



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ESCUELA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA LA GESTIÓN RESIDUOS
ORGÁNICOS DE FERIAS LIBRES DESTINADOS A COMPOSTAJE EN LA
COMUNA DE PUENTE ALTO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE**

AUTORES

DELGADO CRUZ, ANDREA FRANCISCA

PAVEZ BELLO, JUAN MAURICIO

PROFESOR GUÍA

QUIROZ VERDUGO, ERICH

SANTIAGO – CHILE

2020

Autorización para la Reproducción del Trabajo de Titulación

1. Identificación del trabajo de titulación

Nombre del(los) alumno(s): Andrea Francisca Delgado Cruz

Rut: 19.186.574-K

Dirección: Pasaje Imperio Inca 0131, Maipú.

E-mail: andrea.delgadoc@utem.cl

Teléfono: 984636582

Título de la tesis: Estudio de factibilidad técnica para la gestión residuos orgánicos de ferias libres destinados a compostaje en la comuna de puente alto

Escuela: Prevención de Riesgos

Carrera o programa: Ingeniería civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

Título al que opta: Ingeniero civil en prevención de riesgos y medio ambiente

2. Autorización de Reproducción

Se autoriza la reproducción total o parcial de este trabajo de titulación, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo ya su autor.

En consideración a lo anterior, se autoriza su reproducción de forma

X	Inmediata
	A partir de la siguiente fecha: Diciembre 2020

Fecha: Diciembre 2020

Firma: 

Esta autorización se otorga en el marco de la ley N°17.336 sobre Propiedad Intelectual, con carácter gratuito y no exclusivo para la Institución.

Autorización para la Reproducción del Trabajo de Titulación

1. Identificación del trabajo de titulación

Nombre del(los) alumno(s): Juan Mauricio Pavez Bello

Rut: 19.408.378-5

Dirección: Pasaje Valle de Casablanca 3336, Puente Alto.

E-mail: juan.pavezb@utem.cl

Teléfono: 944425186.

Título de la tesis: Estudio de factibilidad técnica para la gestión residuos orgánicos de ferias libres destinados a compostaje en la comuna de puente alto

Escuela: Prevención de Riesgos

Carrera o programa: Ingeniería civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

Título al que opta: Ingeniero civil en prevención de riesgos y medio ambiente

2. Autorización de Reproducción

Se autoriza la reproducción total o parcial de este trabajo de titulación, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo ya su autor.

En consideración a lo anterior, se autoriza su reproducción de forma

X	Inmediata
	A partir de la siguiente fecha: Diciembre 2020

Fecha: Diciembre 2020

Firma: _____



Esta autorización se otorga en el marco de la ley N°17.336 sobre Propiedad Intelectual, con carácter gratuito y no exclusivo para la Institución.

NOTA OBTENIDA: 6,4



The image shows a handwritten signature in blue ink on the left and an official circular stamp on the right. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TOLUCA", "SECRETARÍA DE EDUCACIÓN", "DIRECCIÓN GENERAL DE ASESORIA TÉCNICA Y CALIDAD", and "DIRECCIÓN DE ASesoría TÉCNICA Y CALIDAD".

Firma y timbre autoridad
responsable

DEDICATORIA

Con este proyecto se pone fin a mi etapa universitaria, en la cual adquirí conocimientos y habilidades para convertirme en profesional. Quiero dedicar este proyecto a mis padres Andrés y Ana por la formación que me dieron, porque gracias ustedes hoy puedo lograr esta etapa. Sin ustedes esto no sería posible. Los amo infinitamente

Especialmente le dedico esto a mi hija Isidora, por ser mi motivación día a día para superarme, por entregarme la valentía y por enseñarme que puedo ser capaz de lo que me proponga y que con esfuerzo todo se puede lograr.

Andrea Delgado Cruz

Este proyecto representa el término de un largo camino como estudiante, en el cual pude crecer como persona, formarme como profesional, disfrutar los éxitos y aprender de los fracasos. Por esto, quiero dedicárselo a las personas que vivieron de cerca mi esfuerzo; Mi familia.

Mis padres; Juan y Nicole. que me brindaron la oportunidad de estudiar, exigiéndome y ayudándome a comprender que siempre puedo dar más, y que soy capaz de lograr todo lo que me proponga en la vida.

Para mis hermanos menores; Vicente y Antonella. Que influyeron mucho en mi motivación para estudiar y en ellos siempre he encontrado un respaldo incondicional.

Y para mis abuelos; que los valores que tengo hoy en día son fiel reflejo de lo que ustedes me entregaron.

Juan Pavez Bello

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a nuestro profesor guía Erich Quiroz por brindarnos sus conocimientos, su tiempo y apoyo. Su capacidad para guiar nuestras ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en nuestra formación como profesionales.

También queremos agradecer a la Universidad Tecnológica Metropolitana, por facilitarnos las herramientas para poder realizar nuestra investigación, brindarnos docentes de calidad que contribuyeron a nuestra formación profesional.

A todos ustedes que estuvieron presentes y participaron en nuestro recorrido por la universidad,

Gracias.

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</u>	4
<u>2.1. Residuos sólidos urbanos</u>	4
<u>2.1.1. Clasificación de los residuos</u>	4
<u>2.1.2. Residuos industriales y residuos sólidos urbanos</u>	5
<u>2.1.3. Propiedades físicas, químicas biológicas.</u>	8
<u>2.1.3.1. Propiedades Físicas de los RSU</u>	8
<u>2.1.3.2. Propiedades químicas de los RSU</u>	13
<u>2.1.3.3. Propiedades biológicas de los RSU</u>	21
<u>2.1.4. Impactos ambientales.</u>	25
<u>2.1.5. Técnicas de las 3 R</u>	27
<u>2.1.6 Ferias libres</u>	28
<u>2.1.7 Ubicación</u>	29
<u>2.2 Compostaje</u>	32
<u>2.2.1 Definición</u>	32
<u>2.2.2 Factores que afectan el proceso de compostaje</u>	33
<u>2.2.3 Técnicas de compostaje</u>	36
	VII

<u>2.2.4 Planta de compostaje</u>	41
<u>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</u>	43
<u>3.1. Recolección de información</u>	43
<u>3.2. Criterio de localización</u>	45
<u>3.3. Estimación de volumen de residuos en Puente Alto</u>	49
<u>3.4. Estimación del volumen y largo mensual de almacenamientos de hileras para el Compost</u>	51
<u>IV. CAPÍTULO IV: RESULTADOS</u>	53
<u>4.1 Levantamiento de la Información</u>	53
<u>4.1.1. Características de la Comuna de Puente Alto</u>	54
<u>4.1.1.1 Localización</u>	55
<u>4.1.1.2. Clima</u>	55
<u>4.1.1.3. Superficie</u>	59
<u>4.1.2 Manejo y Gestión de Residuos Sólidos</u>	61
<u>4.1.3 Residuos de Ferias Libres</u>	62
<u>4.2 Estudio de mercado</u>	62
<u>4.2.1 Disponibilidad de residuos</u>	62
<u>4.2.3 Requerimiento del compost</u>	64
<u>4.2.4. Superficie de áreas verdes y compost</u>	66
	VIII

<u>4.2.5. Espesor de Compost</u>	67
<u>4.2.6. Estimación costos</u>	68
<u>4.3 FACTIBILIDAD TÉCNICA</u>	71
<u>4.3.1 Tamaño</u>	71
<u>4.3.1.1 Demanda</u>	71
<u>4.3.1.2 Disponibilidad de insumos</u>	71
<u>4.2 Maquinarias y equipos</u>	72
<u>4.3 Descripción de los procesos</u>	72
<u>4.3.1 Almacenamiento temporal</u>	72
<u>4.3.2 Pre Tratamiento</u>	72
<u>4.3.2.1 Desfibrado vegetal</u>	73
<u>4.3.2.2 Mezclado</u>	73
<u>4.3.3 Fermentación</u>	73
<u>4.3.4 Maduración</u>	74
<u>4.3.5 Afino</u>	74
<u>4.4 Diagrama de flujo</u>	75
<u>4.3.7. Compostaje en pilas con volteo</u>	75
<u>4.3.8. Dimensiones de la planta</u>	76
<u>4.3.8.1. Determinación de dimensiones de las pilas de compost</u>	76
	IX

<u>4.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS</u>	79
<u>4.4.1. Inversión</u>	80
<u>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES</u>	87
<u>CAPÍTULO VI: REFERENCIAS</u>	88
CAPITULO VII: ANEXOS	90
6.1. Anexo 1: Valores de contrato de “Concesión de Recolección, Limpieza, Lavado, Transporte y Descarga Intermedia o final de los Residuos de Ferias Libres de la Comuna de Puente Alto”, con la empresa “R y R Industriales Limitada”.	90
6.2. Anexo 2: Valores del contrato de “Servicio de disposición final de Residuos Sólidos Domiciliarios de la Comuna de Puente Alto” con empresa “KDM Tratamientos”	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos típicos sobre peso específico y contenido en humedad para residuos domésticos, comerciales, industriales y agrícolas.....	10
Tabla 2.2 Análisis físico para los componentes combustibles de los residuos sólidos urbanos (RSU).....	14
Tabla 2.3. Datos típicos sobre el análisis elemental del material combustible presente en los residuos sólidos domésticos, comerciales, industriales y agrícolas.....	15
Tabla 2.4. Datos típicos sobre el análisis elemental de los componentes combustibles en los RSU domésticos.....	17
Tabla 2.5. Valores típicos de rechazos inertes y contenido energético de los RSU domésticos.....	19
Tabla 2.6. Análisis elemental de los materiales orgánicos utilizados como alimentación en los procesos de conversión biológica.....	20
Tabla 2.7. Composición de RSU.....	22
Tabla 2.8. Etapas Vitales de una Mosca.....	25
Tabla 2.9. Reducción de RSU.....	27
Tabla 2.10. Cantidad de Ferias libres en Puente Alto según su distribución.....	31
Tabla 2.11. Valores nitrógeno y carbono de materiales.....	35

Tabla 3.1. Factores de Evaluación de terreno para planta de Compostaje.....	49
Tabla 3.2. Cantidad de habitantes y volumen de residuos generados en la comuna de La Reina y Providencia por ferias libres al año.....	50
Tabla 4.1. Ponderación de las ubicaciones disponibles para instaurar la planta de compost.....	54
Tabla 4.2 Cantidad de habitantes y volumen de residuos generados en la comuna de La Reina, Providencia y Puente Alto por ferias libres al año.....	64
Tabla 4.4. Distribución comunal e índice de m ² por habitante.....	67
Tabla 4.5 Precios de disposición de residuos.....	68
Tabla 4.6. Precios en relación a lugar de disposición.....	69
Tabla 4.7. Valores de servicio.....	70
Tabla 4.8. Volumen diario generación de residuos orgánicos de ferias libres.....	76
Tabla 4.9. Dimensione de las pilas de compost.....	78
Tabla 4.10. Maquinaria e instrumentos que se utilizaran.....	81
Tabla 4.11. Producción de Compost.....	83
Tabla 4.12. Personal requerido para el proyecto.....	84
Tabla 4.13. Áreas productivas y de servicios.....	85
Tabla 4.14. Mano de obra directa e indirecta.....	86

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2.1. Generación de residuos en Chile.....	6
Figura 2.2 Generación de residuos municipales según región.....	7
Figura 2.3. Ferias libres en Puente Alto.....	30
Figura 2.4. Distribución de Ferias Libres en Puente Alto.....	32
Figura 4.1. Mapa de Puente Alto.....	55
Figura 4.2. Temperatura máxima y mínima promedio en la comuna de Puente Alto.....	56
Figura 4.3. Precipitación de lluvia mensual promedio en la comuna de Puente Alto.....	57
Figura 4.4. Niveles de comodidad de la humedad en la comuna de Puente Alto.....	58
Figura 4.5. Distribución de áreas en la comuna de Puente Alto.....	60
Figura 4.6. Diagrama de procesos de flujo.....	75
Figura 4.7. Dimensión hilera de compostaje.....	78

RESUMEN

Las ferias son una importante fuente de desechos orgánicos debido al rubro de sus emprendimientos los cuales son las verduras y hortalizas que abarcan el 49.6%, las frutas con un 31.8% y pescados 2.8% (Catastro nacional de ferias libres, 2016). No existen iniciativas que permitan aprovechar y rentar a partir de la recolección y tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos (Catastro nacional de Ferias Libres, 2016). Es una solución efectiva tratar los desechos orgánicos en una planta de compost evitando impactos ambientales tales como contaminación atmosférica, del suelo y las aguas (superficiales y subterráneas).

La comuna de Puente Alto fue escogida para realizar la planta de compost debido a que, según el censo del gobierno en 2017, es la comuna con mayor cantidad de habitantes en Chile (568.106 personas) y posee 9 ferias libres. Esto indica que se podría mantener en funcionamiento una planta de compostaje; implementar el compostaje significaría el aprovechamiento de los desechos orgánicos y tener abundantes beneficios como, por ejemplo, reducir peso y volumen de los residuos generados que son llevados a vertederos y producción de abono orgánico para los trabajadores de ferias libres.

Este proyecto de título busca generar un estudio para ver si existe la factibilidad que en la comuna de Puente Alto pueda existir una planta de compostaje, para poder aprovechar los residuos orgánicos y generar un impacto ambiental positivo en la comuna, para esto, se estimaron costos de producción y una comparación con los costos actuales que se generan para disponer los residuos en un relleno sanitario.

ABSTRACT

The fairs are an important source of organic waste due to the heading of their undertakings which are vegetables that cover 49.6%, fruits with 31.8% and fish 2.8% (National Register of Free Fairs, 2016). There are no initiatives that allow for the use and rental of organic and inorganic waste collection and treatment (National Cadastre of Free Fairs, 2016). It is an effective solution to treat organic waste in a composting plant avoiding environmental impacts such as air, soil and water pollution (surface and subway).

The commune of Puente Alto was chosen to build the composting plant because, according to the 2017 government census, it is the commune with the largest number of inhabitants in Chile (568,106 people) and has 9 free fairs. This indicates that a composting plant could be kept in operation; implementing composting would mean the use of organic waste and have abundant benefits such as reducing the weight and volume of waste generated that is taken to landfills and producing organic fertilizer for the workers of free fairs.

This title project seeks to generate a study to see if there is a feasibility of a composting plant in the commune of Puente Alto in order to take advantage of organic waste and generate a positive environmental impact in the commune. To do this, production costs were estimated and a comparison with the current costs generated to dispose of the waste in a sanitary landfill was made.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El cuidado del medio ambiente es un tema que se encuentra en auge. Gracias a la conectividad y redes sociales se ha producido un acercamiento y preocupación sobre el cuidado de nuestro entorno y el cómo podría afectarnos si no tomamos las medidas correspondientes. (Asociación de Ciencias Ambientales, 2010)

Los residuos producidos por la humanidad causan un gran impacto al medio ambiente. Es por eso que deben ser tratados de manera meticulosa y sacando también el mayor provecho de dichos tratamientos.

Según el Ministerio del Medio Ambiente en 2018, la inquietud ambiental de la población que más aumenta en Chile es la disposición final de la basura, creciendo un 8% entre el 2016 y 2018 y se acerca a la preocupación que más afecta a los chilenos; La contaminación del aire.

Pablo Fernandois, encargado de la gestión de residuos en el Ministerio del Medio Ambiente (2018); advierte que en Chile una persona genera 1,25 kilos de basura diariamente y aproximadamente el 50% corresponde a residuos orgánicos (residuos biodegradables de origen vegetal o animal) que terminan en rellenos sanitarios.

Las ferias son una importante fuente de desechos orgánicos debido al rubro de sus emprendimientos los cuales son las verduras y hortalizas que abarcan el 49.6%, las frutas con un 31.8% y pescados 2.8% (Catastro nacional de ferias libres, 2016). No existen iniciativas que permitan aprovechar y rentar a partir de la recolección y tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos (Catastro nacional de Ferias Libres, 2016). Es una solución efectiva tratar los desechos orgánicos en una planta de compost evitando impactos ambientales tales como contaminación atmosférica, del suelo y las aguas (superficiales y subterráneas).

La comuna de Puente Alto fue escogida para realizar la planta de compost debido a que, según el censo del gobierno en 2017, es la comuna con mayor cantidad de habitantes en Chile (568.106 personas) y posee 9 ferias libres. Esto indica que se podría mantener en funcionamiento una planta de compostaje; implementar el compostaje significaría el aprovechamiento de los desechos orgánicos y tener abundantes beneficios como, por ejemplo, reducir peso y volumen de los residuos generados que son llevados a vertederos y producción de abono orgánico para los trabajadores de ferias libres.

OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Determinar la Factibilidad de una planta de Compostaje por Volteo de Residuos provenientes de Ferias Libres en la Comuna de Puente Alto

1.2. Objetivos Específicos

- Realizar el estudio técnico de implementación de una planta de compostaje a partir de residuos sólidos orgánicos en la municipalidad de Puente Alto.
- Determinar los Flujos Másicos de Alimentación de una planta de Procesamiento.
- Dimensionar la Planta de Compostaje.
- Determinar Costo del Proyecto y comparación con costos actuales de disposición en rellenos sanitarios.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el presente marco teórico, se dispondrán a su disposición una serie de conceptos que llevarán a entender mejor la investigación de gestión para los residuos orgánicos urbanos.

2.1. Residuos sólidos urbanos

- Son aquellos residuos que provienen de cualquier actividad realizada en zonas urbanas o en sus áreas de influencia, como los provenientes de podas, talas, ferias libres, residuos domiciliarios, entre otros (Sztern y Pravia, 1999).
- Según la NCh 2880: consiste en sustancia, elemento u objeto cuya eliminación el generador procede, se propone proceder o está obligado a proceder en virtud de la legislación vigente.

2.1.1. Clasificación de los residuos

Los residuos sólidos se pueden clasificar de distintas formas¹:

- Según su origen o naturaleza: Residuos industriales, residuos silvoagropecuarios, residuos mineros, residuos de la construcción, residuos hospitalarios y residuos sólidos municipales.
- Según su biodegradabilidad: Orgánicos e inorgánicos
- Según su composición: residuos orgánicos, papeles y cartones, plásticos, vidrios, goma y caucho, madera, metales y textiles.

¹ De acuerdo a la clasificación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA.

2.1.2. Residuos industriales y residuos sólidos urbanos

- Residuo industrial: residuo resultante de los procesos de fabricación, transformación, utilización, consumo, limpieza y mantenimiento, generados por la actividad industrial. Corresponden a residuos sólidos, líquidos o combinaciones de estos, que, por sus características físicas, químicas o microbiológicas, no pueden asimilarse a los residuos domésticos.²

Un residuo se diferencia de lo que comúnmente se denomina basura. Su diferencia se vincula específicamente con la oportunidad de ser reutilizada. De esta manera:

- Residuo: desecho que nos sobra al realizar alguna actividad, pero que puede ser reutilizado.
- Basura: desecho a lo que ya no se le puede dar otro uso o no tiene ninguna utilidad posible.
- Residuos sólidos urbanos o municipales: incluye residuos sólidos domiciliarios y residuos similares a los anteriores generados en el sector servicios y pequeñas industrias. También se consideran residuos municipales a los derivados del aseo de vías públicas, áreas verdes y playas.³

Los residuos sólidos urbanos se componen de la siguiente forma:

- **Orgánico:** Restos de comida, desechos de jardín, madera.
- **Papel:** Restos de papel, cartón, periódicos, revistas, etc.
- **Plástico:** Botellas, envases, tapas, etc.

² (<https://sinia.mma.gob.cl/temas-ambientales/residuos/>, s.f.)

³ (<https://sinia.mma.gob.cl/temas-ambientales/residuos/>, s.f.)

- **Vidrio:** Botellas, cristalería, vidrio de color.
- **Metal:** Latas, aerosoles no peligrosos.
- **Otros:** textiles, cuero, caucho, desechos electrónicos, aparatos y dispositivos, otros materiales inertes.

Como se muestra en la siguiente imagen extraída de FUDESO, sobre cuántos residuos generamos los chilenos basado en el informe del estado de Medio Ambiente 2016, el 93% de los residuos sólidos urbanos van directamente a descomposición final y solo un 5,6% es valorizado, es decir, son recuperados, reciclados o reutilizados.

Solo un 15% de los residuos sólidos urbanos es desecho orgánico biodegradable.



Figura 2.1. Generación de residuos en Chile (Fuente: Fundación para el desarrollo social, 2016).

La región metropolitana, concentra la mayor tasa de generación de residuos municipales, respecto de las demás regiones de Chile.

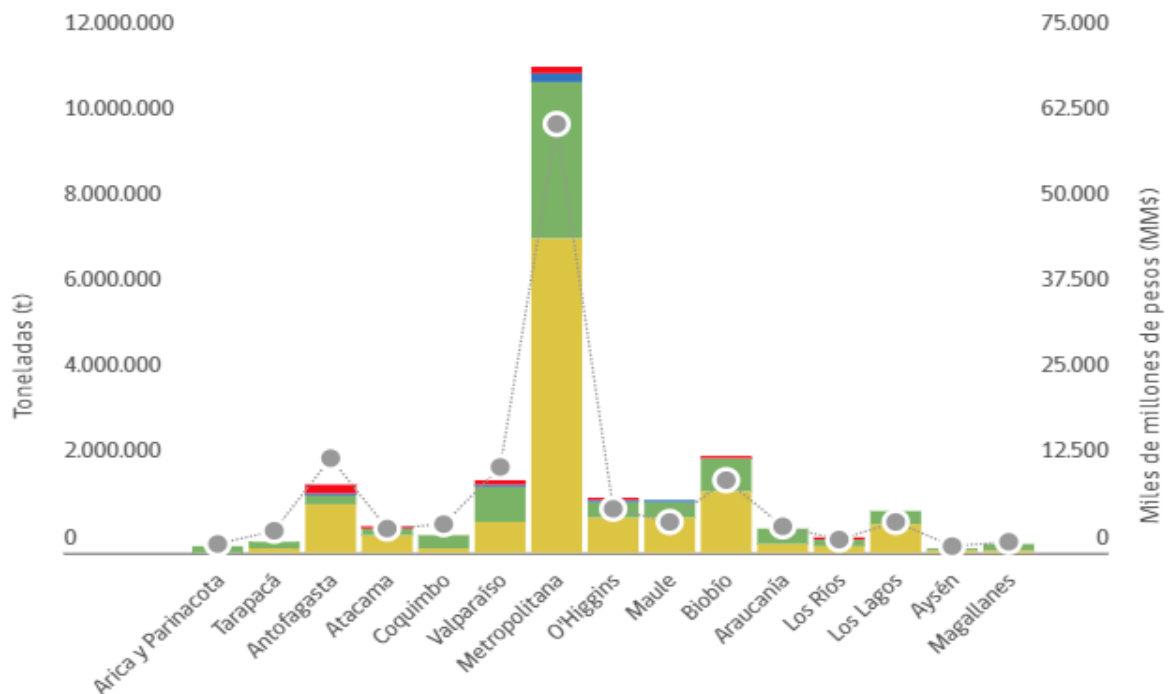


Figura 2.2 Generación de residuos municipales según región (Fuente: SINADER, 2017).

En Puente Alto los residuos orgánicos alcanzan las 105 mil toneladas al año, donde el 10% corresponde específicamente a residuos de ferias libres (10 mil toneladas al año). Los residuos de feria son particularmente interesantes en términos de la composición, pues poseen un alto contenido vegetal y animal que no ha sido mezclado con otro tipo de residuos (como es el caso de residuos domiciliarios), por lo que su separación para poder reciclarlos es mucho más efectiva.⁴

⁴ Tesis “Planta de Compostaje Educativa”, Constanza Espinoza Cancino 2014-2015.

2.1.3. Propiedades físicas, químicas biológicas.

La información de caracterización física, química y biológica de los residuos sólidos urbanos se extrajo del documento de Gestión de Residuos, Capítulo 4 “Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los RSU”⁵

2.1.3.1. Propiedades Físicas de los RSU

Los RSU entre sus características físicas incluyen: peso específico, humedad, tamaño de partícula y distribución del tamaño, capacidad de campo y porosidad de los residuos compactados.

Peso específico.

El peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen (por ejemplo, kg/m³). Como el peso específico de los RSU frecuentemente se refiere a residuos sueltos, encontrados en los contenedores, no compactados, compactados, etc., la base utilizada para los valores presentados debe ser citada siempre. Los datos sobre el peso específico a menudo son necesarios para valorar la masa y el volumen total de los residuos que tienen que ser gestionados. Desafortunadamente, hay poca o ninguna uniformidad en la forma de presentar los pesos específicos dentro de la literatura sobre el tema. Frecuentemente no se hace ninguna distinción entre los pesos específicos de RSU compactados y no compactados. En la tabla IV.1 se presentan pesos específicos típicos para varios tipos de residuos tal como son encontrados en los contenedores, compactados o no compactados.

⁵Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los RSU de la página web https://aulagaasociacion.files.wordpress.com/2015/03/4_propiedades_rsu.pdf

Como los pesos específicos de los residuos sólidos varían notablemente con la localización geográfica, la estación del año y el tiempo de almacenamiento, se debe tener mucho cuidado a la hora de seleccionar los valores típicos. Los residuos sólidos urbanos, tal como se entregan por los vehículos de compactación, se ha comprobado que varían desde **178 kg/m³** hasta **415 kg/m³**, con un valor típico de aproximadamente **300 kg/m³**.

Contenido de humedad.

El contenido de humedad de los residuos sólidos se puede expresar de dos formas. En el método de medición peso-húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo; en el método peso-seco, se expresa como un porcentaje del peso seco del material. El primer método se usa más frecuentemente en el campo de la gestión de residuos sólidos, y en forma de ecuación, se expresa de la forma siguiente:

$$M = (w-d/w)100$$

donde:

M = Contenido de humedad, porcentaje (%)

w = Peso inicial de la muestra según se entrega (kg)

d = Peso de la muestra después de secarse a 105°C (kg.).

Los datos típicos sobre el contenido de humedad de los componentes de los residuos sólidos se presentan en la tabla. Para la mayoría de los RSU, el contenido de humedad variará entre el 15 y el 40%, según la composición de los residuos, la estación del año y las condiciones de humedad y meteorológicas; particularmente la lluvia.

Tabla 2.1. Datos típicos sobre peso específico y contenido en humedad para residuos domésticos, comerciales, industriales y agrícolas.

TIPOS DE RESIDUOS	PESO ESPECÍFICO KG/M3		CONTENIDO EN HUMEDAD % EN PESO	
	RANGO	TÍPICO	RANGO	TÍPICO
DOMÉSTICOS NO COMPACTADOS				
Residuos de comida mezclados	131-481	291	50-80	70
Papel	42-131	89	4-10	6
Cartón	42-80	50	4-8	5
Plásticos	42-131	65	1-4	2
Textiles	42-101	65	6-15	10
Goma	101-202	131	1-4	2
Cuero	101-261	160	8-12	10
Residuos de jardín	59-225	101	30-80	60
Madera	131-320	237	15-40	20
Vidrio	160-481	196	1-4	2
Latas de hojalata	50-160	89	2-4	3
Aluminio	65-240	160	2-4	2
Otros metales	131-1.151	320	2-4	3
Suciedad, cenizas, etc.	320-1.000	481	6-12	8
Cenizas	650-831	745	6-12	6
Basuras	89-181	131	5-20	15
RESIDUOS DE JARDÍN DOMÉSTICOS				

Hojas sueltas y secas	30-148	59	20-40	30
Hierba verde suelta y húmeda	208-297	237	40-80	60
Hierba verde húmeda y compacta	539-831	593	50-90	80
Residuos triturados de jardín	267-356	297	20-70	50
Residuos de jardín compostados	267-386	326	40-60	50
URBANOS				
En camión compactador	178-451	297	15-40	20
En vertedero	326-498	451	15-40	25
Medianamente compactados	590-742	600	15-40	25
COMERCIALES				
Residuos de comida húmedos	475-950	540	50-80	70
Cajas de madera	110-160	110	10-30	20
Podas de árboles	101-181	148	20-80	5
Basura mezclada	139-181	160	10-25	15
AGRÍCOLAS				

Agrícolas mezclados	400-751	561	40-80	50
Animales muertos	202-498	359	-	-
Residuos de frutas mezclados	249-751	359	60-90	75
Estiércol húmedo	899-1.050	1.000	75-96	94
Residuos de vegetales mezclados	202-700	359	60-90	75

(Fuente: Tchobanoglous 1994)

Tamaño de partícula y distribución del tamaño:

El tamaño y la distribución del tamaño de los componentes de los materiales en los residuos sólidos son una consideración importante dentro de la recuperación de materiales, especialmente con medios mecánicos, como cribas, trómeles y separadores magnéticos.

Capacidad de campo:

La capacidad de campo de los residuos sólidos es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo de los residuos es de una importancia crítica para determinar la formación de lixiviados en los vertederos. El exceso de agua sobre la capacidad de campo se emitirá en forma de lixiviado. La capacidad de campo varía con el grado de presión aplicada y el estado de descomposición del residuo. La capacidad de campo de los residuos no seleccionados y no compactados de orígenes domésticos y comerciales está en la gama del 50 al 60 %.

Permeabilidad de los residuos compactados:

La conductividad hidráulica de los residuos compactados es una propiedad física importante que, en gran parte, gobierna el movimiento de líquidos y gases dentro de un vertedero.

2.1.3.2. Propiedades químicas de los RSU

La información sobre la composición química de los componentes que conforman los RSU es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Por ejemplo, la viabilidad de la incineración depende de la composición química de los residuos sólidos. Normalmente, se puede pensar que los residuos son una combinación de materiales semihúmedos combustibles y no combustibles. Si los residuos sólidos van a utilizarse como combustible, las cuatro propiedades más importantes que es preciso conocer son:

1. Análisis físico.
2. Punto de fusión de las cenizas.
3. Análisis elemental.
4. Contenido energético.

Cuando la fracción orgánica de los RSU se va a compostar o se va a utilizar como alimentación para la elaboración de otros productos de conversión biológica, no solamente será importante tener información sobre los elementos mayoritarios que componen los residuos, sino también será importante tener información sobre los elementos en cantidades traza que se encuentran en los mismos.

Tabla 2.2. Análisis físico para los componentes combustibles de los residuos sólidos urbanos (RSU).

PROPIEDAD O CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO
<ul style="list-style-type: none"> • Humedad 	Pérdida de humedad cuando se calienta a 105 °C durante una hora.
<ul style="list-style-type: none"> • Materiavolátil combustible 	Pérdida de peso adicional por ignición a 950°C en crisol cubierto.
<ul style="list-style-type: none"> • Carbono fijo 	Rechazo combustible dejado después de retirar la materia volátil.
<ul style="list-style-type: none"> • Ceniza 	Peso del rechazo después de la incineración en un crisol abierto.

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Punto de fusión de la ceniza:

El punto de fusión de la ceniza se define como la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos se transforma en sólido (escoria) por la fusión y la aglomeración. Las temperaturas típicas de fusión para la formación de escorias de residuos sólidos oscilan entre 1.100°C y 1.200° C.

Análisis elemental de los componentes de residuos sólidos:

El análisis elemental de un residuo normalmente implica la determinación del porcentaje de C (carbono), H (hidrógeno), O

(oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y ceniza. Debido a la creciente preocupación por la emisión de compuestos clorados durante la combustión, frecuentemente se incluye la determinación de halógenos en el análisis elemental. Los resultados se utilizan para caracterizar la composición química de la materia orgánica en los RSU y para definir la mezcla correcta de materiales residuales necesaria para conseguir relaciones C/N aptas para los procesos de conversión biológica.

Tabla 2.3. Datos típicos sobre el análisis elemental del material combustible presente en los residuos sólidos domésticos, comerciales, industriales y agrícolas.

