
Ver planos			
Plano N.º			3



Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental

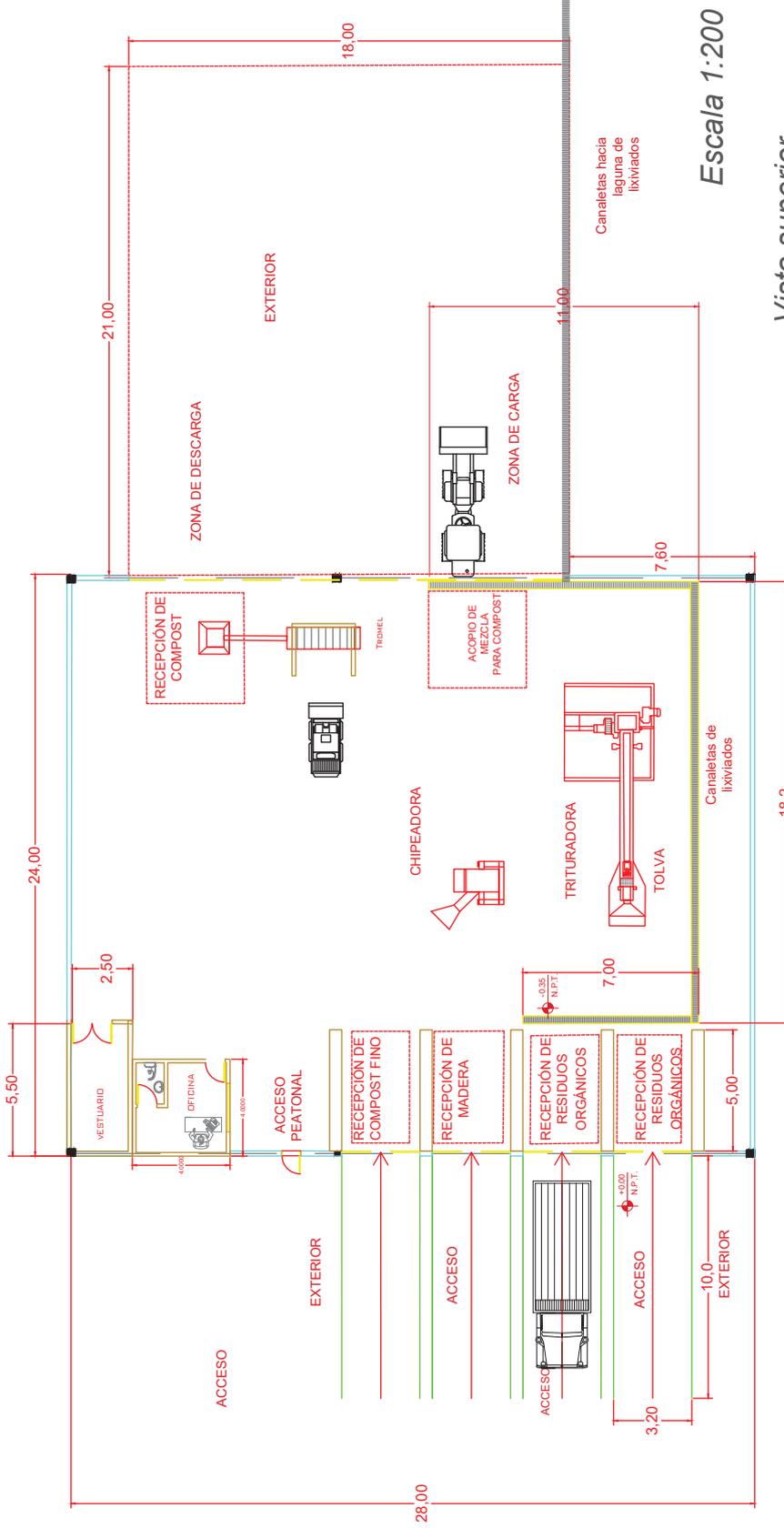
Alumno

Milagros Romero

Legajo CYT - 7997

Carrera

Ingeniería Ambiental



Escala 1:200

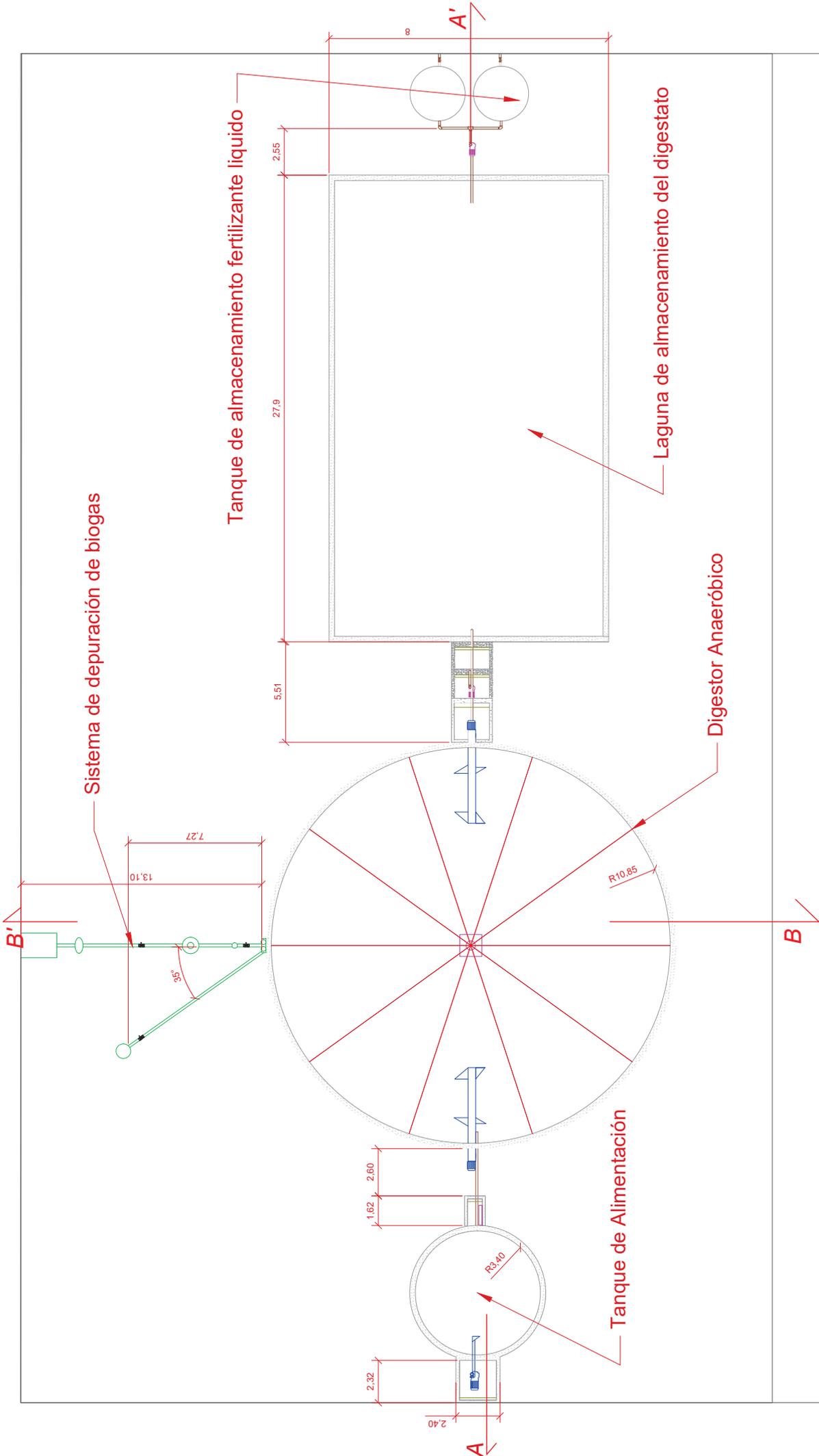
Vista superior

Dibujo	Milagros Romero 090202	Fecha	Nombre	Diseño de una Gestión Integral de Residuos Sólidos del Mercado Central de Buenos Aires	
Revisio	Patricia Fernández 090202				
Aprobado	Patricia Fernández 090202				
Escala	1:200	Plano N° 4		Alumno: Milagros Romero Legajo: CYT-7997	
				Carrera Ingeniería Ambiental	



Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental

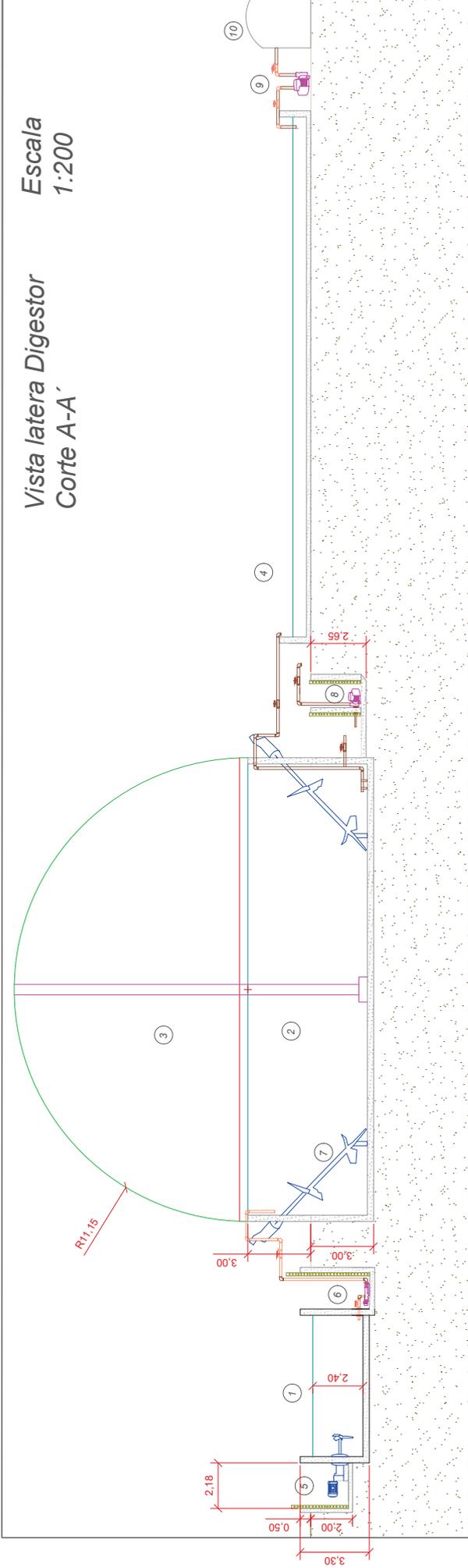
Naive de compostaje
Vista Superior



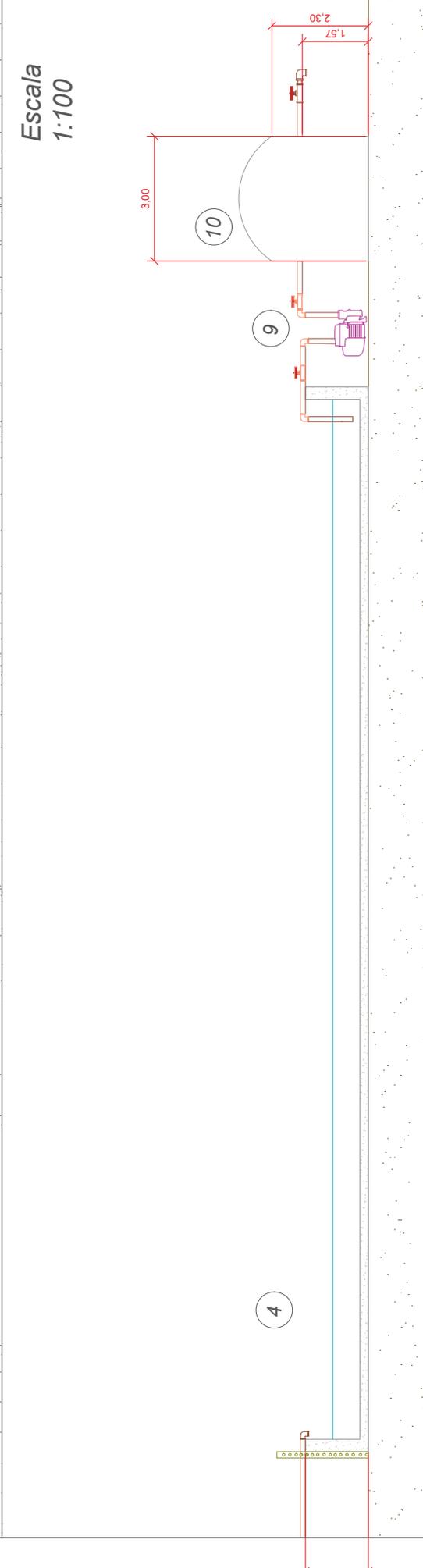
Fecha	Nombre	Milagros Romero	Diseño de una Gestión Integral de Residuos Sólidos del Mercado Central de Buenos Aires
Dibujo	Revisó	Patricia Fernández	
Aprobó	Escala	Patricia Fernández	
Escala		1:200	Vista superior de uno de los sistemas de digestión anaeróbica
Plano N.º		5	
UNSAM		Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental	
Alumno: Miagros Romero		Legajo: CYT-7997	
Carrera		Ingeniería Ambiental	

Vista lateral Digestor
Corte A-A'

