

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES Y SANITARIAS



**“Propuesta de Diseño de planta de tratamiento de residuos sólidos
municipales basada en la recolección selectiva, generados
en la Ciudad de Rioja, 2015”**

TESIS
Para obtener el Título Profesional de:
INGENIERO SANITARIO

Autor:

Bach. HARRIZON MONTOYA GUTIERREZ

Asesor:

Ing. ANGEL TUESTA CASIQUE

Moyobamba – Perú

2017

N° de Registro:06050616

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES Y SANITARIAS



**“Propuesta de Diseño de planta de tratamiento de residuos sólidos
municipales basada en la recolección selectiva, generados
en la Ciudad de Rioja, 2015”**

TESIS

Para obtener el Título Profesional de:
INGENIERO SANITARIO

Autor:

Bach. HARRIZON MONTOYA GUTIERREZ

Asesor:

Ing. ANGEL TUESTA CASIQUE

Moyobamba – Perú

2017

N° de Registro:06050616



ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO


En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las **dieciocho horas del día sábado 04 de febrero del dos mil diecisiete**, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Ing. RUBÉN RUÍZ VALLES	PRESIDENTE
Ing. ALFONSO ROJAS BARDÁLEZ	SECRETARIO
Lic. M.Sc. ROYDICHAN OLANO ARÉVALO	MIEMBRO
Ing. ÁNGEL TUESTA CASIQUE	ASESOR


Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado “PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES BASADA EN LA RECOLECCIÓN SELECTIVA, GENERADOS EN LA CIUDAD DE RIOJA, 2015”; presentado por el Bachiller en Ingeniería Sanitaria HARRIZON MONTOYA GUTIERREZ, según Resolución Consejo de Facultad N° 035-2016-UNSM-T-FE-CO de fecha 25 de febrero del 2016.


Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **aprobado por unanimidad** con el calificativo de: **bueno** y nota **catorce (14)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **19:30** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.


.....
Ing. Rubén Ruíz Valles
Presidente


.....
Ing. Alfonso Rojas Bardález
Secretario


.....
Lic. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo
Miembro


.....
Ing. Ángel Tuesta Casique
Asesor

DEDICATORIA

La presente TESIS la dedico exclusivamente, con mucho amor, respeto y cariño a mis padres CARLOS y MARÍA, que con su dedicación y perseverancia hicieron que se vuelva un hábito en mi vida. A mi hermana GLENDY, quien con su ejemplo hizo que aprenda a luchar por mis sueños y no me rinda hasta conseguirlo. A toda mi familia MONTOYA y GUTIERREZ, que siempre estuvieron conmigo en todo momento y me brindaron siempre su apoyo incondicional.

Que Dios proteja siempre de ustedes y haga de su amor el éxtasis para mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la oportunidad que me brinda de seguir viviendo y hacer mis anhelos realidad.

A mis padres Carlos Montoya y María Gutierrez, por su paciencia, confianza, por el esmero y apoyo incondicional en los momentos difíciles de mi vida, a ellos porque siempre están allí cuando más los necesito, los cuales son la razón de mi existir.

A mi hermana Glendy; por la confianza y el apoyo incondicional que me brinda siempre; la cual me enseñó a luchar para hacer nuestros sueños realidad.

A la Universidad Nacional de San Martín – T – Facultad de Ecología, por darme la oportunidad de formarme en sus aulas y asimilar los conocimientos para mi formación académica y profesional.

A mi asesor el Ing. Ángel Tuesta Casique por todo el apoyo y asesoramiento brindado para poder realizar el trabajo de investigación “PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES BASADA EN LA RECOLECCIÓN SELECTIVA, GENERADOS EN LA CIUDAD DE RIOJA, 2015”

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	01
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	01
1.2. OBJETIVOS.	03
1.2.1. Objetivo General	03
1.2.2. Objetivos Específicos	03
1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.	04
1.3.2. Bases Teóricas.	04
1.3.3. Definición de Términos.	15
1.4. VARIABLES.	18
1.4.1. Sistema de Variables	18
1.5. HIPOTESIS.	18
CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO.	19
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	19
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	19
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.	19
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.	20
2.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.	21
CAPITULO III: RESULTADOS.	22
3.1. RESULTADOS.	
3.1.1. Características generales de los residuos sólidos generados en la Ciudad de Rioja	22
3.1.2. Programa de recolección selectiva en la fuente para la ciudad de Rioja	27
3.1.3. Estructura capaz de tratar los residuos sólidos generados en la Ciudad de Rioja, basada en la segregación en la fuente	39

3.2. DISCUSIONES	62
3.3. CONCLUSIONES.	64
3.4. RECOMENDACIONES.	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	69

RESUMEN.