TIPOS DE RESIDUOS	PORCENTAJE EN PESO (BASE SECA)					
	CARBONO	HIDRÓGENO	OXÍGENO	NITRÓGENO	AZUFRE	CENIZAS
COMIDA Y PRODUCTOS DE COMIDA						
Grasas	73,0	11,5	14,8	0,4	0,1	0,2
Residuos de comidas Mezclados	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Residuos de Frutas	48,5	6,2	39,5	1,4	0,2	4,2
Residuos de Carne	59,6	9,4	24,7	1,2	0,2	4,9
PRODUCTOS DE PAPEL						
Cartón	43,0	5,9	44,8	0,3	0,2	5,0
Revistas	32,9	5,0	38,6	0,1	0,1	23,3
Papel de Periodico	49,1	6,1	43,0	<0,1	0,2	1,5
Papel Mezclado	43,4	5,8	44,3	0,3	0,2	6,0

Cartones Encerrados	59,2	9,3	30,1	0,1	0,1	1,2
PLÁSTICOS						
Plásticos Mezclados	60,0	7,2	22,8	-	-	10,0
Polietileno	85,2	14,2	-	<0,1	<0,1	0,4
Poliestireno	87,1	8,4	4,0	0,2	-	0,3
Poliuretano	63,3	6,3	17,6	0,6	<0,1	4,3
Policloruro de Vinilo	45,2	5,8	1,6	0,1	0,1	2,0
TEXTILES, GOMA, CUERO						
Textiles	48,0	6,4	40,0	2,2	0,2	3,2
Goma	69,7	8,7	-	-	1,6	20,0
Cuero	60,0	8,0	1156	10,0	0,4	10,0
MADERA, ÁRBOLES, ETC.						
Residuos de jardín	46,0	6,0	38,0	3,4	0,3	6,3
Madera verde	50,1	6,4	42,3	0,1	0,1	1,0
Maderas Auras	49,6	6,1	43,2	0,1	<0,1	0,9
Madera Mezclada	49,5	6,0	42,7	0,2	<0,1	1,5
Viruta de Madera mezclada	48,1	5,8	45,5	0,1	<0,1	0,4
VIDRIOS, METALES, ETC.						
Vidrios y minerales	0,5	0,1	0,4	<0,1	-	98,9
Metales	4,5	0,6	4,3	<0,1	-	90,5
MISCELÁNEOS						

Barreduras de Oficina	24,3	3,0	4,0	0,5	0,2	68,0
Aceites, pinturas	66,9	9,6	5,2	2,0	-	16,3
COMBUSTIBLES DERIVADOS DE						
Combustibles derivados de residuos	44,7	6,2	38,4	0,7	<0,1	9,9

(Fuente: Tchobanoglous, 1994)

El componente orgánico detallado está visualizado de etiquetas, materiales adjuntos entre los que se encuentran recubrimientos.

Tabla 2.4. Datos típicos sobre el análisis elemental de los componentes combustibles en los RSU domésticos.

COMPONENTES	PORCENTAJE EN PESO (BASE SECA)					
	CARBONO	HIDRÓGENO	OXÍGENO	NITRÓGENO	AZUFRE	CENIZAS
ORGÁNICOS						
Residuos de comidas	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Papel	43,5	6,0	44,0	0,3	0,2	6,0
Cartón	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2	5,0
Plásticos	60,0	7,2	22,8	-	-	10,0
Textiles	55,0	6,6	31,2	4,6	0,15	2,5
Goma	78,8	10,0	-	2	-	10,0
Cuero	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10,0

Residuos de jardín	47,8	6,0	38,0	3,4	0,3	4,5
Madera	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1	1,5
INORGÁNICOS						
Vidrios	0,5	0,1	0,4	<0,1	-	98,9
Metales	4,5	0,6	4,3	<0,1	-	90,5
Suciedad, cenizas, etc.	26,3	3,0	2,0	0,5	0,2	68,0

(Fuente: Tchobanoglous, 1994)

Contenido energético de los componentes de los residuos sólidos:

El contenido energético de los componentes orgánicos en los RSU se puede determinar 1) utilizando una caldera a escala real como calorímetro, 2) utilizando una bomba calorimétrica de laboratorio, y 3) por cálculo, si se conoce la composición elemental. Por las dificultades que existen para instrumentar una caldera a escala real, la mayoría de los datos sobre el contenido de energía de los componentes orgánicos de los RSU están basados en los resultados de ensayos con una bomba calorímetro. Los datos típicos del contenido energético y de los rechazos inertes de los componentes de residuos domésticos se representan en la tabla

Tabla 2.5. Valores típicos de rechazos inertes y contenido energético de los RSU domésticos.

COMPONENTES	RECHAZO INERTES, PORCENTAJES		ENERGÍA KCAL/KG	
	RANGO	TÍPICO	RANGO	TÍPICO
ORGÁNICOS				
Residuos de comidas	2-8	5,0	833-1.667	1.111
Papel	4-8	6,0	2.778-4.444	4.000
Cartón	3-6	5,0	3.333-4.167	3.889
Plásticos	6-20	10,0	6.667-8.889	7.778
Textiles	2-4	2,5	3.611-4.444	4.167
Goma	8-20	10,0	5.000-6.667	5.556
Cuero	8-20	10,0	3.611-4.722	4.167
Residuos de jardín	2-6	4,5	556-4.444	1.556
Madera	0,6-2	1,5	4.167-4.722	4.444
INORGÁNICOS				
Vidrios	99-99+	98,0	28-56	33
Latas de hojalata	96-99+	98,0	56-278	167
Aluminio	90-99+	96,0	-	-
Otros Metales	94-99+	98,0	56-278	167

Suciedad, cenizas, etc.	60-80	70,0	556-2.778	1.667
RESIDUOS URBANOS SÓLIDOS			2.222-3.333	2.778

(Fuente: Tchobanoglous, 1994)

Nutrientes esenciales y otros elementos:

Cuando la fracción orgánica de los RSU se va a utilizar como alimentación para la elaboración de productos biológicos, tales como compost, metano y etanol, la información sobre los nutrientes esenciales y los elementos del material residual es importante respecto a la disponibilidad de nutrientes para microorganismos, y para valorar los usos finales que puedan tener los materiales restantes después de la conversión biológica. Los nutrientes esenciales y los elementos encontrados en los principales materiales que conforman la fracción orgánica de los RSU se presentan en la tabla.

Tabla 2.6. Análisis elemental de los materiales orgánicos utilizados como alimentación en los procesos de conversión biológica.

SUSTRATO DE ALIMENTACIÓN (BASE SECA)					
CONSTITUYENTE	UNIDAD	PAPEL DE PERIODICO	PAPEL DE OFICINA	RESIDUOS DE JARDÍN	RESIDUOS DE COMIDA
NH4 -N	ppm	4	61	149	205
NO3 -N	ppm	4	218	490	4.278
P	ppm	44	295	3500	4.900
PO4 -P	ppm	20	164	2210	3.200

K	%	0,35	0,29	2,27	4,18
SO4 -S	ppm	159	324	882	855
Ca	%	0,01	0,1	0,42	0,43
MG	%	0,02	0,04	0,21	0,16
NA	%	0,74	1,05	0,06	0,15
B	ppm	14	28	88	17
Se	ppm	-	-	<1	<1
Zn	ppm	22	177	20	21
Mn	ppm	49	15	56	20
Fe	ppm	57	396	451	48
Cu	ppm	12	14	7,7	6,9
Co	ppm	-	-	5,0	3,0
Mo	ppm	-	-	1,0	<1
Ni	ppm	-	-	9,0	4,5
W	ppm	-	-	4,0	3,3

(Fuente: Tchobanoglous, 1994)

2.1.3.3. Propiedades biológicas de los RSU

Excluyendo el plástico, la goma y el cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los RSU se puede clasificar de la forma siguiente:

Tabla 2.7. Composición de RSU.

RSU	Composición
Constituyentes solubles en agua	Azúcares, féculas, aminoácidos, y diversos ácidos orgánicos.
Hemicelulosa	Azúcares con cinco y seis carbonos.
Celulosa	Producto de condensación de glucosa con seis carbonos.
Grasas, aceites y ceras	Ésteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga.
Lignina	Material polímero que contiene anillos aromáticos con grupos metoxi (CH ₃ O), cuya fórmula exacta aún no se conoce (presente en algunos productos de papel como periódicos y en tablas de aglomerado).
Lignocelulosa	Combinación de lignina y celulosa
Proteínas	Formadas por cadenas de aminoácidos.

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Quizás, la característica biológica más importante de la fracción orgánica de los RSU es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e

inorgánicos relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrefactible de los materiales orgánicos encontrados en los RSU (por ejemplo, residuos de comida).

Biodegradabilidad de los componentes de residuos orgánicos:

El contenido en sólidos volátiles (SV), determinado a 550°C, se ha usado frecuentemente como una medida de la biodegradabilidad de la fracción orgánica de los RSU. Sin embargo, el uso de SV para la descripción de la fracción orgánica de los RSU es erróneo, porque algunos de los constituyentes orgánicos de los RSU son altamente volátiles pero bajos en biodegradabilidad (por ejemplo, el papel de periódico y algunos recortes de plantas). Alternativamente, se puede usar el contenido de lignina de un residuo para estimar la fracción biodegradable, mediante la reacción siguiente:

$$\mathbf{BF = 0,83 - 0,028 LC}$$

donde:

BF= Fracción biodegradable expresada en base a los sólidos volátiles (SV).

0,83= Constante empírica **0,028** = Constante empírica

LC= Contenido de lignina de los SV expresado como un porcentaje en peso seco.

La biodegradabilidad de varios de los compuestos orgánicos encontrados en los RSU, basada en el contenido de lignina, se muestra en la siguiente tabla. Como puede observarse, los residuos con altos contenidos de lignina, como el papel de periódico, son significativamente menos biodegradables que los residuos orgánicos encontrados en los RSU.

La velocidad a la que los diversos componentes pueden ser degradados varía notablemente. Con fines prácticos, los componentes principales de los residuos orgánicos en los RSU a menudo se clasifican como de descomposición rápida y lenta.

Producción de olores:

Los olores pueden desarrollarse cuando los residuos sólidos se almacenan durante largos periodos de tiempo in situ (entre recogidas), en estaciones de transferencia, y/o en vertederos. El desarrollo de olores en las instalaciones de almacenamiento in situ (más importante en climas cálidos) se produce por la descomposición anaerobia de los componentes orgánicos fácilmente descomponibles que se encuentran en los RSU.

Reproducción de moscas:

En el verano y durante todas las estaciones en climas cálidos, la reproducción de moscas es una cuestión importante para el almacenamiento in situ de residuos. Las moscas pueden desarrollarse en menos de dos semanas después de poner los huevos. La historia vital de una mosca común desde el huevo hasta su estado adulto se puede describir de la forma siguiente:

Tabla 2.8. Etapas Vitales de una Mosca.

ETAPA	TIEMPO
Primera etapa del periodo larval	20 horas
Segunda etapa del periodo larval	24 horas
Tercera etapa del periodo larval	3 días
Etapa crisálida	4-5 días
Total	9-11 días

(Fuente: Elaboración propia; 2020.)

Si los gusanos se desarrollan, son difíciles de quitar cuando se vacíen los contenedores. Los que permanecen pueden desarrollarse hasta convertirse en moscas. Además, los gusanos también salen de los contenedores destapados y se desarrollan hasta convertirse en moscas en el terreno circundante, contribuyendo así a los problemas sanitarios relacionados con las labores de recogida.

2.1.4. Impactos ambientales.

Los residuos provocan problemas ambientales que afectan significativamente el ecosistema, los impactos ambientales que se

describen a continuación fueron descritos por “Semarnat: Bases para legislar la Prevención y Gestión Integral de Residuos”⁶

Generación de gases contaminantes: la descomposición de los residuos orgánicos produce biogases que resultan desagradables no sólo por los olores que generan, sino que pueden ser peligrosos debido a su toxicidad o por su explosividad. Algunos de ellos son también gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global. Entre estos gases destacan el dióxido y monóxido de carbono (CO_2 y CO , respectivamente), metano (CH_4), ácido sulfhídrico (H_2S) y compuestos orgánicos volátiles como la acetona, benceno, etileno, tolueno y tricloroetileno).

Contaminación de los suelos y cuerpos de agua: la descomposición de los residuos y su contacto con el agua puede generar lixiviados, es decir, líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que contienen, en forma disuelta o en suspensión, sustancias que se infiltran en los suelos o escurren fuera de los sitios de depósito. Los lixiviados pueden contaminar los suelos y los cuerpos de agua, provocando su deterioro y representando un riesgo para la salud humana y de los demás organismos.

Afectación de la estética en las ciudades, contaminación de lagos y ríos, así como la ocupación de terrenos útiles: El vertido de grandes cantidades de residuos en ríos y vertederos clandestinos afectan significativamente el caudal de los primeros y ocupan áreas o tierras que pueden ser utilizadas en otras actividades productivas como la agricultura. De igual forma, el vertido no controlado de los residuos en las ciudades afecta su entorno.

⁶ “Bases para Legislar la Prevención y Gestión Integral de Residuos”, SEMARNAT, Pág 8-9.

Proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades: los residuos orgánicos que se disponen atraen a un numeroso grupo de especies de insectos, aves y mamíferos que pueden transformarse en transmisores de enfermedades peligrosas.

2.1.5. Técnicas de las 3 R

Para reducir la emisión de desechos sólidos urbanos se utiliza la técnica de las tres R:⁷

Tabla 2.9. Reducción de RSU.

Técnica	Ejemplo
Reducir (Reducir los consumos a nivel de bienes y de gasto energético)	Comprar a granel, evitando comprar productos con envases que luego se convierten en residuos. Además, podemos utilizar nuestro poder como consumidores para incentivar a las empresas a fabricar u ofrecer productos con menos envoltorios, utilizar sólo envases retornables o comprar productos fabricados con material reciclable y, además, duradero, como el acero. Por ejemplo, una regla de este material dura mucho más que una de plástico.
Reutilizar (Residuos que puedan ser usados nuevamente en su forma original)	Alargar la vida útil del producto/envoltorio, por ejemplo, usar tarros de leche, café o galletas como maceteros o para guardar lápices, hilos, recortes. Otra forma de reutilización es comprar productos en envases retornables.

⁷ Guía educativa para el reciclaje de acero “A reciclar chatarra” , Gerdau AZA S.A.

<p>Reciclar (Utilizar el residuo como materia prima para ser transformado en otro producto).</p>	<p>Es común que se hable del papel, pero el acero es el material que más se recicla a nivel mundial. El 45% del acero nuevo proviene del reciclaje del acero viejo o chatarra. Los automóviles viejos pueden ser reciclados y convertidos en materia prima para fabricar lavadoras, trenes, clavos, alambre, y miles de productos más.</p>
---	--

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

2.1.6 Ferias libres

En la Región Metropolitana existen 425 ferias libres distribuidas estratégicamente para abastecer de frutas, verduras y artículos de primera necesidad a los habitantes de Santiago.

Las ferias libres si bien tienen puntos fijos en los que se ubican, van alternando su ubicación algunos días de la semana, para así abarcar una gran cantidad de población dentro de la comuna en la que se encuentran.

Una de las consecuencias negativas de las ferias es que los desechos de frutas y verduras quedan desperdiciados en el suelo, al ser transportados desde los autos o camiones hasta los puestos de venta. Además, que muchas veces dentro de las cajas de los productos que se tienen a la venta vienen frutas y verduras en malas condiciones, que, al no poder ser ofrecidas al público para su venta, las desechan dejándolas tiradas en la calle.

La acumulación de estos desechos permanece más horas luego de que los puestos de ferias se retiren de sus lugares y son empresas de aseo quienes deben retirar estos desechos de las calles, para que no genere

un impacto mucho mayor para los vecinos del sector. Estos servicios de aseo generalmente son enviados por la Municipalidad de ese lugar.

No cabe duda la relevancia de las ferias libres para la comunidad: ellas abastecen con alimentos sanos, frescos y a bajos costos a la población, teniendo en sus manos la distribución del 70% de frutas y verduras, y un 50% en productos del mar. Ese abastecimiento produce en la Región Metropolitana 70 mil toneladas de residuos orgánicos al año, ricos en nitrógeno, potasio y fósforo, elementos importantes para el abono a la tierra y que hoy van principalmente a vertedero.⁸

2.1.7 Ubicación

En la comuna de Puente Alto hay 9 ferias libres autorizadas por la Municipalidad, sus horarios y ubicación en la comuna se distribuye de la siguiente forma:

⁸ ASOF C.G. (2015). Las estrategias de las ferias libres para promocionar la vida saludable. El Feriante, 38, 8.

NOMBRE	DÍAS	UBICACIÓN	DESDE	HASTA
GRANDE, 40 Y 80	Martes	Ejército Libertador	Av. Eyzaguirre	Los comandadores
	Sábado	Santa Elena Pedro Lagos	Irarrázabal Santa Elena	Av. Eyzaguirre Nemesio Vicuña
LOS NOGALES	Martes	Miguel Angel	Julio Cesar	Los Metales
	Sábado	Las Nieves Caletera Ccha y Toro	Mallines Elisa Correa	San Juan Pedro Lira
CHACAREROS	Martes	Angel Pimentel	Nonato Coo	San Juan
	Sábado	Los Toros	Nonato Coo	México
LUIS MATTE	Martes	Ejército Libertador	Luis Matte	Nte. Padre Hurtado
	Sábado	Luis Matte	Creta	Canal Montino
EL ESFUERZO	Martes	Domingo Tocornal Tomé	Nonato Coo San Carlos	Calle Uno Caleta Brava
	Sábado	Miguel Angel	Verlaine	Los Retamos
LICANRAY	Martes	El Peral	México	Las Nieves
	Sábado	Troncal Sn. Francisco El Peñón	Nonato Coo Troncal S. Francisco	El Peñón Valle Central
BAJOS DE MENA	Martes	Curaco de Velez Quitalmahue	Pedro Lira Curaco de Velez	Quitalmahue San Pedro
	Sábado	Sargento Menadier	San Guillermo	Sierra Nevada
CASAS VIEJAS	Martes	El Volcán	Los Pinos	El Liano
	Sábado	Sanchez Fontesilla	Diego Portales	Los Viñedos
MARTA BRUNET	Martes	Nocedal	San Pedro	Sur Sócrates
	Sábado	Nocedal	San Pedro	Sur Sócrates

Fuente: Decreto Municipalidad de Puente Alto

Figura 2.3. Ferias libres en Puente Alto (Fuente: Municipalidad de Puente Alto, 2020)

Los horarios que aparecen expresados fueron modificados según el escrito con N°457 con fecha 07 de abril 2020, antes existían ferias que funcionaban los días domingos y por lo referente a la pandemia se modificó este horario, por lo que no hay funcionamiento de ferias libres los días domingo.