Escala
1:200



Escala
1:100



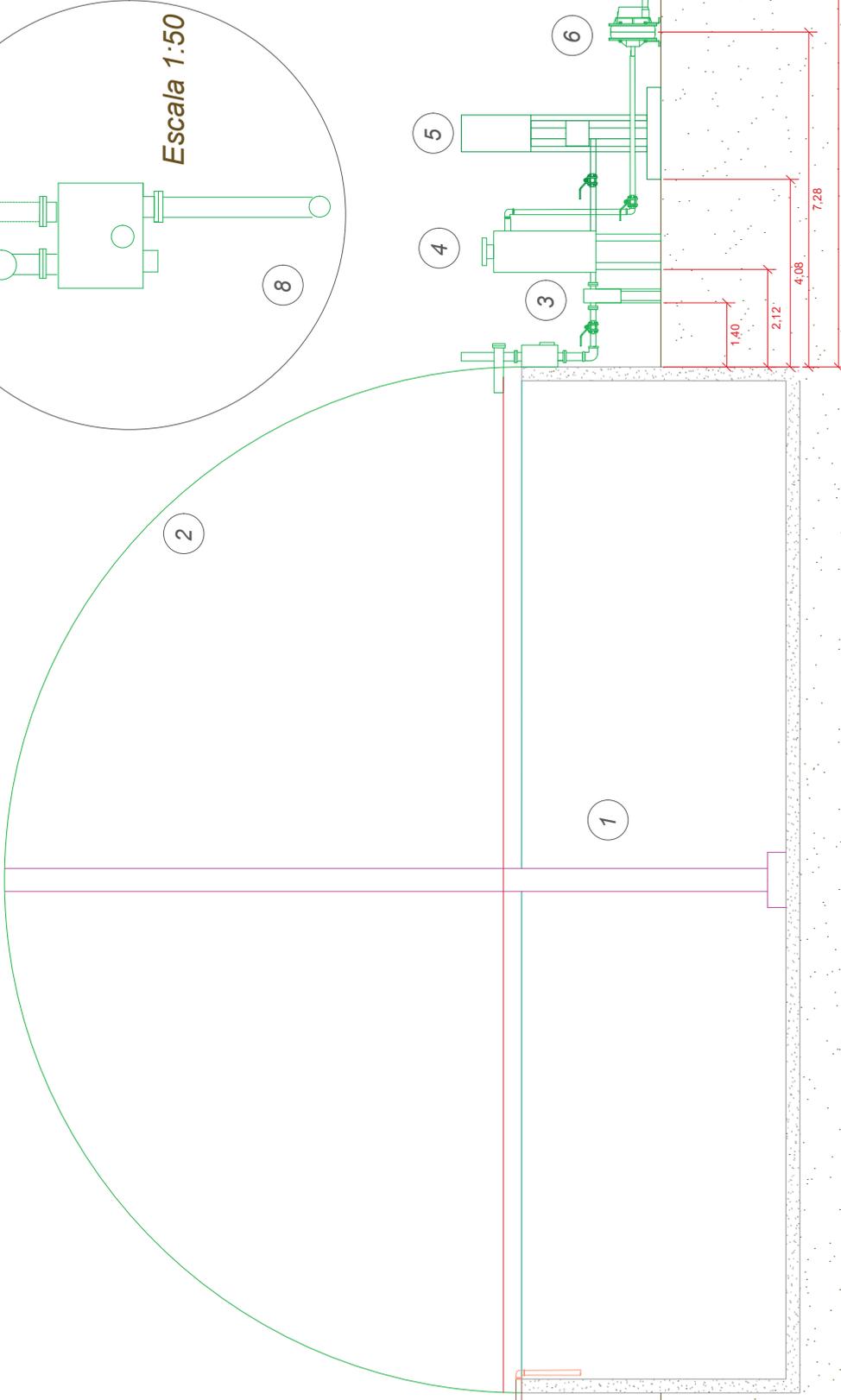
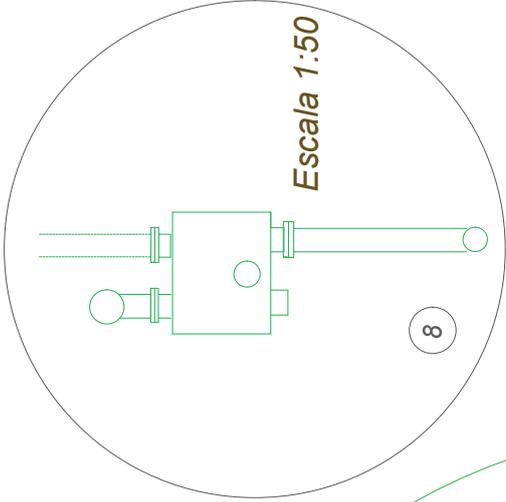
Referencias

1. Tanque de alimentación
2. Digestor anaeróbico
3. Gasómetro de doble membrana.
4. Laguna de almacenamiento de digestato.
- 5 y 7 . Agitadores
- 6, 8 y 9 . Bombas
- 10 Tanque de almacenamiento fase líquida digestato.