El presente documento detalla sobre los resultados obtenidos en la ejecución del proyecto de investigación denominada: “Propuesta de Diseño de planta de tratamiento residuos sólidos municipales basada en la recolección selectiva, generados en la Ciudad de Rioja, 2015”, el mismo que fue ejecutado con la finalidad de cumplir con los siguientes objetivos específicos: Determinar las características generales de los residuos sólidos generados en la Ciudad de Rioja, diseñar un programa de recolección selectiva en la fuente para la ciudad de Rioja y proponer el diseño de una estructura capaz de tratar los residuos sólidos generados en la Ciudad de Rioja, basada en la segregación en la fuente.

De ello se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- La caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Rioja es de 76.35% del total generado, lo cual hacen en su totalidad un 9.90 Tn/día, en las que se ha considerado la materia orgánica, papel, cartón, virio, plástico PET, plástico duro, aluminio, metales ferrosos, con una densidad o peso volumétrico domiciliario de la zona urbana del distrito de Rioja queda determinada en 141.57 kg/m³.
- Se ha logrado diseñar el programa de reciclaje basado en la segregación en la fuente de la ciudad de Rioja, el mismo que contempla los beneficios sociales y económicos a obtener con su implementación, así como la población destinataria, actores, los recursos necesarios para su implementación, cobertura, tiempos de implementación, estrategias, considera también el sistema de comercialización de los reciclables.
- Se ha logrado diseñar una estructura de tratamiento de residuos sólidos, utilizando los datos proporcionados en las secciones anteriores como la densidad de los residuos sólidos que es de 141.57 kg/m³ y el volumen de material a procesar que es 9.90 toneladas diarias, siendo a aprovechar en la planta de tratamiento un 75% que hace un total de 7.43 Tn/día, de los cuales 5.91 Tn/día son residuos sólidos compostificables y 1.52 Tn/día son residuos sólidos reciclables, que sirvieron para dimensionar los equipos necesarios a considera en la planta de tratamiento de residuos orgánicos para obtención de compost, así como la planta de acopio, el trómel, la banda transportadora, la prensa, la balanza y otros.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA



CENTRO DE IDIOMAS

ABSTRACT

The present document details on the results obtained in the implementation of the research project called: "Proposal for a plant design of municipal solid waste treatment based on the selective collection, generated in Rioja city, 2015", the same was executed in order to comply with the following specific objectives: to determine the general characteristics of the solid waste generated in Rioja city, to design a selective source collection program for the city of Rioja and to propose the design of a structure capable of treating solid waste generated in Rioja city, based on segregation at the source.

It was unable to reach the following conclusions:

- Characterization of solid waste in of Rioja city is 76.35% of the total generated, which makes a total of 9.90 Tn / day, in which organic matter, paper, paperboard, plastic, PET , Hard plastics, aluminum, ferrous metals, with a density or volumetric house weight of the urban area of Rioja district is determined at 141.57 kg / m³.
- It has been possible to design the recycling program based on source segregation of Rioja city, which contemplates the social and economic benefits to be obtained with its implementation, as well as the target population, actors, resources necessary for its implementation, coverage, implementation times, strategies, also considers the marketing system of recyclables.
- It has been possible to design a solid waste treatment structure, using the data provided in the previous sections as the density of the solid waste that is 141.57 kg / m³ and the volume of material to be processed that is 9.90 tons per day, being Take advantage of 75% in the treatment plant, which makes a total of 7.43 tons / day, of which 5.91 tons / day are compostable solid waste and 1.52 tons / day are recyclable solid waste, which served to dimension the necessary equipment to consider in the



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA



CENTRO DE IDIOMAS

organic waste treatment plant to obtain compost, as well as the collection plant, the tromel, the conveyor belt, the press, the balance and others.

Key words: solid waste treatment structure, source collection program, source segregation.

CAPÍTULO I.