Las 9 ferias, se sitúan en distintos sectores de la comuna de Puente Alto, para abarcar a gran parte de su población, las distintas combinaciones entre los días y lugares en que se ubican nos dan un total de 43 ferias en la comuna de Puente Alto.

Tabla 2.10. Cantidad de ferias libres en Puente Alto según su distribución.

Nombre de la Feria	Cantidad de Lugares
Bajos de Mena	3
Casas viejas	6
Chacareros	5
El esfuerzo	6
Feria Grande	6
Licanray	6
Los Nogales	5
Luis Matte	3
Marta Brunet	3
TOTAL	43

(Fuente: Elaboración Propia, 2020)

En el siguiente mapa fue extraído de la página de la Asociación Chilena de Ferias Libres (ASOF), en la sección busca tu feria en la comuna de Puente Alto.

Las manzanas presentadas en el mapa, es la ubicación exacta de las ferias distribuidas en la comuna.

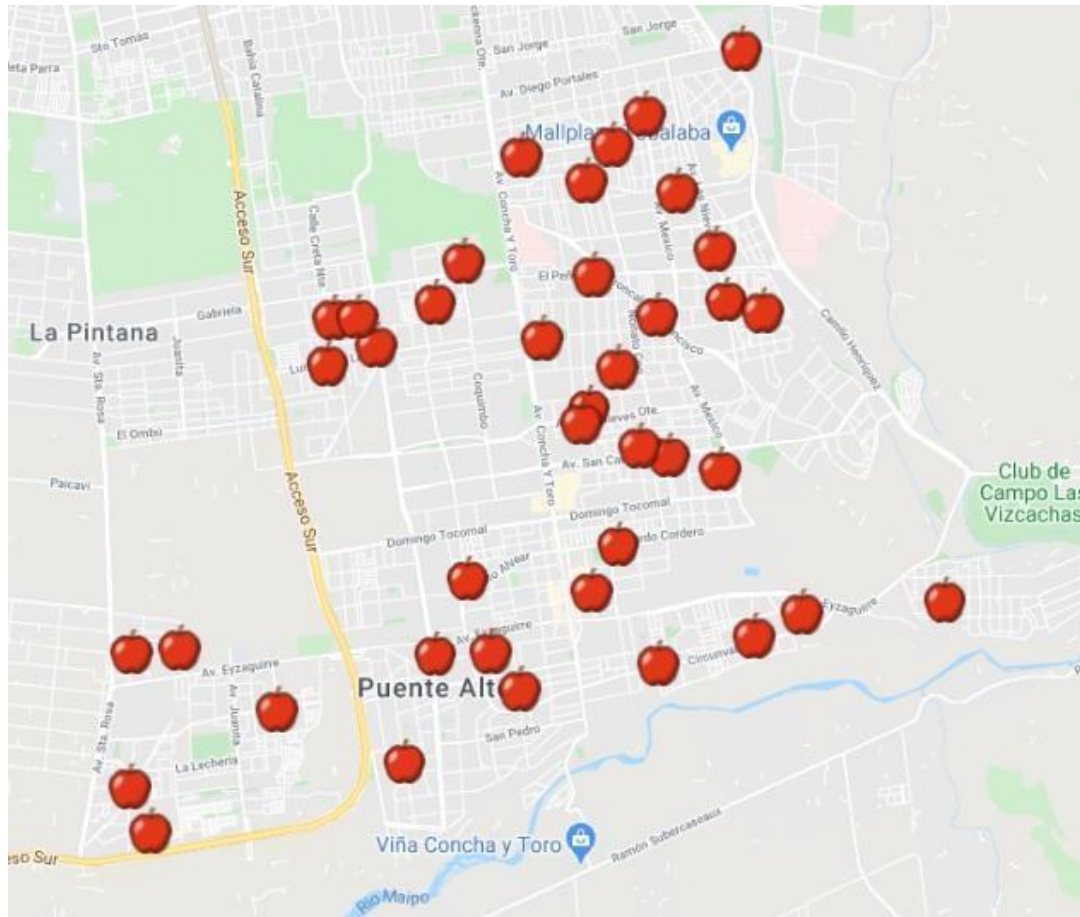


Figura 2.4. Distribución de Ferias Libres en Puente Alto. (fuente: Google Maps; 2020)

2.2 Compostaje

2.2.1 Definición

El compostaje es un proceso que supone una serie de transformaciones de los residuos orgánicos, mejorando las propiedades físicas y químicas del material original, aumenta la fertilidad potencial y simultáneamente la cantidad de humus estable (Fiabane y Meléndez, 1997).

El concepto de compost se utiliza para definir al resultado del proceso de compostaje que se menciona anteriormente, que está conformado principalmente por materia orgánica estabilizada.

2.2.2 Factores que afectan el proceso de compostaje

El compostaje es un proceso de fermentación, que se define como un proceso aeróbico, ya que requiere cierta cantidad de oxígeno, lo que lo hace ser un proceso aeróbico incompleto. Sin embargo, si la cantidad de oxígeno no es suficiente se transforma en un proceso anaeróbico, lo que genera malos olores en nuestro compostaje.

Para que lo anterior no ocurra, se necesita que, en el proceso los factores que afectan tengan una proporción específica y se realice de manera adecuada. Si se cumplen estas condiciones de higiene, no se producen malos olores y el compost final es de calidad.

Los factores que afectan en el compostaje son los siguientes:

- **Temperatura:**

Durante el proceso de fermentación la temperatura se deberá mantener entre los 35 y 60°C para sostener las condiciones que restringen el desarrollo de los agentes patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas (Fuentes, 2000).

Los residuos de frutas y verduras tienen un mayor poder de fermentación, es decir, producen más calor que residuos de pasto o árboles. Para regular la temperatura es importante voltear los residuos (airear).

- **Relación Carbono /Nitrógeno (C/N)**

La relación C/N es determinante para la formación de compost, ya que el carbono es fuente de energía y el nitrógeno es necesario para el crecimiento y funcionamiento celular de los microorganismos (Richard, 1992).

Una alta relación C/N retrasa el proceso y una muy baja impide la descomposición, por lo que se considera que una relación de 30/1 es favorable para el desarrollo de los microorganismos (Soto y Muñoz, 2002).

Cuando nos referimos a una alta relación queremos indicar que hay mayor contenido de carbono sobre el contenido de nitrógeno. Si hay una relación muy alta y almacena mucho contenido de carbono, se evacua en forma de dióxido de carbono a la atmósfera y la fermentación es más lenta, por lo cual, se demorará más en obtener el compost.

Los residuos verdes de frutas, verduras, plantas, césped, árboles, etc. poseen un mayor contenido de nitrógeno, por lo cual, su relación de C/N será más baja. Los desechos con mayor cantidad de nitrógeno aceleran la descomposición de los residuos.

Los residuos que contienen mayor contenido de carbono son ramas, aserrín, cortezas, en general lo que sea de color café y este seco.

Tabla 2.11. Valores nitrógeno y carbono de materiales

Materiales con alto valor de nitrógeno		Materiales con alto valor de carbono	
Desechos vegetales	12-20/1	Follaje (hojas)	30-80/1
Recortes de hierbas y pastos	12-25/1	Raíces	60/1
Estiércol de vaca	20/1	Ramas	40-100/1
Lechugas	10/1	Corteza	100-130/1

(Fuente: DICKSON *et al.* 1991)

- **Humedad:**

La humedad es relevante para el éxito del proceso, se considera que entre un 50 y 80% de contenido de humedad es adecuado para el desarrollo de los microorganismos descomponedores (Brutti, 2001).

- **PH:**

El pH sirve como parámetro de control. La basura fresca es ligeramente ácida entre 6 y 7. Al comienzo de la reacción debe bajar a un rango entre 4,5 y 5,5. Luego, a medida que la temperatura aumenta, debe

llegar entre 8 y 9, mientras que al finalizar el proceso el pH debe acercarse a un valor neutro (Morales, 2003).

- **Oxígeno:**

Este proceso es de oxidación incompleta, por lo cual, los requisitos de oxígeno para la fermentación de materia orgánica van a depender de la actividad microbiana, se requiere que el oxígeno sea constantemente renovado.

Los microorganismos provocan que haya un aumento de la temperatura, y el oxígeno regula la temperatura mediante la técnica de volteo de los residuos.

La aireación es necesaria para proporcionar oxígeno suficiente a los microorganismos aeróbicos, y así estos puedan estabilizar los residuos orgánicos (Santibanez, 2002).

2.2.3 Técnicas de compostaje

Existen variadas técnicas para producir el compost. La selección de la técnica va a depender del uso que se le quiera dar, del productor, de las necesidades que tiene el mercado, de la cantidad de material que se va a procesar y además del tipo de materia prima a utilizar (INTEC, 1999). Algunas de estas técnicas son:

- **Pilas estáticas:**

El sistema de pilas estáticas se realiza formando montones de residuos de baja altura, pero lo suficientemente altos para mantener

el calor. Los montones se dejan durante todo el proceso sin movimiento, por lo que su aireación se realiza pasivamente (Avendaño, R. 2003).

El compostaje en estas condiciones es un proceso muy lento, que necesita de al menos 1 año para obtener un buen producto (EPA, 1994).

Las ventajas de esta tecnología se basan en que se obtienen buenos resultados cuando el material a tratar es homogéneo en tamaño, ser de bajo costo de implementación y baja utilización de mano de obra (EPA, 1994).

Las desventajas están dadas por la alta probabilidad de generar zonas con anaerobiosis en las pilas, generando malos olores, por lo tanto, no se puede ubicar la planta en zonas cercanas a poblaciones. Por otra parte, necesita de una gran superficie (EPA, 1989).

- **Pilas estáticas aireadas**

Consiste en formar pilas de residuos que serán aireadas frecuentemente durante el proceso, de manera de establecer un medio aeróbico (EPA, 1994).

Según la EPA (1994), las pilas o las hileras se colocan encima de una rejilla de tubos perforados. Los ventiladores o los sopladores bombean el aire a través de los tubos y por lo tanto a través de los materiales en descomposición. Esto mantiene la aireación en la pila del estiércol vegetal, reduciendo al mínimo o eliminando la necesidad de voltear.

El aire puede ser impulsado de forma negativa o positiva, esto quiere decir que el bombeo puede ser por succión o por presión. El

sistema de succión permite un tratamiento de olores más efectivo que el de presión, pero este último es más eficaz en refrescar la pila (FAO, 2003).

Según Parra y Castro (2004), el aire que se inyecta a la pila debe ser del orden de 104 m³ por día por cada metro cúbico de compost. La aireación no debe ser excesiva, puesto que pueden producir variaciones en la temperatura y en el contenido en humedad.

El período de estabilización es relativamente corto, lográndose entre 4 ó 6 meses el proceso total (INTEC, 1999). El proceso de fermentación suele durar entre 4 a 8 semanas y 1 a 2 meses la maduración, dependiendo del material y la capacidad de soplido (Fuentes, 2000).

En el proceso se debe considerar que los residuos a tratar sean homogéneos, si no lo son necesitarán de volteos para homogeneizar la temperatura y fermentación en general (Fuentes, 2000) o bien, el material deberá ser triturado y mezclado antes de formar la pila (FAO, 2003)

Las ventajas de este método es que se puede procesar gran cantidad de residuos (EPA, 1998).

Es recomendado cuando se dispone de poco espacio y se desea completar el proceso en menos de un año (EPA, 1994)

La desventaja de esta técnica se encuentra en que necesita de una serie de equipamientos, como un compresor de aire, tuberías, válvulas y sistemas de control de presión de aire, temperatura y humedad, por lo tanto, encarece el costo de inversión de la planta (INTEC, 1999).

- **Pilas de Volteo o Hilera**

El material es dispuesto en hileras el cual será volteado durante el proceso, ya sea de manera manual o mecánica (INTEC, 1999).

Al voltear frecuentemente las pilas se promueve la descomposición uniforme de los residuos, ya que las capas externas más frescas de la pila de residuos vegetales se mueven a las capas internas donde se exponen a temperaturas más altas y a una actividad microbiana más intensiva (EPA, 1994).

La frecuencia de los volteos está dada según el material a tratar, por ejemplo, los elementos más porosos necesitan de una menor frecuencia de volteos que aquellos materiales que son más densos (EPA, 1994).

Generalmente se recomienda dos veces a la semana durante el primer mes, luego una vez por semana el siguiente mes, al tercer mes cada 15 días y los meses restantes una vez al mes, según la mezcla que se esté tratando (INTEC, 1999).

El proceso se realiza en corto tiempo, ya que se completa entre tres meses y un año, dependiente del material a compostar (EPA, 1994).

El equipo usado para el volteo determinará el tamaño del patio de compostaje, la separación entre hileras y tamaño de pilas. Los cargadores frontales se utilizan cuando el volumen del material es relativamente pequeño, pero necesita de gran espacio entre hileras para realizar las maniobras. Las volteadoras, en cambio, permiten mover gran cantidad de material y son

utilizadas cuando el volumen de residuos es bastante grande, además necesita de un menor espacio entre hileras ya que trabajan sobre la pila (EPA, 1994).

La ventaja de esta técnica se encuentra en que el costo de inversión y de funcionamiento es bajo (Brutti, 2001).

La desventaja se encuentra en que se necesita de gran superficie para realizar el proceso (Brutti, 2001).

- **Reactor**

En esta técnica el proceso se desarrolla en un contenedor cerrado, donde todos los parámetros se encuentran controlados de manera mecánica (EPA, 1994).

Se encuentran los reactores verticales (continuos y discontinuos) y los horizontales (estáticos y rotatorios). Los reactores verticales tienen la ventaja de realizar el proceso en muy corto tiempo, pero son de un costo muy elevado de mantención y las descargas son muy complicadas. Por otra parte, los reactores horizontales, el tiempo de proceso es de sólo 24 a 36 horas, pero necesita ser complementado con otras técnicas de compostaje de pilas para finalizar el proceso (Brutti, 2001).

Es recomendado para el tratamiento de residuos sólidos municipales, cuando se debe realizar el proceso en poco tiempo, el control de olor y lixiviados es una prioridad, el espacio disponible para la planta es escaso y cuando existen recursos para su implementación (EPA, 1994).

2.2.4 Planta de compostaje

Una planta de compostaje, es una instalación en donde se llevan los residuos orgánicos para que sean descompuestos mediante diversas técnicas. Una planta de compostaje cuenta con distintas técnicas para llevar a cabo su misión.

Según CEMPRE (1998), sin considerar la técnica que se utilice para el proceso de compostaje, se deben considerar ciertos parámetros para la instalación de una planta de compostaje:

1. **Recepción:** Se controla el flujo de los camiones que ingresan con los insumos y residuos y además la salida de estos camiones con el compost listo.
2. **Balanza:** Se utiliza para llevar un conteo de los residuos que entran a la planta y el producto que sale una vez que se encuentra listo. Estas pueden ser balanzas mecánicas simples o también pueden ser digitales.
3. **Patio de recepción:** Este es el lugar dispuesto para que los camiones dejen los residuos que traen para que sean tratados y compostados
4. **Patio de Compostaje:** Este lugar es la en donde los residuos orgánicos comienzan a experimentar el proceso de descomposición.
5. **Acondicionamiento y almacenamiento:** Este es un lugar en donde se debe dejar el material para ser tamizado según las características que se deseen obtener con el compost. El almacenamiento es la zona donde se deja el compost una vez que se encuentra listo, idealmente debe estar techado para que las condiciones meteorológicas no alteren el producto obtenido.
6. **Casino**
7. **Camarines**

8. Sanitarios

9. Oficinas de administración.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

El estudio de este proyecto se estructura en las siguientes etapas:

- **Levantamiento de la información:** cálculo de población respecto de información entregada, cálculo de residuos generados per cápita en la comuna de puente alto.
- **Factibilidad técnica de la planta de compostaje:** Se estudiarán las mejores alternativas para el diseño de la planta.
- **Factibilidad económica** de la planta de compostaje.