Dibujo	Fecha	Nombre	Diseño de la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Mercado Central de Buenos Aires
Revisó	09/02/2022	Milagros Romero	
Aprobó	09/02/2022	Patricia Fernández	
Escala	1:200		Corte A-A' Vista Lateral de un solo sistema de sistema de digestión anaeróbico
Piano N°.	6		
  Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental			Alumno: Milagros Romero Legajo: CYT-7997 Carrera Ingeniería Ambiental

Escala 1:100

Corte B-B'
Vista lateral
Digestor y
sistema
depuración de



Referencias

1. Digestor anaeróbico
2. Gasómetro de doble membrana.
3. Condensador
4. Filtro de H₂S
5. Antorcha de seguridad
6. Soplador
7. Generador
8. Válvula de control

Diseño de una Gestión
Integral de Residuos
Sólidos del Mercado
Central de Buenos Aires

Fecha	Nombre
09/02/22	Milagros Romero
09/02/22	Paola Fernández
09/02/22	Paola Fernández

Sistema de depuración de biogas
Vista lateral

Escala	Piano N°	7
1:100		



31A
Instituto de Investigación
e Ingeniería Ambiental

Alumno: Milagros Romero
Legajo: CYT-7997
Carrera
Ingeniería Ambiental

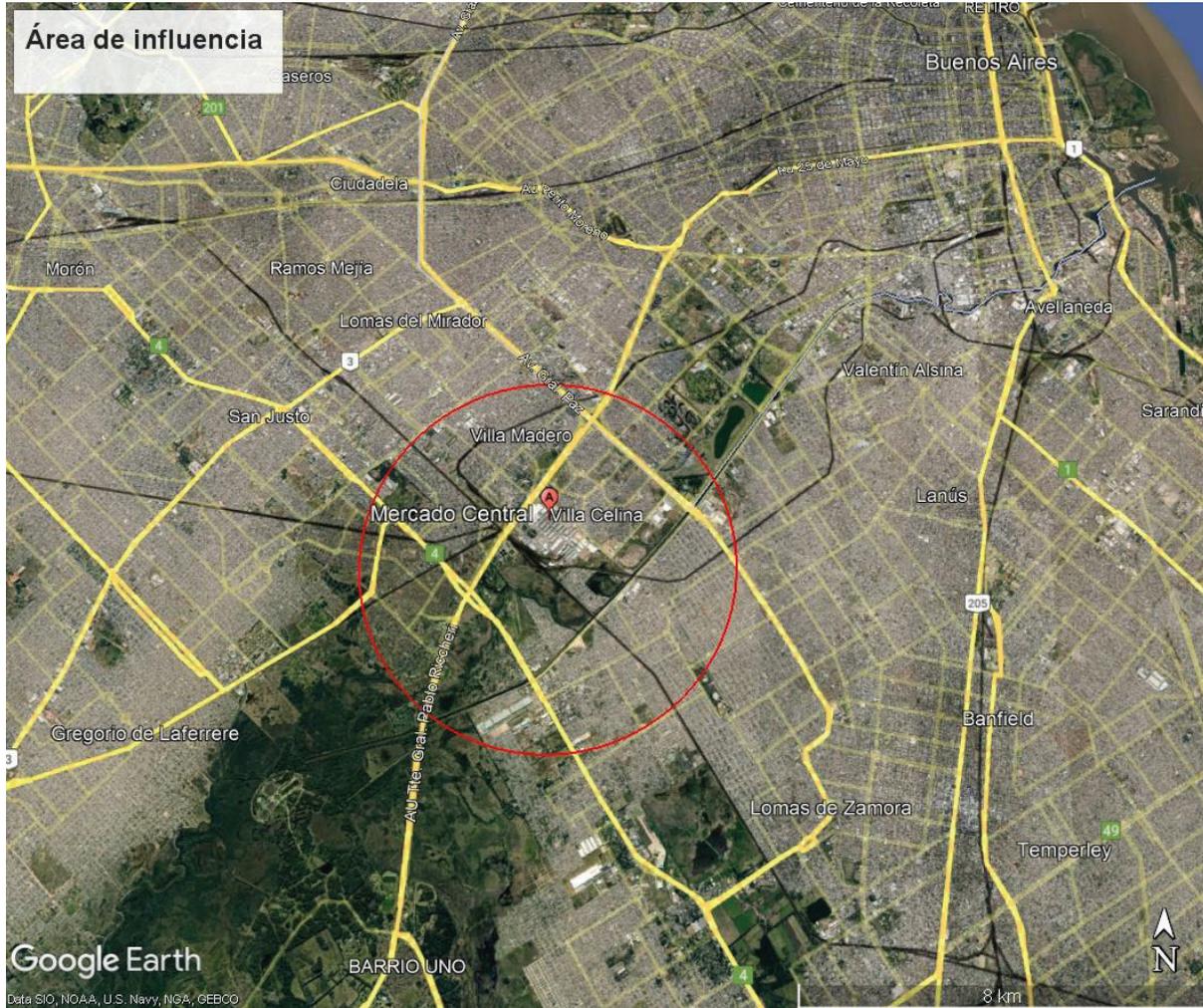
Insert text
here

12 Anexos

Anexo I – Ubicación de pozos freáticos en planta de compostaje actual de MCBA



Anexo II- Área de influencia del proyecto



Anexo I. Agitador horizontal para tanque de alimentación

AGITADORES HORIZONTALES

CARACTERÍSTICAS | DATOS TÉCNICOS | VENTAJAS

MODELO AH-L

CARACTERÍSTICAS

Los modelos AH-L son agitadores laterales diseñados por MYV MIXING, los cuales son recomendados para procesos de agitación en aplicaciones industriales muy exigentes. Estos agitadores garantizan un resultado de mezcla homogéneo, fiabilidad elevada del proceso, alto rendimiento, bajos costos de funcionamiento. Poseen un montaje de brida para entrada lateral y son ubicados en el fondo del tanque con una leve inclinación, aptos para mezclas y mantenimiento de los productos. Están provistos de los elementos necesarios para garantizar la estanqueidad del producto en el recipiente. Y según el tipo de modelo se pueden disponer de un sistema de recambio de los cierres y rodamientos sin tener que vaciar el tanque. Pueden ir montados sobre motores eléctricos, neumáticos, hidráulicos con las variantes de protección existente, según a las normativas vigentes.

COMPONENTES