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el municipio de Rioja la Generación Per Cápita de Residuos Sólidos domiciliarios – GPC es de 0.59 kg/hab/día, lo que hace un total de 12.96 Tn/día de desperdicios que son transferidos al vertedero a través de camiones compactadores; sin embargo, con una simple observación puede contactarse que estos “desperdicios o basura” contienen una gran proporción de plásticos, cartones, papeles, metales, vidrios, tejidos, calzados, entre otros materiales que por no haber sido separados adecuadamente pierden la oportunidad de convertirse nuevamente en materia útil en forma rápida y segura, al mismo se debe adicional los residuos sólidos no domiciliarios (Hoteles, restaurantes, I.E., etc.) que es 2.15 Tn/día, haciendo total residuos de 15.11 Tn/día de residuos sólidos municipales.

La composición física general de residuos sólidos no domiciliarios teniendo un porcentaje mayor la generación de materia orgánica con un 62.10 %, seguido por los residuos inertes con un 5.68% y la de menor generación las pilas con un 0.16 %.

La densidad promedio sin compactar de los residuos sólidos domésticos para la ciudad de Rioja es de 141.57 Kg/m³ y la compactada es de 170.41 Kg/m³, información que permitirá determinar el tipo, volumen y cantidad de vehículos recolectores de residuos, además solucionar en gran medida el insuficiente servicio de recolección de los residuos sólidos domésticos en la ciudad de Rioja.

Asimismo, debido a la falta de conocimiento y la no existencia de un Programa de Reciclaje y una Planta que acopie y procese las partes reutilizables, los entes del municipio entremezclan indistintamente restos de comidas con los materiales anteriormente citados e incluso con residuos tóxicos tales como baterías de todo tipo, restos de insecticidas y cartuchos de tinta para impresoras y fotocopiadoras, entre otros.

Los residuos representan una pérdida enorme de recursos, tanto materiales como energéticos. La producción de los residuos es un síntoma de la ineficiencia de los procesos productivos, de la durabilidad de los productos y de unos hábitos de consumo insostenible.

La cantidad de residuos generados es por tanto un indicador del grado de eficiencia con que la sociedad utiliza las materias primas y los productos.

De todo ello se plantea la siguiente interrogante:

¿De qué manera se reduciría la contaminación con el diseño de una propuesta de planta de tratamiento de residuos sólidos municipales en la Ciudad de Rioja?

Justificación e importancia.

Debido a que los residuos no solamente constituyen un problema ambiental. Sino que también son un recurso que no se puede dejar de aprovechar. El desafío del futuro consiste en una explotación aún más eficaz de recursos procedentes de los residuos y en una reducción del impacto ambiental, lo que implica aumentar también la calidad del tratamiento de los residuos.

El poder adquisitivo y los hábitos de consumo condicionan los tipos y cantidad de residuos generados. Las autoridades locales (municipales) deben procurar que esta cantidad de residuos sea recogida y tratada correctamente además de obtener un reaprovechamiento óptimo de los mismos. La política en el campo de los residuos comprende tanto la prevención como la gestión de los mismos.

Es de esta manera que se beneficia directamente la sociedad causante de este problema con la instalación de la planta de residuos sólidos y así de esta forma reduciría los costos de servicios que hace efectiva a su municipalidad.

Nuestra legislación establece responsabilidades con respecto a los residuos sólidos, como por ejemplo que una de las funciones de las municipalidades en materia de saneamiento ambiental es ejecutar el servicio de limpieza pública, ubicar las áreas para la acumulación de basura y el aprovechamiento industrial de desperdicios (Ley Orgánica de Municipalidades); o también que el mantenimiento de la limpieza pública es obligación de todos los habitantes de las ciudades y todo asentamiento humano. A nadie le es permitido arrojar a la vía pública desperdicios, desechos domésticos, industriales o residuos. (Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales). Además, se ha promulgado una ley específica a esta temática que viene a ser la “Ley General de Residuos Sólidos” Ley N° 27314.

1.2. OBJETIVOS.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL:

Diseñar de una propuesta de planta de tratamiento de residuos sólidos municipales basada en la recolección selectiva, que permita reducir la contaminación en la Ciudad de Rioja.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar las características generales de los residuos sólidos generados en la Ciudad de Rioja.
- Diseñar un programa de recolección selectiva en la fuente para la ciudad de Rioja.
- Proponer el diseño de una estructura capaz de tratar los residuos sólidos generados en la Ciudad de Rioja, basada en la segregación en la fuente.

1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.3.1. Bases Teóricas.

Se tendrá en cuenta el siguiente marco teórico.

Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente. Es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental, establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país. En base a estos preceptos tenemos:

Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos y su Modificatoria, el Decreto Legislativo N° 10652. Esta Ley es de aplicación a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.

No están comprendidos en el ámbito de esta Ley los residuos sólidos de naturaleza radiactiva, cuyo control es de competencia del Instituto Peruano de Energía Nuclear, salvo en lo relativo a su internamiento al país.

D.S. 057-2004-PCM, Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos. Precisa las responsabilidades y derechos de las municipalidades y otros actores involucrados en la gestión de los residuos sólidos.

Ley N° 29419: Ley que regula la actividad de los Recicladores. Establece el marco normativo para los trabajadores de la actividad de reciclaje en el Perú, promueve su

formalización y contribuye al manejo ecológicamente eficiente de los residuos sólidos en el marco de los objetivos y principios de la ley general de Residuos Sólidos.

D.S. 005-2010-MINAM, Reglamento de la Ley que Regula la Actividad de los Recicladores. Regula la formalización de Recicladores y la recolección selectiva de residuos sólidos a cargo de las Municipalidades, promoviendo integrado para el aprovechamiento de los residuos sólidos como base productiva de la cadena del reciclaje.

Ley N° 27972: Ley orgánica de municipalidades. Esta norma, en su artículo 80°, especifica que son funciones lo siguiente: Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial. Regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente.

Ley N° 29465, Ley de Presupuesto del Sector Público para los Años Fiscales 2010, 2011 y 2012. Crea el Programa de Modernización Municipal, el mismo que tiene por objeto incrementar el crecimiento de la economía local y establece metas que deben cumplir las Municipalidades Provinciales y Distritales del país, asignando recursos por el cumplimiento de las mismas.

¿Qué es un Residuo Sólido Urbano (RSU)?

Residuo Sólido Urbano (RSU) es cualquier producto, materia o sustancia, resultante de la actividad humana o de la naturaleza, que ya no tiene función para la actividad que lo generó. Pueden clasificarse de acuerdo a:

- Origen (domiciliario, industrial, comercial, institucional, público),
- Composición (materia orgánica, vidrio, metal, papel, plásticos, cenizas, polvos, inerte).
- Peligrosidad (tóxica, reactiva, corrosiva, radioactiva, inflamable, infecciosa).

Los RSU tienen como principal problemática el incremento exponencial de su volumen debido a:

- El aumento progresivo de la población y su concentración en determinadas áreas
- Crecimiento progresivo de la generación per cápita de residuos
- Escasos programas educativos a la comunidad sobre la temática.
- Sistemas de tratamiento y/o disposición final inadecuados/inexistentes.
- Falta de una evaluación integral de costos y asignación de recursos.
- El uso de envases sin retorno (fabricados con materiales no degradables).

Los RSU pueden eliminarse por técnicas que, si son ejecutadas de forma incompleta, pueden conducir a una situación de impacto negativo sobre el entorno. El vertido (basurero a cielo abierto) puede producir contaminación hidrológica y la incineración contaminación atmosférica.

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son los que se originan en la actividad doméstica y comercial de ciudades y pueblos. En los países desarrollados en los que cada vez se usan más envases, papel, y en los que la habitualidad de "usar y tirar" se ha extendido a todo tipo de bienes de consumo, las cantidades de basura que se generan han ido creciendo hasta llegar a cifras muy altas.

Composición de los RSU. Los residuos producidos por los habitantes urbanos comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas.

La basura suele estar compuesta por:

- **Materia orgánica.** Son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos junto la comida que sobra.
- **Papel y cartón.** Periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes, etc.
- **Plásticos.** Botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos y cubiertos desechables, etc.
- **Vidrio.** Botellas, frascos diversos, vajilla rota, etc.

➤ **Metales.** Latas, botes, etc.

➤ **Otros.**

En las zonas más desarrolladas la cantidad de papel y cartón es más alta, constituyendo alrededor de un tercio de la basura, seguida por la materia orgánica y el resto. En cambio, si el país está menos desarrollado la cantidad de materia orgánica es mayor -hasta las tres cuartas partes en los países en vías de desarrollo- y mucho menor la de papeles, plásticos, vidrio y metales.