3.1. Recolección de información

Para obtener los resultados para este estudio de factibilidad para la gestión de residuos orgánicos de las ferias libres de Puente Alto se puede hacer de dos maneras.

1. Recopilación de datos directamente desde la Municipalidad de Puente Alto, aplicación de encuestas a dueños de los puestos de las ferias libres ubicadas en la comuna, visitas en terreno, etc.
2. Técnica de estimación de emisiones, que consiste en buscar estudios de generación de residuos de ferias en otras comunas de Chile.

En este estudio se utilizó la segunda técnica para obtener los resultados, debido a que se vive un contexto país en el cual no se puede acceder a los locatarios de las ferias para recopilar la información pertinente.

La técnica de estimación de residuos consiste en buscar varios estudios de generación de residuos de ferias libres, en cualquier comuna de Chile. Luego con la información de estos estudios se va a tener las

cantidades totales de residuos orgánicos que se producen en la feria, en distintos tiempos, ejemplo: un mes, un año, por lo tanto, se tiene que:

$$\text{Residuos de feria} = X \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

Además, se debe identificar la cantidad de habitantes que tiene la comuna de Puente Alto que es nuestra comuna de estudio, con este dato se obtiene la tasa de generación per cápita de residuos de feria. Este valor se obtiene dividiendo la cantidad de residuos de feria al mes con el número de habitantes de la comuna.

$$\text{Tasa de generación per cápita} = \frac{\text{Kg de Residuos de ferias libres al mes}}{\text{N}^\circ \text{ de habitantes de la comuna}}$$

Con la tasa de generación per cápita se puede estimar la cantidad de residuos de feria que se generan en la comuna de Puente Alto, para esto se debe multiplicar la tasa de generación por el número de habitantes de la zona.

$$\text{Total de residuos} = \text{Tasa de generación} \times \text{n}^\circ \text{ de habitantes}$$

3.2. Criterio de localización

Para hallar una localización, se tomarán en cuenta los requerimientos de uso de suelo. Estos se encuentran definidos en el D.S. 47/1992; de “Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones”.

Según el decreto anterior, los usos de suelo deberán ser reglamentados por el Instrumento de Planificación Territorial correspondiente, en orden a compatibilizar los efectos de unos y otros, esto está expresado en el artículo 2.1.24. Para la determinación y aplicación de dichos usos de suelo, éstos se agruparán en seis tipos de clasificaciones.

Las plantas de compostaje e instalaciones de tratamiento mecánico y biológico están incluidas como infraestructuras sanitarias según el artículo 2.1.29. Debido a que dentro de esta clasificación se encuentran los rellenos sanitarios y las estaciones exclusivas de transferencia de residuos. Las plantas de compostaje no se mencionan explícitamente.

Las alternativas de terrenos en que se localizara la planta de compostaje para residuos provenientes de ferias libres, deben mostrar condiciones adecuadas para la ejecución del proyecto y cumplir con los requerimientos legales establecidos, destacando los siguientes alcances:

- 1) No debe estar definido por los Planos Reguladores Comunales o Intercomunales como Zona de Alto Riesgo
- 2) El terreno no puede estar definido como Patrimonio de la Humanidad, Sitio Arqueológico, Área Protegida, Santuario de la Naturaleza, etc.
- 3) Cumplir con los ordenamientos estipulados en los Planes de Desarrollo Regional, Intercomunales, Reguladores Comunales, etc.
- 4) Compatibilidad de Usos del Suelo. 3.1.2. “Clasificación de las plantas de compostaje y disposiciones técnico urbanísticas”.

La Ordenanza; Plan Regulador Metropolitano de Santiago, define el compostaje como una actividad industrial, salvo, cuando corresponda a un procesamiento de las materias orgánicas en su lugar de origen y para ser empleadas en el mismo lugar. Según esta ordenanza se clasifican en tres grupos las plantas de compostaje (punto 2 del capítulo 7.2 Infraestructura Sanitaria):

- Residuos verdes.
- Residuos orgánicos en general y que incluye los residuos sólidos domiciliarios.
- Residuos vegetales de ferias libres.

Las Zonas de Carácter Industrial pueden ser de tipología molesta, focalizándose preferentemente en áreas periféricas de la región Metropolitana (punto a considerar para la ubicación) o inofensiva localizadas en cualquier punto del Área Urbana Metropolitana si cumplen las condiciones.

Los proyectos que el municipio de Puente Alto apruebe construir (planta de compost) debe cumplir con las disposiciones normativas de la Ley General de Urbanismo, Construcciones y su Ordenanza y tendrán que contar con estudios de Mecánica de Suelo, informado favorablemente por Sernageomin, y de Gases Dañinos, aprobado por la Seremi de Salud.

Si la Planta resulta mal emplazada con respecto al instrumento de planificación deberá formular un Plan de Cierre en el plazo de 30 días después de la puesta en vigencia de la presente modificación; el plan se entenderá aprobado de no haber rechazo y observaciones dentro de este plazo.

Debido a que en Puente Alto se concentran gran cantidad de ferias libres y los desechos se consideran de martes a domingo, el diseño de la planta será mayor que 1200 m³, que es lo que requiere una planta con flujos de residuos según su tiempo y se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos en el diseño:

- En las características del sitio se debe cumplir con los permisos sectoriales necesarios y debe contar con una pendiente no mayor al 10 % (Terreno con pendiente 2-3%, que permita el drenaje gravitacional)
- La accesibilidad de la planta debe contar con un control de acceso, una vía de acceso transitable, un sistema de registro de materia prima y un sistema de pesaje indispensable para el terreno estratégico.
- Las áreas de operación a considerar para la recepción de materias primas, la limpieza de contenedores y vehículos, proceso de compostaje y maduración, almacenamiento del compost.
- El sector debe estar ubicado donde se pueda mantener un plan de manejo de plagas y vectores de interés sanitario.
- El sector debe incluir facilidades de mantenimiento de humedad adecuada y limpieza
- En la construcción de la planta de compost se debe mantener un manejo de aguas residuales del proceso de compostaje a través de la impermeabilización de suelos (suelo mínimo de 20 cm de espesor y coeficiente de conductividad hidráulica de 10- 6 cm/s).
- Facilidades para un plan de manejo de aguas pluviales (El terreno donde se emplace la planta de compostaje no podrá estar expuesto a inundaciones).
- Facilidades para planes de contingencia.
- Al comprobar el desarrollo de la planta se debe contar con una resolución de aprobación y explotación del proyecto de alcantarillado.
- Descripción de cierre perimetral (mínimo 1,8 m altura).
- Descripción de la impermeabilización del suelo.
- El nivel freático superior debe estar al menos, 2,5 metros bajo el punto de menor cota del sitio de disposición final.

- Cuando se esté en el proceso de construcción de la planta, se deberá tener una descripción del ancho de los caminos interiores para el paso de las maquinarias que realizan el volteamiento del compost.
- Debe estar indicado las obras de desviación de aguas lluvias exteriores y aguas superficiales.

A raíz de las consideraciones anteriores se han puesto en observación cinco terrenos que cumplen las especificaciones básicas para la construcción y puesta en marcha de la planta de compostaje. Estos serán comparados y evaluados según sus especificaciones.

Los terrenos estudiados son los siguientes:

- 1) Camilo Henríquez con Ángel Pimentel: Según la descripción del publicador en ICASAS.CL “Terreno constructor 6000 m². Esta propiedad acepta construcción en altura, previa aprobación de anteproyecto. Propiedad afecta a expropiación de 1. 500 m² por construcción de calle en pie andino”
- 2) Los Manzanos con los Olmos: Características según ICASAS.CL; buena conectividad ubicada en vía principal de la comuna y cuenta con comercio, locomoción y centro cívico muy cercano, a pasos de, consultorio, a sólo minutos del centro de puente alto con supermercados, bancos, y todo tipo de servicios. A sólo minutos de todas las atracciones turísticas en la comuna de San José de Maipo.
- 3) Superficie; 3. 654 mt²”.
- 4) Las Vizcachas: Según ICASAS.CL “Cercanía a montañas del cajón del Maipo, ideal para quien quiera hacer un negocio, un restaurante, discotequero, mini mercado, etc. varios proyectos inmobiliarios concluidos en las inmediaciones. Excelente plusvalía en proyecto la línea 8 del metro con estación cercana”.

Considerando la localización de los sectores estudiados, y estableciendo una pauta con las características básicas para la construcción de una planta de compostaje. Se ha realizado la siguiente tabla como margen de elección de terreno la que luego en resultados presentará las ponderaciones correspondientes:

Tabla 3.1. Factores de Evaluación de terreno para planta de Compostaje.

EVALUACIÓN DE LOS SITIOS	
Factor	Peso %
Disponibilidad de Recursos (Insumos básicos; Agua, Energía, Gas, etc)	15%
Disponibilidad de Recursos Humanos	10%
Disponibilidad de Vías Vehiculares para transporte de residuos de ferias libres	15%
Cercanía a Materias Primas y Mercado de compost	30%
Disponibilidad de Suelo, Clima y Ambiente apto para producción de compost	30%
Total	100%

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Los valores serán evaluados con notas de 1 al 7; donde 1 es cuando no cumpla con los estándares previstos, y 7 cuando los cumpla en su totalidad.

3.3. Estimación de volumen de residuos en Puente Alto

Para estimar el volumen anual generado por la comuna de Puente Alto se tuvo que recurrir a estudios ya concretados en otras comunas; En el caso de la comuna de La Reina, según la información otorgada por el departamento de manejos de recursos forestales de la Universidad de

Chile, la estimación total de residuos anuales es de 28.088 m³. compuesto en un 87,27% por residuos de podas y talas de arbolado y a un 12,73% de residuos provenientes de las ferias libres resultando 3575,60 m³. En la Comuna de Providencia se realizan tres ferias libres durante la semana en dos puntos distintos de ésta. Las ferias recogen sus residuos independientemente de la municipalidad, y se estima que el volumen anual de residuos provenientes de ferias libres de Providencia es de 374,35 m³.

Según el CENSO de 2017 y su dimensión demográfica comunal; la comuna de la reina cuenta con 96.762 habitantes y la comuna de Providencia cuenta con 120.874 habitantes; la siguiente tabla refleja los datos consultados:

Tabla 3.2. Cantidad de habitantes y volumen de residuos generados en la comuna de La Reina y Providencia por ferias libres al año.

Comuna	Volumen (m3) generados por ferias libres anualmente	Habitantes
La Reina	3.575,6 m ³ /año	96.762 hab.
Providencia	374,73 m ³ /año	120.874 hab.

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Con los datos anteriores se calcula el índice de volumen de m³ por habitantes en ambas comunas, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Volumen por habitantes} = \frac{\text{Volumen de residuos anual}}{\text{Habitantes comuna}}$$

Luego obteniendo los índices para la comuna de La Reina y Providencia, se calculará un promedio:

$$\text{Promedio de índice de ambas comunas} = \frac{\text{Índice de comuna de La Reina} + \text{Índice de comuna de Providencia}}{2}$$

Con el promedio anterior calculado, y multiplicado por los habitantes de la comuna de Puente Alto se obtiene un flujo volumétrico anual de residuos provenientes de ferias libres.

3.4. Estimación del volumen y largo mensual de almacenamientos de hileras para el Compost.

Para calcular el volumen que puede almacenar esta hilera se debe calcular el área primero, para el cálculo de esta área se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Área} = \frac{\text{Ancho de hilera (A)} * \text{Alto de hilera (H)}}{2}$$

El largo total de las hileras es calculado mediante el volumen mensual a disposición en la planta de compostaje con la siguiente ecuación:

$$Largo = Volumen\ mensual\ m^3 \div \text{Área}\ m^2$$

IV. CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Levantamiento de la Información

Para iniciar con el desarrollo de información de resultados; primero se ha elegido el lugar de ubicación de la planta de compost de acuerdo al punto 3.3; y la tabla 12 comprometida con las ponderaciones.

Las ubicaciones estudiadas están abreviadas en la tabla de acuerdo a lo siguiente:

- Camilo Henriquez con Angel Pimentel (A)
- Los Manzanos con los Olmos (B)
- Las Vizcachas (C)

Los ÍTEMS están de acuerdo con su enumeración en la tabla 14.

- (1) Disponibilidad de recursos (Insumos básicos; Agua, Energía, Gas, etc).
- (2) Disponibilidad de Recursos Humanos.
- (3) Disponibilidad de Vías Vehiculares para transporte de residuos de ferias libres.
- (4) Cercanía a materias primas y Mercado de compost.
- (5) Disponibilidad de Suelo, Clima y Ambiente apto para producción de compost.
- (6) Total.

Tabla 4.1. Ponderación de las ubicaciones disponibles para instaurar la planta de compost.

Peso %	"A"		"B"		"C"	
	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación
(1)15%	6	0,9	5	0,75	4	0,6
(2)10%	6	0,6	5	0,5	4	0,4
(3)15%	6	0,9	5	0,75	5	0,75
(4)30%	6	1,8	4	1,2	5	1,5
(5)30%	5	1,5	5	1,5	5	1,5
100%		5,7		4,7		4,75

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

El sitio estudiado que mejor se adapta a las características necesarias y de recursos humanos para instaurar la planta compostaje es "A"; ubicación de Camilo Henríquez con Ángel Pimentel.

4.1.1. Características de la Comuna de Puente Alto

A continuación, se presentan las siguientes características geográficas y climatológicas que presenta el sector elegido de Camilo Henríquez con Ángel Pimentel en Puente Alto

4.1.1.1 Localización

Puente Alto pertenece a la provincia Cordillera y corresponde a la comuna más grande del país. Geográficamente ocupa un espacio aproximado de 86,75 km². Limita el norte con la comuna de la Florida, al Sur con el río Maipo y posteriormente con la comuna de Pirque, al oeste aparece la comuna de la Pintana, y más al sur la comuna de San Bernardo, al oeste limita con el bloque cordillerano andino del cual ocupa una extensión importante del pie del monte, en esa misma orientación y más al sur limita con la comuna de San José del Maipo.

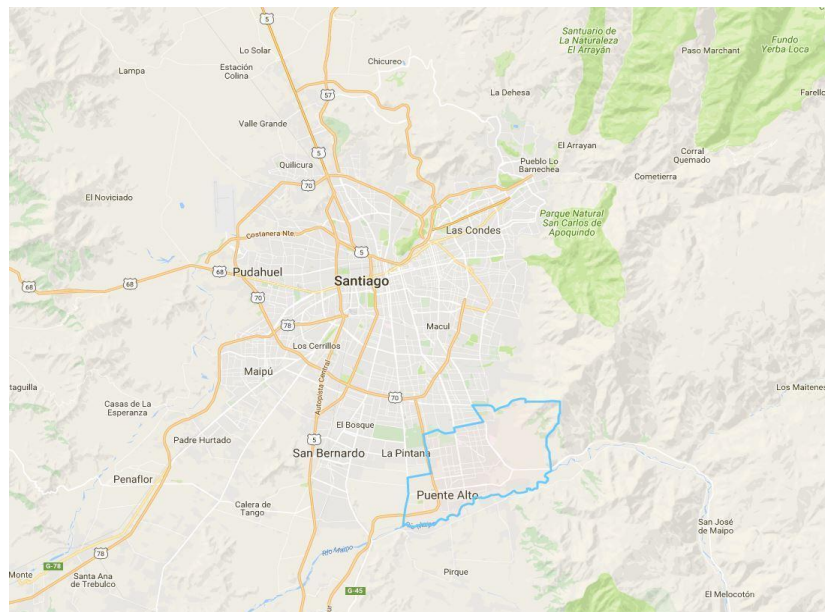


Figura 4.1. Mapa de Puente Alto (Fuente: Google Maps; 2020)

4.1.1.2. Clima

Es posible señalar que de acuerdo al estudio de Weather Spark, según un informe que ilustra el clima típico en Puente Alto, basado en un análisis estadístico de informes climatológicos históricos por hora

y reconstrucciones de modelos del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016.

La temporada templada dura 3,9 meses, del 24 de noviembre al 21 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 26 °C. El día más caluroso del año es el 16 de enero, con una temperatura máxima promedio de 29 °C y una temperatura mínima promedio de 13 °C.

La temporada fresca dura 3,3 meses, del 20 de mayo al 30 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El día más frío del año es el 24 de julio, con una temperatura mínima promedio de 2 °C y máxima promedio de 14 °C.