Moto-reductor: Compuesto por un motorreductor SEW de engranajes helicoidales de ejes paralelos de gran torque

Tornete: Linterna conformada en hierro o fundidas de gran resistencia, mecanizadas y con previo ajuste de armado.

Acople: Fabricadas en hierro, mecanizadas y con chavetas junto a un cierre con bujes para mayor seguridad

Brida de anclaje: Diseñada según requerimientos del cliente.

Rodamiento: Blindados de la marca SKF

Estanqueidad: Según sea el proceso puede ser con prensa estopa o sello mecánico.

Eje agitador: Mecanizados con ejes tallados y en diferentes tipos de materiales y largos, según requerimientos.

Impulsor: Tipo Hélice marina o propela.

Terminación de perfil: Puede ser sanitario o industrial.

Pintura epoxi: Los equipos son pintados con una base anti-óxido epoxi y 2 capas de pintura epoxi brillante.

VENTAJAS

Una de las ventajas es que están destinados para almacenamiento de gran volumen desde 10 a 500 m³ (orientativo) y en aplicaciones en la industria vinícola, cervecera, láctea, útiles para mantener homogéneos líquidos no viscosos. Posee un tipo de cierre mecánico especial, normalmente de carburo de silicio/ viton garantizando un funcionamiento libre de fugas. La hélice es un perfil axial de 3 paletas tipo marina. Como estándar incluye una brida de fijación ASME/DIN/ANSI.

DATOS TÉCNICOS

02 MOTOR

Características

- Pueden ser según sea necesario:
- De engranajes helicoidales
- De eje paralelo y eje huaco

09 BRIDA

Características

- Diseñada para cualquier tamaño
- Material: AISI 304 / 316 / SAE 1018
- Según normas DIN / ANSI / ASME
- De tipo al sistema de estanqueidad

POTENCIAS

0.25/40HP

26/200RPM

12 IMPULSOR

Características

- Material: AISI 304 / 316 / SAE 1018
- Impulsor Hélice marina
- Los diámetros 100 a 800 mm
- Versatilidad en diferentes productos

GRANDES VOLUMEN DEPÓSITOS

+1000m³

HELICE

100/800CM AXIAL

TIPO DE PROCESOS

- Mezcla en tanque
- Líquidos limpios y ligeramente contaminados
- Líquidos viscosos
- Concentraciones fibrosas
- Concentraciones no fibrosas
- Líquidos que contienen grandes sólidos
- Líquidos con alto contenido de gas

TIPO DE INDUSTRIAS

Los agitadores horizontales AH-L de MYV MIXING están diseñada para aplicaciones en la industria del vino, cervecera, láctea y en tanques de almacenamiento de gran volumen desde 10 a 500 m³ (orientativo), para mantener homogéneos líquidos no viscosos.