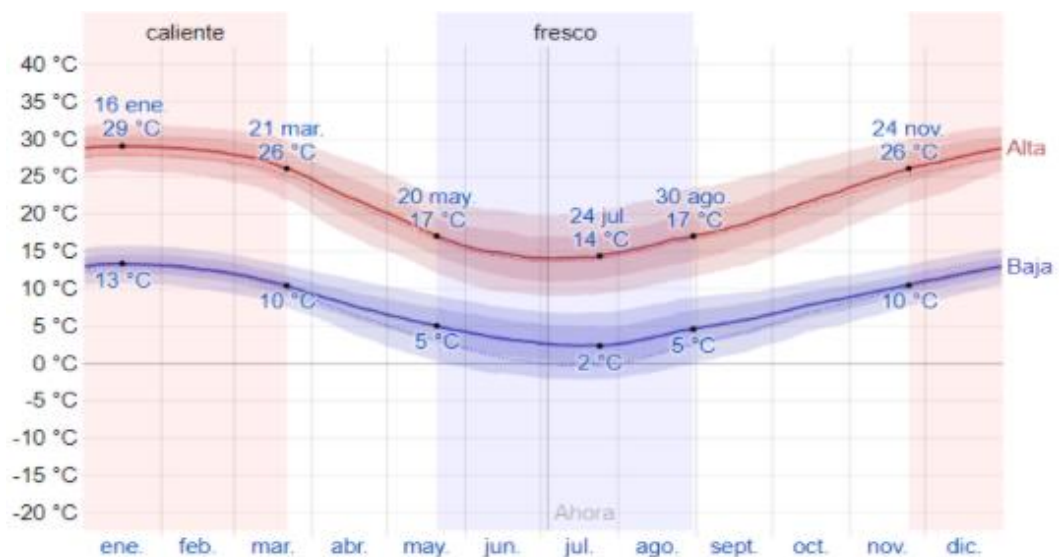


Figura 4.2. Temperatura Máxima y Mínima promedio en la comuna de Puente Alto (Fuente: Weather Spark; 2016)

La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario

- Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Puente Alto tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 5,8 meses, del 8 de abril al 3 de octubre, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 12 de junio, con una acumulación total promedio de 61 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 6,2 meses, del 3 de octubre al 8 de abril. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 13 de diciembre, con una acumulación total promedio de 4 milímetros.

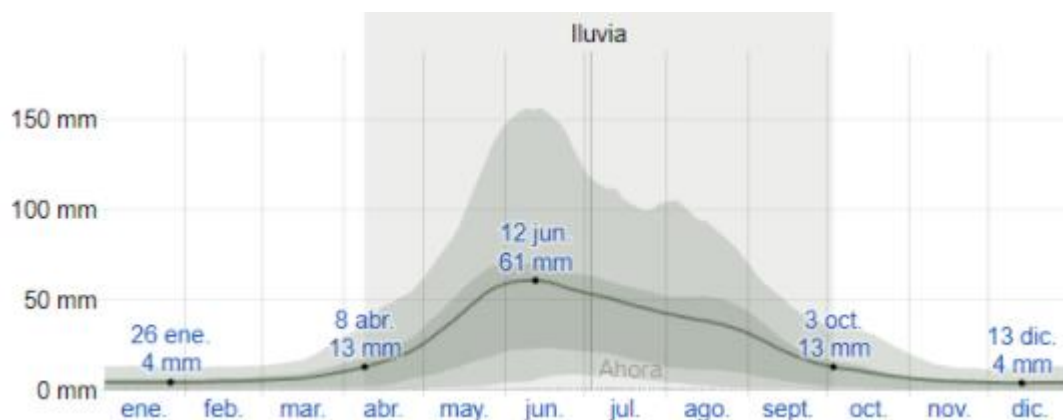


Figura 4.3. Precipitación de lluvia mensual promedio en la comuna de Puente Alto (Fuente: Weather Spark; 2016)

La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo móvil de 31 días centrado en el día en cuestión⁹

- Humedad

A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en Puente Alto, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 %.

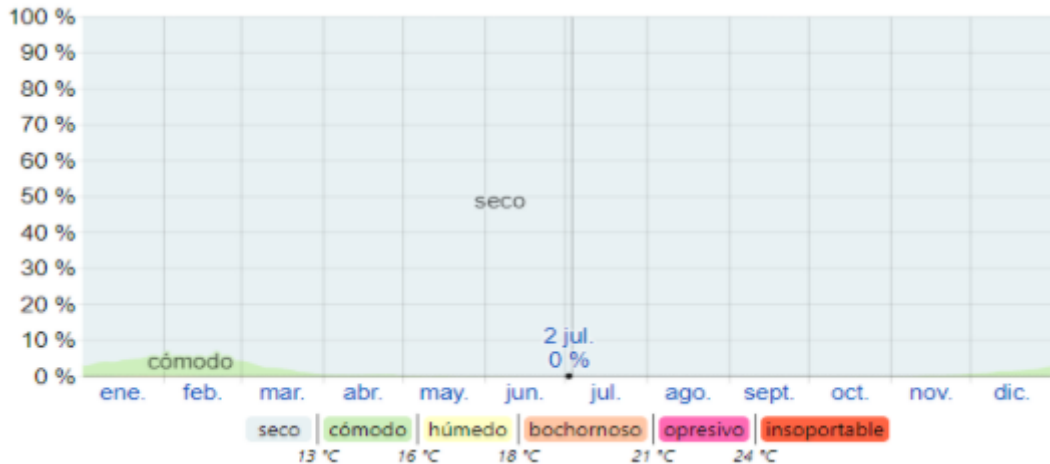


Figura 4.4. Niveles de comodidad de la humedad en la comuna de Puente Alto (Fuente: Weather Spark; 2016)

El porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío (el nivel de

⁹<https://es.weatherspark.com/y/26529/Clima-promedio-en-Puente-Alto-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o>

comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evapora de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.)

4.1.1.3. Superficie

La comuna de Puente Alto ocupa una superficie total que fluctúa entre los 88,55 km², de los cuales 40,28 km² (47.27%) corresponden al territorio ocupado por los actuales emplazamientos urbanos (fuente: DOM-Catastro 2016)

De acuerdo a algunas estimaciones desarrolladas por el departamento de Catastro de la Dirección de Obras Municipales, la superficie restante, igual a 48.27 km², se distribuiría de la siguiente forma:

Aproximadamente 32.8 km² corresponden a áreas especiales del Plan Regulador Comunal.

Alrededor de 7.3 km², corresponden a terrenos destinados al uso industrial, quedando alrededor de 8.17 km², de superficie potencialmente urbanizable.

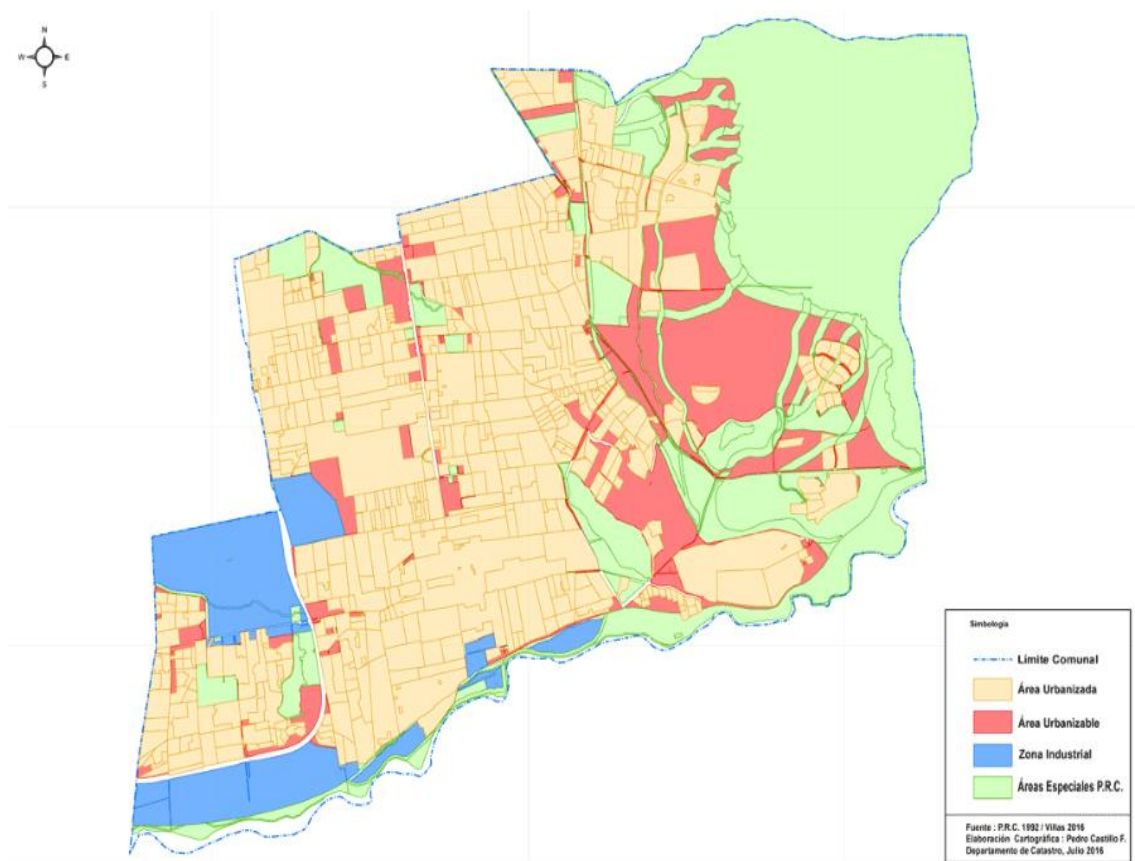


Figura 4.5. Distribución de áreas en la comuna de Puente Alto (Fuente: Google Maps; 2016)

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas, a través del Censo de 2017 la ciudad posee 573 935 habitantes, lo que la convierte en la comuna más poblada de Chile con una densidad de 6455,8 hab/km²

Al norte limita con la comuna de La Florida, al sur con la comuna de Pirque, al este con la comuna de San José de Maipo y al oeste con las comunas de La Pintana y San Bernardo.

El estudio se va a realizar en la comuna de Puente Alto. Esta comuna pertenece a la provincia Cordillera y corresponde a la comuna más grande del país. Geográficamente se localiza alrededor de los 33° 33' y 33°

37', latitud sur, y a 70° 30' y 70° 35' longitud Oeste, en la cuenca hidrográfica del río Maipo, ocupando un espacio aproximado de 86, 75 kilómetros cuadrados. Limita el norte con la comuna de la Florida, al Sur con el río Maipo, al oeste aparece la comuna de la Pintana, y al este limita con el bloque cordillerano andino del cual ocupa una extensión importante del pie del monte (Municipalidad de Puente Alto, s.f.)

La comuna de Puente Alto ocupa una superficie total que fluctúa entre los 88,55 km², de los cuales 40,28 km² (47.27%) corresponden al territorio ocupado por los actuales emplazamientos urbanos (fuente: DOM-Catastro 2016)

Según el último censo realizado en el año 2017, se estimó que la población total de la comuna de Puente Alto corresponde a 568.106, tuvo un aumento de un 15,07% respecto desde el último censo que fue realizado en el año 2012.

4.1.2 Manejo y Gestión de Residuos Sólidos

De acuerdo a la información entregada por el municipio de la página web en puente alto la producción de residuos sólidos domiciliarios de 16.000 ton/mes, generando 0.9 Kg. de basura por persona diaria, lo que hace necesario crear un proyecto integral de manejo de residuos que incluya reciclaje de éstos. Sin embargo, se debe tener presente que el reciclaje en sí mismo no es considerado como objetivo principal, sino que es la respuesta a un objetivo mayor y que dice relación a la gestión ambientalmente sustentable de los residuos.

4.1.3 Residuos de Ferias Libres

La mayor concentración de puntos de ventas por territorio está en el territorio Sur Oriente, que tiene como comuna principal a Puente Alto, la que cuenta a nivel metropolitano y nacional con el mayor número de ferias libres, 43.

4.2 Estudio de mercado

En el estudio de mercado se establece un marco indicando donde se encuentra la producción de compost a nivel municipal. En el presente capítulo se hace referencia a la disponibilidad de residuos de ferias libres que se encuentran en la municipalidad de puente alto, para realizar el uso sustentable en aquella comuna.

4.2.1 Disponibilidad de residuos

Los residuos orgánicos considerados para el compostaje municipal provienen de una fuente principal; Las ferias libres situadas en la comuna de puente alto

Residuos provenientes de las Ferias Libres: Se realizan 43 ferias libres en la semana, distribuidas en distintas zonas de la Comuna. Se obtuvo el flujo de residuos provenientes de las ferias libres a través de datos extraídos un estudio realizado en la “Tesis de Planta de compostaje Educativa” (año 2014-2015) realizada por Constanza Espinosa Cancino de la Universidad de Chile; En donde se indica que son los residuos orgánicos en la comuna de Puente Alto los residuos orgánicos alcanzan las 105 mil toneladas al año, donde el 10% corresponde específicamente a residuos de ferias libres (10 mil toneladas al año).

Anteriormente en el punto **3.4** de la estimación de volumen de residuos en Puente Alto; se contempló que sería necesario utilizar los datos brindados en la **Tabla 13.**, debido a que las comunas de La Reina y Providencia son las que poseen datos brindados transparentemente.

Entonces tenemos que los índices son:

$$\text{Índice de La Reina} = 3575,69 \text{ m}^3/\text{año} \div 96.762 \text{ hab.} = 0,036 \text{ m}^3/\text{hab} * \text{año}$$

$$\begin{aligned} \text{Índice de Providencia} &= 374,73 \text{ m}^3/\text{año} \div 120.874 \text{ hab.} \\ &= 0,0031 \text{ m}^3/\text{hab} * \text{año} \end{aligned}$$

Prosiguiendo; el promedio es:

$$\begin{aligned} \text{Promedio de índice de ambas comunas} \\ &= \frac{0,036 \text{ m}^3/\text{hab} * \text{año} + 0,0031 \text{ m}^3/\text{hab} * \text{año}}{2} \\ &= 0,0195 \text{ m}^3/\text{hab} * \text{año} \end{aligned}$$

Con el dato anterior, se puede calcular el volumen estimado de residuos de ferias libres anualmente en Puente Alto, con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de residuos en Puente Alto} &= 0,0195 \text{ m}^3/\text{hab} * \text{año} * 573936 \text{ hab} \\ &= 11220,42 \text{ m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

Con los resultados obtenidos se puede realizar la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Cantidad de habitantes y volumen de residuos generados en la comuna de La Reina, Providencia y Puente Alto por ferias libres al año.

Comuna	Volumen (m ³) generados por ferias libres anualmente	Habitantes
La Reina	3.575,6 m ³ /año	96.762 hab.
Providencia	374,73 m ³ /año	120.874 hab.
Puente Alto	11220,41 m ³ /año	573.935 hab.

(Fuente: Elaboración propia)

Según los cálculos realizados con los estudios de las Comunas de La Reina y Providencia, se estima que el volumen de residuos de ferias generados en la comuna de puente alto es de 11.220,42 m³/año, por lo cual, semanalmente se van a ingresar 215,77 m³ de residuos orgánicos.

Los flujos máxicos de residuos de ferias libres son los siguientes:

105.000 ton anuales de residuos → 8750 Ton mensuales

10% de ferias = 875 Ton mensuales → 875000 kg

4.2.3 Requerimiento del compost

La cantidad de fertilizante aplicado para la implementación de césped macizos es distinta. La calidad de suelo y el uso específico que se le dará al compost indicarán las principales áreas que necesitan de fertilización dentro de la comuna en estudio.

El uso del compost en forma excesiva puede impactar negativamente en el medio ambiente, por lo cual la dosis a aplicar debe considerar los impactos negativos que generan en el medio ambiente la incorporación al suelo de altas cantidades de nutrientes.

La dosis recomendada es aplicar entre 1 y 2 kg por metro cuadrado al año. Para suelos erosionados es recomendable concentrar las aplicaciones en áreas específicas como camellones, surcos permanentes, tazas de los árboles, etc.

El almacenamiento debe estar protegido de la humedad, para lo cual debe estar aislado del suelo por una cubierta impermeable. Además, se debe proteger de los vientos predominantes y aguas de lluvia con una cubierta.

En su aplicación el compost puede ser aplicado al voleo en cultivos extensivos o directamente sobre praderas establecidas o en preparación de suelos para cultivos, su uso en forma localizada, se realiza en chacras y hortalizas, en líneas de plantación, o al preparar camas altas, camellones y almácigueras. También se puede aplicar colocando una capa alrededor de cada planta o bien sobre el surco de riego antes de aporcar. En árboles frutales se aplica en la fuente y bajo la gota en el riego por goteo

La topografía del terreno debe presentar una pendiente menor a 15%.

Al aplicar el compost se debe dejar una franja de al menos 3 metros de ancho sin aplicar, junto a cursos de agua. - No se debe aplicar en épocas de lluvia.

No aplicar en lugares de inundación recurrente o en riberas u orillas de cuerpos de agua como lagos, lagunas y humedales.

Se debe evitar la sobre fertilización del suelo al aplicar compost, para lo cual es importante equilibrar la demanda del cultivo con los nutrientes presentes en el suelo y los aportados con el compost.

La incorporación del compost debe realizarse en suelos con un contenido de humedad adecuado que permita el paso de vehículos y la incorporación posterior del material.

La incorporación de compost debe realizarse en terrenos sin cultivo o con un intervalo de tiempo suficiente antes de la siembra para que se produzca su descomposición.

La distribución del compost debe ser uniforme para evitar la sobre fertilización. Utilizar compost maduro pues de lo contrario, retrasa o incluso inhibe la germinación de ciertas plantas. Las raíces jóvenes y tiernas son sensibles al compost cuando todavía no está bastante maduro porque contiene sustancias de carácter ácido.

4.2.4. Superficie de áreas verdes y compost

El compost que se producirá en la planta de compostaje de la comuna de Puente Alto será utilizado en la misma comuna para embellecer y mejorar la calidad del suelo de las plazas que existen ahí en el sector, es por esto que se necesita conocer la cantidad de superficie de áreas verdes para calcular cuánto es el compost que se debe producir en planta y si cumplirá la capacidad.

En un informe elaborado por Atisba, una empresa dedicada al urbanismo y a realizar informes y reportes sobre tendencias de barrios urbanos relevantes. En este informe llamado “La Brecha Verde”

distribución espacial de áreas verdes de Santiago elaborado en 2011 indica la cantidad de áreas verdes de la comuna de Puente Alto.

En el informe se señala que Puente Alto tiene 1.454.047 m² de áreas verdes, lo que deja revela una tasa de 2.2 m² por habitante en la comuna.

Tabla 4.4. Distribución comunal e índice de m² por habitante.

Comuna	Población	Áreas verdes m2	Áreas verdes por habitante
Puente alto	573.935 hab.	1.454.047	2,5
La Florida	378.018	1.337.086	3,5
La Pintana	199.094	666.847	6,4

(Fuente: Atisba, 2011.)

4.2.5. Espesor de Compost

CONAMA (2002), actual Ministerio del Medio Ambiente (MMA desde 2010), estableció que en la preparación del césped se deberá realizar una mezcla de 90 % de compost y de 10 % de arena gruesa, con un espesor de 2 a 5 cm dependiendo de las condiciones del lugar, esto con objeto de regularizar la creación y mantención de áreas verdes para el año 2010.

Para la comuna de Puente Alto se utilizará un espesor de 4 cm (0.04 m)

$$m^3 \text{ de Compost} = \text{Superficie de áreas verdes (m}^2\text{)} * \text{Espesor de compost (m)}$$

$$m^3 \text{ de Compost} = 1.454.047 \text{ m}^2 * 0,04 \text{ m} = 58.162 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, se necesitan 58162 m³ de compost para las áreas verdes de la comuna de Puente Alto.

4.2.6. Estimación costos

La estimación de costos que se realizará, es para reflejar los valores que gasta la municipalidad de puente alto en la disposición final de residuos en un relleno sanitario mediante una empresa externa.

Para realizar este estudio se utilizó un valor referencial que entregó la empresa KDM Tratamientos. Este valor se encuentra en la página de transparencia de la municipalidad de puente alto, en la sección de transparencia, en donde se dispone un contrato entre la municipalidad y esta empresa en mayo del 2016, ahí se entrega el valor por ton/día, este valor va a depender de donde sea dispuesto finalmente los residuos orgánicos.

Tabla 4.5 Precios de disposición de residuos.

Lugar de disposición	Precio por Tonelada
Estación de transferencia	\$4.526,51 +IVA
Relleno Sanitario	\$4.712,26 (exento de IVA)

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Estos valores corresponden al año 2016, por lo cual se espera que para el año 2020 haya existido un reajuste de estos valores, incrementando el valor debido a que se reajusta debido al índice de precios del consumidor, por lo tanto, es un estimado del precio que la Municipalidad paga por este servicio.

Los residuos orgánicos que se generan en la comuna mediante sus 43 ferias libres que se distribuyen en el mes es de 875 Ton/mes, sin embargo, la empresa que retira los residuos para disponerlos en otro lugar (estación de transferencia o relleno sanitario) no se lleva solo los residuos orgánicos que se producen en las ferias libres, sino que su contrato es por el total de los residuos orgánicos generados en la comuna que son 105.000 ton/año → 8750 ton/mes; Por lo tanto:

Tabla 4.6. Precios en relación a lugar de disposición.

Lugar de disposición	Precio	Precio	Precio
	Ton/día	Ton/mes	Ton/año
Estación de transferencia	\$ 1.570.625	\$47.118.749	\$ 565.424.990
Relleno Sanitario	\$ 1.374.409	\$41.232.275	\$ 494.787.300

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

Como se puede observar de las siguientes tablas, es el costo que paga mensualmente la Municipalidad de Puente Alto para el retiro de sus residuos orgánicos o domiciliarios es de \$47.118.749 si el destino es la estación de transferencia (con IVA incluido) y \$41.232.275 si la disposición final es un relleno sanitario.

Además, la Municipalidad de Puente Alto también cuenta desde el 19 de septiembre del 2018 con el servicio de “Concesión de Recolección, Limpieza, Lavado, Transporte y Descarga Intermedia o final de los

Residuos de Ferias Libres de la Comuna de Puente Alto”, con la empresa “R y R Industriales Limitada”.

En el contrato efectuado se indica que será por un periodo de 48 meses y que los valores serán los siguientes:

Tabla 4.7. Valores de servicio

Servicio	Valores
Servicio mensual inicial	\$60.269.924 + IVA
Camión compactador adicional (mensual)	\$3.250.000 + IVA
Camión aljibe adicional mensual	\$2.100.000 + IVA
Variación de distancia planta disposición (por kilómetro)	\$100 + IVA
Monto del contrato	\$3.442.628.059 IVA incluido

Esta empresa se encarga solamente de la recolección de residuos de ferias libres, sin especificar si son residuos orgánicos o no, tampoco hace una segregación desde el punto de generación.

4.3 FACTIBILIDAD TÉCNICA

Se han considerado variables técnicas metodológicamente tales como la maquinaria que se utilizará en el proceso, el ingreso de la materia prima a la planta de compostaje, el rendimiento de la planta y la superficie requerida para el correcto funcionamiento.

4.3.1 Tamaño

La determinación del tamaño responde a un análisis interrelacionado de una gran cantidad de variables de un proyecto: demanda, disponibilidad de insumos, localización y plan estratégico comercial de desarrollo futuro, etc.

4.3.1.1 Demanda

Según la proyección de la demanda realizada en el estudio de mercado, se espera un ingreso de residuos provenientes de las ferias libres de 10000 ton/año aproximadamente, ya que no se considera una proyección de la demanda.

4.3.1.2 Disponibilidad de insumos

La principal fuente para la fabricación de compost, son los residuos de las ferias libres en la Comuna de Puente alto. Además, se requerirá de una fracción de otro insumo importante para los procesos involucrados en la producción de compost; el agua, necesitando volúmenes importantes de este elemento.

4.2 Maquinarias y equipos

Dentro de los procesos para la elaboración del compost se distinguen dos:

- El pre acondicionamiento (trititación, desfibrado y mezclado con los demás componentes)
- La formación de la pila de compost.

4.3 Descripción de los procesos

El primer proceso es la recepción de los residuos de las ferias libres, luego se distinguen los siguientes procesos.

4.3.1 Almacenamiento temporal

Esta etapa se realiza justamente después de la recepción, siendo aquí en donde la fracción vegetal por medio de un tipo motosierra, y con apoyo de una pala cargadora, se van amontonando los residuos de tal forma que su ordenada disposición reduzca lo más posible el espacio ocupado. Después de esta operación de pre acondicionamiento, se puede pasar de una densidad aparente de unos 100 kg/m³ a unos 150 kg/m³.

4.3.2 Pre Tratamiento

En esta etapa se desarrollan las acciones necesarias para obtener un conjunto homogéneo que permita la buena fermentación del compost.

4.3.2.1 Desfibrado vegetal

Aquí se acondicionan los residuos vegetales facilitando la mezcla y posterior fermentación, permitiendo así la obtención de un compost con una granulometría adecuada.

La máquina del desfibrado es móvil, permitiendo que se desplace por el área de almacenamiento con el apoyo de un tractor. De esta forma se reducen los recorridos y se optimiza la operación.

Durante la operación, la densidad aparente del material pasa de unos 150 kg/m³ a unos 300 kg/m³.

4.3.2.2 Mezclado

El objetivo de este proceso es preparar una carga lo más homogénea posible para su posterior fermentación. Por medio de una pala cargadora se alimenta de forma diferenciada sobre la máquina trituradora.

4.3.3 Fermentación

Se consideran las fases de descomposición y maduración. Una vez obtenida esta mezcla, se transporta a las canchas de compostaje y dispuestas en pilas por medio de una retroexcavadora.

La cantidad de material a compostar y su periodicidad depende exclusivamente del volumen de material vegetal proveniente de las ferias libres de Puente Alto. Esta cantidad fue estimada en unos 215,77m³/semanales (935,03 m³_mes; 11220,42 m³/año). La formación de las hileras será dos veces por semana.

4.3.4 Maduración

La etapa biológica se concluye. Obteniendo una humedad que debe ser de un 25 a un 35%, el pH entre 6 y 8 y la relación C/N entre 16 y 20

4.3.5 Afino

Se desechan los elementos indeseables, ya sea porque son inertes, o bien, porque debido a sus dimensiones o naturaleza, ha sido imposible su fermentación.

En la separación, un cribado del material en un trómel de 20 mm de luz de malla, produce dos productos: Mayores y menores de 20 mm. Los mayores de 20 mm constituyen el compost que podría ser reutilizado para rellenar nuevas pilas o ser vendido a granel, mientras que los menores de 20 mm se almacenarán en forma separada para ser comercializado.

4.4 Diagrama de flujo

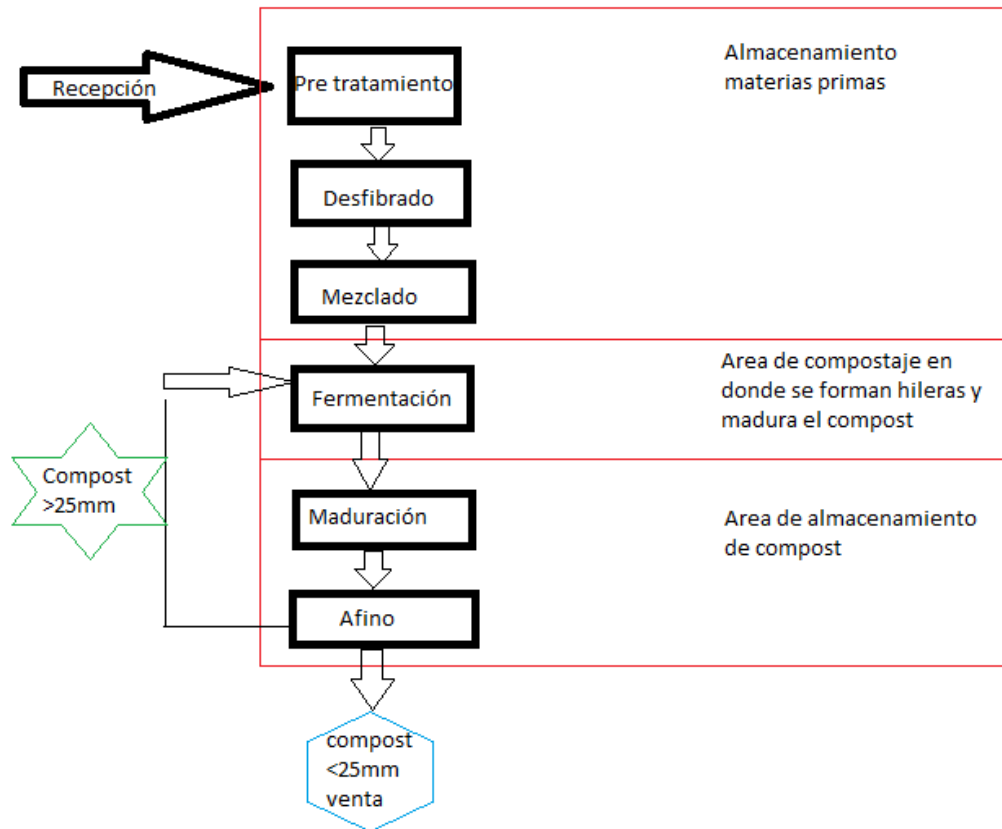


Figura 4.6. Diagrama de procesos de flujo (Fuente: Elaboración propia)

4.3.7. Compostaje en pilas con volteo

Consiste en disponer el material en pilas alargadas, las pilas pueden ser de un tamaño entre 2 y 5 m de ancho, de 1 a 3 m de alto y el largo por lo general son 20 metros, también puede ser más largo que eso. Tiene una forma de prisma triangular o trapezoidal.

Las pilas deben ser constantemente volteadas, esto puede realizarse de forma manual o mecánicamente a través de maquinaria.

Si se elige la forma mecánica, se deben utilizar máquinas especiales para realizar este procedimiento, estas pueden ser volteadoras o cargadores frontales.

4.3.8. Dimensiones de la planta

Para la dimensión de la planta se utilizarán los volúmenes de residuos orgánicos que se generan en la comuna de Puente Alto.

Tabla 4.8. Volumen diario generación de residuos orgánicos de ferias libres.

Componente	Día	Semana	Mes	Año
Volumen de Residuos de Ferias libres (m ³)	31	216	935	11220
Peso de Residuos de Ferias libres (Ton)	29	202	875	10500

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

4.3.8.1. Determinación de dimensiones de las pilas de compost

Las pilas o hileras de la planta de compostaje tendrán una figura triangular que se muestra en la siguiente figura:

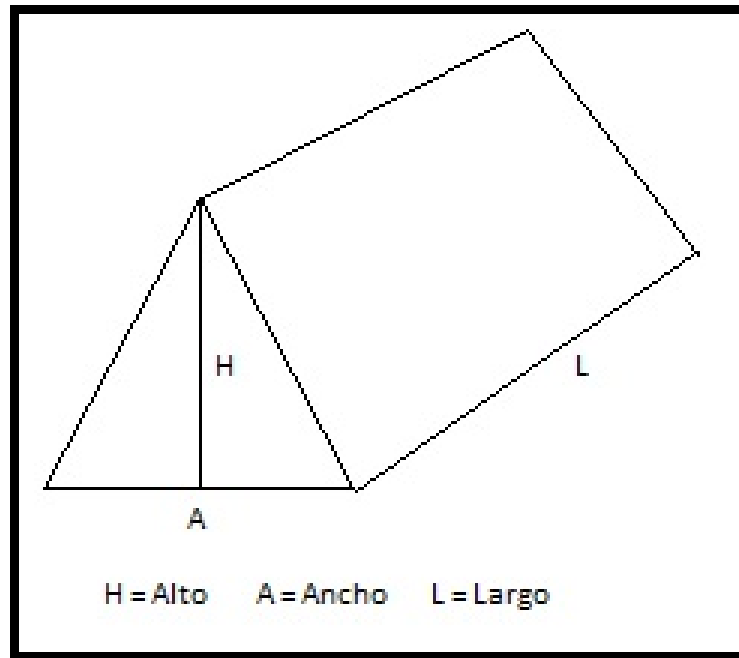


Figura 4.7. Hilera de compostaje (Fuente: Elaboración propia, 2020.)

El área y el largo de las hileras, será calculado de acuerdo a las fórmulas vistas en el punto 3.5.

$$\text{Área} = \frac{(4 * 2)}{2} = 4 \text{ m}^2$$

El largo total de las hileras mensual:

Como parámetro de diseño, se consideran 4 hileras, mensuales, quedando con un tamaño de 58,4 metros de largo.