FARMACÉUTICA
COSMÉTICA
SEGURIDAD

QUÍMICA
PETROLÍFICA
ALIMENTICIA

TIPO DE INDUSTRIAS

FARMACÉUTICA
COSMÉTICA
SEGURIDAD

QUÍMICA
PETROLÍFICA
ALIMENTICIA

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130	700	1430	600	94 Kg
AH-L10	10 HP	350	2130	700	1430	800	110 Kg
AH-L15	15 HP	350	2800	800	2000	850	140 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

AGITADOR HORIZONTAL

CONFIGURACION

Modelo	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AH-L3	3 HP	250	1660	600	1060	550	41 Kg
AH-L5	5.5 HP	275	1700	600	1100	600	75 Kg
AH-L7	7.5 HP	300	2130				

Anexo II Bomba de alimentación de digestor

Progressing cavity process pump, compact for space saving. For pumping wastewater sludge, effluents and shear sensitive fluids in municipal and industrial process applications.

Construction

Materials of construction, available in cast iron or stainless steel, with a choice of rotor and stator materials to suit individual applications e.g. hard chrome plated rotor or natural rubber stator.

Applications

Typical applications for the PC transfer pump include:

- Municipal and Industrial effluents.
- Sludge transfer processes.
- Shear sensitive processes.
- Hydrated lime slurry.
- Industrial chemicals and detergents.
- Paper stocks.
- Starch slurries.
- Ground water with manganese.
- Agricultural effluent and farm waste slurries.

Features

- As the drive forms an integral part of the unit, the pump is ideal for space-saving installations.
- Gentle pumping action, minimises shear and crush damage to the pumped product.
- Surface mounted, making it easier, cleaner and less hazardous for maintenance.
- Up to 8.5 m suction lift, deep sumps can be easily pumped.
- Plug-in shaft, ease of maintenance when assembling or dismantling, with extraction facility.
- Viscous fluid products can be supplied with a square inlet and conveyor to assist viscous slurries into the pumping element.
- Inspection cover, available for applications where known rag content is a problem.
- Supplied with a baseplate to ease installation, or option without baseplate.
- Sealed joints, fully sealed drive train to maximise life and minimise downtime.
- Shaft sealing options, packed gland or single and double mechanical seals are available.
- Versatile, can be installed vertically or horizontally to suit the application. Can be run in either direction.

Motor / drives

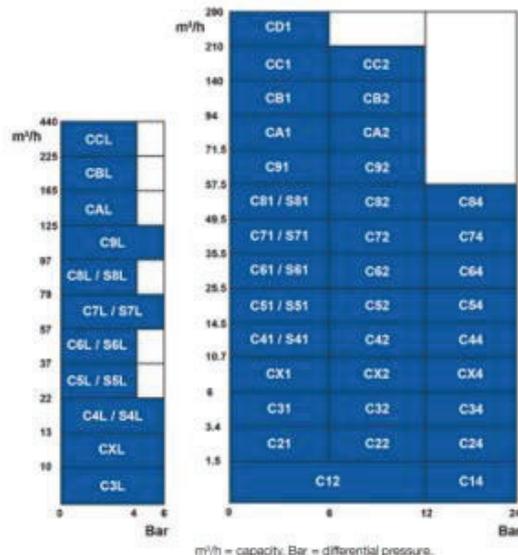
- Robust drives, specially selected drives and gearboxes for longer life. Options include electric motor drive units supplied as direct-coupled or variable speed drives with mechanical variable speed or frequency inverter.
- Low running speeds, reduced wear for a longer working pump life which extends the periods between routine maintenance. Important in abrasive applications.



Performance

Capacity, for flows up to 440 m³/h and differential pressure up to 24 bar, to operate in a range of process temperatures from -10 °C, up to 100 °C.