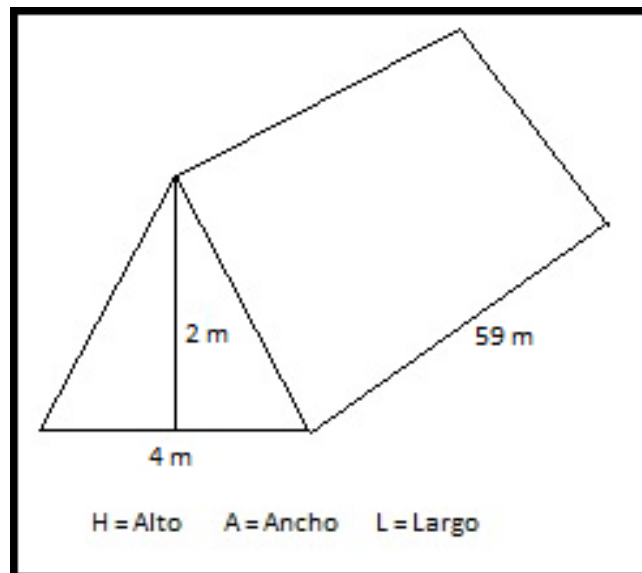


Figura 4.8- Dimensión de hilera de compostaje (Fuente: Elaboración propia, 2020.)

Por lo tanto, se estima que las hileras que se forman deben tener una medida de 2 m de alto, 3 m de ancho y una longitud de 58,4 m. de manera de tener la capacidad suficiente de albergar la totalidad de los residuos mensuales.

Tabla 4.9. Dimensiones de las pilas de compost.

ITEM	DIMENSIÓN
Área de la pila	4 m ²
Largo de la pila	58.4 m
Volumen máximo de una pila	233,75 m ³

(Fuente: Elaboración propia, 2020)

La maduración del compost se demora aproximadamente 4 meses, por lo que se va a calcular la cancha de compostaje para 4 meses, ya que luego se deben renovar las hileras.

Entonces, de este modo la cantidad de hilera que debe tener nuestra cancha de compostaje es de 16 hileras.

Cada hilera estará separada por un pasillo de 4 metros de ancho cada 2 hileras, para que puedan pasar las maquinarias para realizar el volteo mecánico y de 1 metro cada 2 hileras.

Con las dimensiones obtenidas se estima que la planta de compostaje debe tener un área de 6336 m² para poder procesar residuos orgánicos de ferias libres.

4.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS

Para poder desarrollar la estimación es necesario identificar y determinar los distintos costos, además de realizar una estimación

de ingresos, las inversiones que se deben emplear antes de poner el proyecto en marcha. Las inversiones que se deben realizar antes de iniciado el proyecto se clasifican en activos fijos, activos intangibles y capital de trabajo.

4.4.1. Inversión

- **Activos fijos:** Estos activos fijos se refieren a la inversión de aquellos bienes que son tangibles y que se utilizan en el proceso de compostaje de los insumos, también se refiere a los bienes que sirven de apoyo para la operación normal del proyecto.

Por ejemplo, las inversiones de activos fijos son: bienes inmuebles, maquinaria, material de oficina, etc.

- **Activos intangibles:** Como lo dice su nombre es un activo que no puede se percibe físicamente, no sé puede tocar ni ver, por lo tanto, estos activos son servicios o derechos adquiridos por la empresa.

La maquinaria que se utilizará para las hileras volteadas continuamente son las que se utilizan comúnmente. Estas máquinas y equipos se utilizan desde la recepción hasta el proceso final del compost y son los siguientes:

Tabla 4.10. Maquinaria e Instrumentos que se utilizaran

MAQUINARIA	UNIDADES	PRECIO \$
Trituradora	1	74.047.499
Marca: Duratech Modelo: HD-8 Serie V Accesorios: Control remoto Malla estándar Largo transporte: 5,55 m Ancho transporte: 2,55 m Altura trabajo: 2,20 m		
Cargador Frontal	1	1.143.040
Marca: Alö Maskiner Modelo: Quicke 940 Cap. balde: 0.80 m3		
Tractor	1	19.040.000
Marca: Valtora Modelo: BM110 Fuerza: 105HP		
Volteadora	1	21.856.110
Marca: Sandberger Modelo: ST300 Capacidad: 1400 m3/hora Ancho trabajo: 3 m Altura trabajo: 1,7 m		
Camión tolva de volteo	1	37.842.000
Marca: International Modelo: 4300 Capacidad: 6 a 7 m3		

INSTRUMENTOS	UNIDADES	PRECIO \$
Termómetro de varilla	4	5.018 unidad
Rango de T°: -20 a 150 °C Divisiones: de a 1 °C Longitud: 300 mm Diámetro: 6,5 mm		
Kit regulador	1	1.078.943
Marca: Sandberger Modelo: CMC-5400/1 Registra: Nitrógeno (NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ ⁺) PH (Redox) Sulfitos		
Muffia	1	1.044.407
Marca: Thermolyne Modelo: 1300 Rango de To: 100 a 1100oC Vol. cámara: 1,3 Lt		
Balanza	1	1.003.158
Marca: Boeco Modelo: BPB52 Cap. máx: 1500 gr Precisión: 0,01 g		

(Fuente: RAMDOHR, A. (2004), actualizados.

Tabla 4.11. Producción de Compost

Volumen por pila (hilera) (m ³)	233,75
Cantidad de hileras	16
Total (m ³)	3740
Maduración del compost (mes)	4
Producción de compost Anual (m ³)	11220

(Fuente: Elaboración propia)

Requerimiento de mano de obra:

Para el cumplimiento del proceso de compost se va a necesitar personal técnico y obrero capacitado que se haga cargo de ciertas funciones.

- **Personas técnico:** El personal que se desempeñe en esta labor debe mantener registros de ingreso de residuos orgánicos, el proceso de este y el producto final. Las labores de monitoreo tanto de parámetros físicos, químicos y biológicos del material deben estar a cargo de ellos también, deben llevar registro del funcionamiento y mantención de maquinarias para el proceso.

- **Personal obrero:** El personal debe estar a cargo del manejo de las maquinarias ya sea, camión tolva, trituradoras, volteadora, tractor, etc. Como ellos son los encargados de verter el residuo sobre las hileras también entre sus funciones debe estar el acondicionamiento y manejo

de las hileras para el proceso de compostaje, también una vez que esté listo el compost deben depositarlo en la zona de almacenamiento.

Tabla 4.12. Personal requerido para el proyecto.

ÁREA	CARGO	N° DE PERSONAL
Área de producción	Jefe de producción	1
	Bodeguero	1
	Mecánico	1
	Operador camión	2
	Ayudante recolección	2
	Operador maquinaria	3
Área de recursos humanos	Portero	1
	Encargado de seguridad	1

(Fuente: Elaboración propia)

Distribución de la Planta:

La planta se va a distribuir en diferentes áreas, no sólo las canchas de compostaje, la distribución y dimensiones serán las siguientes:

Tabla 4.13. Áreas productivas y de servicios.

ÁREA	DIMENSIONES
Almacenamiento materias primas	240 m ²
Canchas de compostaje	6336 m ²
Mantenimiento y almacenamiento maquinaria	400 m ²
Bodega de compost refinamiento	400 m ²
ÁREAS DE SERVICIOS	DIMENSIONES
Almacenamiento de agua	25 m ²
Oficina administración y ventas	250 m ²
Servicios higiénicos	
Comedores	
Camarines	

(Fuente: Elaboración propia.)

Costos de producción

Mano de obra directa e indirecta: En el siguiente cuadro se detallan los valores de la remuneración para cada personal de la planta. El valor es el sueldo mensual que recibirán los trabajadores.

Tabla 4.14. Mano de obra directa e indirecta.

Personal	N° de personal	Sueldo \$
Mano de obra Directa		
Bodeguero	1	550.000
Operador camion	1	301.000
Operador maquinaria	3	850.000
Total \$		3.401.000
Mano de Obra Indirecta		
Ayudante recolección	2	301.000
Mecánico	1	400.000
Jefe de producción	1	750.000
Total \$		1.752.000
TOTAL \$		5.703.000

(Fuente: Elaboración propia;2020)

Los costos de producción anualmente en la planta de compostaje serán de 41.436.000.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Como estimaciones de residuos de la comuna de La Reina y Providencia, se ha obtenido que Puente Alto produce 11220,41 m³/año teniendo una cantidad de 43 ferias libres y una población de 573.935 hab.
- Del terreno visto en Camilo Henríquez; se ocuparán 7000 m²; con un valor de 8 UF el m²; costando alrededor de \$160.516.888.
- La estimación de costos totales fijos es de \$317.592.117, sin incluir los costos mensuales de sueldos de trabajadores para mantener la planta que es de \$5.703.000.
- La contribución del compostaje, incluyendo otros métodos de aprovechamiento de residuos, es que pueden disminuir la cantidad de desechos que ingresan en los rellenos sanitarios aumentando su vida útil.
- El compostaje es un producto útil que puede ser considerado su uso para la comunidad y su entorno, y para la agricultura es un elemento esencial como fertilizante.
- La construcción de plantas de compostaje contribuirá a una mejor distribución de los recursos económicos, obtener ingresos adicionales y como aporte al conocimiento de técnicas amigables con el medio.
- Las municipalidades seguirán implementando proyectos tendientes a desarrollar y mejorar la Gestión ambiental.
- Se puede instalar la planta de compostaje de acuerdo a lo estimado en la factibilidad técnica y económica, siendo un gran aporte para la sociedad y medio ambiente reduciendo factores de contaminación y riesgos biológicos.
-

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS

- Asociación de ciencias Ambientales. (2010). Redes Sociales y Medio Ambiente. Sitio web: <https://www.cienciasambientales.org.es/index.php/comunicacion/calendario-hashtags>
- Claro, H., Martínez, B., Salinas, G. . (diciembre 20, 2018). Compostaje: la tendencia para combatir el Cambio Climático. 2020, de El Dinamo Sitio web: https://www.eldinamo.com/ambiente/2018/11/27/compostaje-la-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico/?fbclid=IwAR2dQsBduFlhmlZg8x_Vpfakc2_DHTVFC7ADHZiZD3CkCxuyPGBElceGEPY
- Gerdau AZA S.A. (2004). Guía educativa para el reciclaje del acero, “A reciclar chatarra”, Disponible en formato digital en: www.gerdauaza.cl y www.ecoeduca.cl
- Ministerio del Medio Ambiente. (Febrero 18, 2018). Basura es la inquietud ambiental que más crece en Chile entre 2016 y 2018. 2020, de La Tercera Sitio web: <https://www.latercera.com/tendencias/noticia/basura-la-inquietud-ambiental-mas-crece-chile-2016-2018/71633/>
- Ministerio del Medio Ambiente (diciembre 6, 2018) Compostaje: Una tendencia para combatir el Cambio Climático. Sitio web: <https://mma.gob.cl/compostaje-una-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico-2/>
- Sapag, J., Fuentes, R., Catalán, V., Escobedo, C., Covarrubia, J., Peña, A., Herrera, S., Nuñez, J., Guajardo, M., Gil, C. . (2016). Catastro Nacional de Ferias Libres. 2020, de Ministerio de Economía, Fomento y Turismo Sitio web: https://www.catastroferiaslibres.cl/doc/catastro_ferías.pdf

- Semarnat. (2006). Bases para Legislar la Prevención y Gestión Integral de Residuos. México. Pagina 8 y 9.
- Tchobanoglous George, Hilary Theisen y Samuel Vigil (1994). Gestión Integral de Desechos Sólidos. Capítulo 4: Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los RSU. Sitio web https://aulagaasociacion.files.wordpress.com/2015/03/4_propiedades_rsu.pdf
- Sistema Nacional De Información Ambiental. S, F. Residuos: Clasificación de los residuos, Ministerio del Medio Ambiente. Sitio web: <https://sinia.mma.gob.cl/temas-ambientales/residuos/>
- Weather Spark. S, F. El clima típico de cualquier lugar del mundo. Sitio web: <https://es.weatherspark.com/y/26529/Clima-promedio-en-Puente-Alto-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o>

CAPITULO VII: ANEXOS

6.1. Anexo 1: Valores de contrato de "Concesión de Recolección, Limpieza, Lavado, Transporte y Descarga Intermedia o final de los Residuos de Ferias Libres de la Comuna de Puente Alto", con la empresa "R y R Industriales Limitada".



el portal con fecha 13 de septiembre de 2018; Memorandum Interno N° 2102-s/n, emanado de la Secretaría Comunal de Planificación hacia la Dirección de Asesoría Jurídica y recepcionado por ésta última con fecha 13 de septiembre de 2018.

SEGUNDO.- CONTRATO

Conforme a los antecedentes señalados, por el presente instrumento, la **Municipalidad de Puente Alto**, representada por su Alcalde, don **Germán Codina Powers**, viene en contratar a "**R Y R Aseos Industriales Limitada**" representada por don **Ramón Antonio Ramírez Espíndola**, para la prestación del servicio de "**Concesión de Recolección, Limpieza, Lavado, Transporte y Descarga Intermedia o Final de los Residuos de Ferias Libres de la Comuna de Puente Alto**".

TERCERO.- PRECIO, PAGO y CONDICIONES

El precio del contrato será por los siguientes valores:

Servicio mensual inicial: \$60.269.924 más IVA.

Valor camión compactador adicional (mensual): \$3.250.000 más IVA.

Valor camión aljibe adicional mensual: \$2.100.000 más IVA.

Valor variación de distancia planta disposición (por kilómetro): \$100 más IVA.

Monto del contrato \$3.442.618.059 IVA incluido.

El pago de los trabajos realizados se realizará contra presentación de factura, con el visto bueno (V° B°) de la Unidad Técnica.

Para proceder al pago de los trabajos encomendados, el concesionario deberá presentar los antecedentes señalados en el artículo N° 18 de las Bases Administrativas.

En el evento de que la Municipalidad sea sujeto de demanda solidaria o subsidiaria por el pago de las obligaciones laborales y/o previsionales de trabajadores vinculados al proveedor o subcontratistas, aquella se reserva el derecho de retener en el estado de pago correspondiente, el monto demandado solidaria o subsidiariamente a ella.

CUARTO.- PLAZO

El plazo de vigencia del contrato para la licitación pública denominada "Concesión de Recolección, Limpieza, Lavado, Transporte y Descarga Intermedia o Final de los Residuos de Ferias Libres de la Comuna de Puente Alto" será por un plazo de **48 meses**, el que comenzará a regir el día **19 de septiembre de 2018**.

Av. Concha y Toro 1820
Tel: 2 2810 1600
2 2810 1700
Casilla 9
Puente Alto

R
Y
R
I
N
D
U
S
T
R
I
A
L
E
S
L
I
M
I
T
A
D
A

6.2. Anexo 2: Valores del contrato de “Servicio de disposición final de Residuos Sólidos Domiciliarios de la Comuna de Puente Alto” con empresa “KDM Tratamientos”



Transferencia y disposición final en su Relleno Sanitario, por un volumen promedio de 700 toneladas diarias.

TERCERO: PLAZO

La vigencia del presente convenio será desde el día 28 de Enero de 2016, y hasta que se regularice el funcionamiento del Vertedero Santa Marta y se reabra por las autoridades pertinentes, salvo que algunas de las partes notificare a la otra su intención de ponerle término, con a lo menos, 15 (quince) días de anticipación a la fecha de término del contrato.

Todas las notificaciones que deban hacerse en virtud de esta cláusula serán por Carta Certificada enviada al domicilio establecido en este contrato.

CUARTO: PRECIO

El precio del contrato será el comprendido en la oferta de KDM S.A. de fecha 21/01/16, tarifa por tonelada, que se compone de dos conceptos:

- 1.- Estación de Transferencia= \$4.527,51 más IVA por tonelada; y
- 2.- Relleno Sanitario= \$4.712,26 (exento de IVA) por tonelada.-

Esta tarifa se reajustará cada vez que el índice de Precios al Consumidor o la unidad que lo reemplaza válidamente en el país, experimente un incremento acumulado igual o superior al 5% (cinco por ciento), cabe destacar que estas tarifas se encuentran vigentes desde el 1 de Noviembre de 2015, fecha que se considerará como fecha inicial para los reajustes futuros.

La Municipalidad de Puente Alto reconoce conocer y aceptar las condiciones de precios que se encuentran incluidas en la presente cláusula de este convenio.

QUINTO: PAGO

KDM S.A. facturará el tonelaje recibido de la Municipalidad de Puente Alto dentro de los cinco (5) primeros días hábiles del mes siguiente a aquel en que se prestó el servicio aplicando el precio que corresponda de acuerdo al cuadro de tarifas estipulado en la cláusula anterior.

La Municipalidad de Puente Alto dispondrá de cuatro (4) días hábiles para revisar y aclarar eventuales discrepancias con KDM S.A., transcurrido este plazo la factura se entenderá aceptada para pago.

La Municipalidad dispondrá hasta el día 15 del mes siguiente de prestado el servicio para la cancelación de la factura. En caso de no cumplir con lo anterior KDM S.A. se reserva el derecho de prohibir el ingreso de camiones por cuenta de la Municipalidad, que haya incurrido en mora.

SEXTO: SERVICIO

El tonelaje mínimo a cobrar por cada vehículo ingresado a estación de pesaje será de dos (2) toneladas.