Performance data



Anexo III Recipientes para residuos 50l

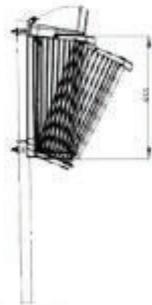


PAPELEROS URBANOS

DINOVA



www.grupotigre.com.ar



- ✓ Apertura y cierre con llave anti-vandalismo
- ✓ Permite el uso sin bolsas Ahorrando mucho dinero
- ✓ Origen alemán Calidad asegurada

(011) 15 6907 0694

Anexo IV Contenedor para residuos 3200 l



Contenedor de 3200 litros
Metálico



Todas ventajas y robustez del Metal

- Fabricados según EN-840
- Peso vacío: 210 kg \pm 5%
- Todo el contenedor (cuerpo) está galvanizado en caliente y se cubre en un aluminio.
- Esquinas redondeadas y radio de 100 mm en acero estampado con 1,5 mm de espesor realizado con galvanizado en caliente según UNI EN ISO 1461.
- Tapa basculante bilateral simétrica (1,2 mm de espesor) con bloqueo automático y dispositivo de desbloqueo en etapa de descarga.
- El proceso de montaje se realiza mediante soldaduras con procedimiento estanco "Mig" (soldadura en línea continua).
- La viga de soporte superior de las medias tapas y la superior e inferior de los brazos del grupo basculante tienen 3 mm de espesor.
- Todo el recipiente se coloca en n. 4 pies de apoyo en galvanizado chapa de acero con 3 mm de espesor anti-tropiezo.
- Pedal galvanizada en caliente con \varnothing de 25 mm para la apertura de la media tapa.
- Espesor del cuerpo 1,5 mm
- Espesor de la cubierta 1,5 mm
- Espesor de los brazos de la tapa 3,00 mm
- Espesor de la base de la rueda 4,00 mm
- Tolerancia \pm 0,3 mm
- Garantía: un año en el contenedor y cinco años para resistente a la corrosión

Colores :



Anexo V. Contenedor 1100 l



Contenedor de 1100 litros
Metálico



Todas ventajas y robustez del Metal

- Capacidad: 1100 litros +/- 5%.
- Fabricado de acuerdo a Norma EN 840.
- Peso vacío: 1100 kg +/- 5%.
- Cuerpo de acero galvanizado por inmersión en caliente.
- 4 Ruedas de caucho macizas de 200 mm, 2 de ellas con freno.
- Agujero de drenaje en el fondo.
- Tapa plástica o metálica de color a elección.
- Dimensión: 1360x1050x1360.
- Espesor del cuerpo: 1,5 mm.
- Grosor de la guía lateral: 3 mm.



Colores :



www.grupotigre.com.ar

info@grupotigre.com.ar

(011) 7078 9999

Anexo VI. Removedora de Compost RCO

Removedora de compost RCO

□ La Removedora RCO es un equipo para remover, airear y humedecer pilas longitudinales de desechos con el fin de convertirlos en fertilizante orgánico.

También se utiliza para la estabilización y recuperación de tierra contaminada con hidrocarburos y cenizas.

Máquina desarrollada mediante un convenio de asistencia técnica entre el INTA y EL PATO MAQUINAS AGRICOLAS SRL.

Esta máquina presenta un nuevo diseño de rotor (patente en trámite) que permite trabajar con mayor velocidad, aumentando la cantidad de Mts³ por hora. De esta manera se logra mayor eficiencia y menor costo operativo.

Además cuenta con un sistema de aspersion por gravedad que no requiere la utilización de una bomba, disminuyendo drásticamente el costo de mantenimiento. El caudal máximo de 37.5 Lts./Min. es suficiente para compensar la pérdida de humedad sufrida durante la remoción.

CARACTERISTICAS:

- Compuesta por una carcasa de acero sobre la cual se fija el rotor mezclador.
- Ancho de labor 2 Mts.
- Alto máximo de la pila 1.50 Mts.
- Ancho de transporte 3.15 Mts.
- Rotor de 8" con paletas intercambiables construidas en acero SAE 1045.
- Tanque de 750 Lts. con sistema de aspersion por gravedad (no requiere bomba)
- Acoplamiento cardánico con zafe ante sobrecarga.
- Alerones traseros reforzados para la conformación de la pila.
- Incluye 2 cilindros para control de altura con válvula divisora proporcional.
- Incluye 2 llantas con neumático 11 L15 de alta flotacion.
- Velocidad rotor 292 RPM , para toma fuerza del tractor de 540 RPM.
- Tratamiento de la chapa previo (fosfatizado), fondo anticorrosivo y pintura poliuretánica.
- Potencia mínima recomendada 60 hp.