Sistema de manejo de residuos sólidos

Básicamente el sistema de manejo de los residuos se compone de cuatro sub sistemas:

- a) **Generación:** Cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una organización usualmente se vuelve generadora cuando su proceso genera un residuo, o cuando lo derrama o cuando no utiliza más un material.
- b) **Transporte:** Es aquel que lleva el residuo. El transportista puede transformarse en generador si el vehículo que transporta derrama su carga, o si cruza los límites internacionales (en el caso de residuos peligrosos), o si acumula lodos u otros residuos del material transportado.
- c) **Tratamiento y disposición:** El tratamiento incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Respecto a la disposición la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario.
- d) **Control y supervisión:** Este sub sistema se relaciona fundamentalmente con el control efectivo de los otros tres sub sistemas.

PROARCA 2003. LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS CONSTA DE LAS SIGUIENTES COMPONENTES Y EQUIPAMIENTO

Sistema de Recepción. Este sistema tiene la función de recibir la basura urbana que llega a través de camiones procedentes del área urbana y de alimentar de forma continua la estera de captación. Toda la basura es descargada sobre una plataforma de concreto, que tiene como función, almacenar temporalmente la basura, permitiendo el funcionamiento continuo de la estera de captación, sin importar las variaciones en la descarga. Permite también una reclasificación donde se separan componentes indeseables del sistema de alimentación.

Después de la preclasificación, la basura es llevada a través de un canal metálico el cuál alimenta la estera de captación y clasificación. Este canal metálico está fabricado en chapa de acero 1010/1020 con un espesor de 3mm, sus medidas son 2,5 metros de ancho, 3 metros de alto, tiene forma de embudo para dosificar la basura a ser clasificada en la estera de captación.

Molino Rompedor de Bolsas. Está compuesto por un eje con cuchillas y su función es romper las bolsas donde vienen empacados los R.S.U.

Esfera de Alimentación. Se encuentra en el fondo del embudo y posterior al molino rompedor y está compuesta por un conjunto de placas adosadas a una cadena de tracción. Su oficio es alimentar la banda de selección de una manera continua y ordenada.

Banda de Selección. Es una banda de caucho inodora, resistente a los ácidos y que tiene una longitud y ancho mínimos de 15mts y 0.80 m. respectivamente, con protecciones laterales y una velocidad de trabajo que fluctúa entre 6 y 12 m por minuto, lo cual garantiza el tiempo suficiente para realizar la selección manual.

Electroiman. A la entrada de la banda de caucho y a una altura de 0.20 m se coloca un electroimán cuya función es retener los materiales ferrosos que puedan ir incorporados a la masa de R.S.U.

A lo largo de la banda de caucho y a una altura de 0.80 de la misma se instala una plataforma donde laborara el personal dedicado a la selección.

Ductos. Anclados a la plataforma se instala un mínimo de 10 ductos de 1mt de alto y 0.80 de diámetro por los cuáles se descarga el material seleccionado.

Carros de Carga. Bajo cada ducto se instala un carro equipado con ruedas macizas de caucho. Estos carros se retiran al finalizar la selección y los productos obtenidos continúan el proceso de limpieza, rpiado y empaque.

Molino Biodegradable. Al final la banda de caucho solo debe quedar en material biodegradable, el cual se hace pasar por un molino de cuchillas de dos ejes, cuya función es homogeneizar y mezclar los diferentes productos.

Tornillo Sin Fin. El oficio de este equipo es retirar el material procesado por el equipo de cuchillas y llevarlo hasta el elevador de cangilones.

Elevador de Cangilones. Es un equipo compuesto de una cadena sinfín a la cual se adosan los cangilones que han de subir el material hasta un nivel donde pueda ser cargado por una volqueta o similar.

Tolva de Cargue de Biodegradables. El elevador deposita el material en una tolva tipo tronco de pirámide invertida cuyo fondo se encuentra a una altura de 2.50 m y que debe tener como mínimo una capacidad de 3 toneladas.

La planta cuenta con 5 equipos de manejo de los residuos seleccionados, así:

- a) Prensa de papel y cartón
- b) lavadora de plástico
- c) Molino de plástico
- d) molino de vidrio
- e) Pórtico con diferencial eléctrico de 1 tonelada

Figura N° 001: Proceso de segregación de residuos sólidos.

PROCESO:

Un camión llega y descarga la basura en una de las fosas.

La basura sube, se deposita en una de las bandas que mide aproximadamente 14 metros.

La banda es denominada "voluminosos". En esta parte, son abiertas las bolsas de basura y se desechan colchones, llantas, muebles, sillas, portabebés, es decir, el material que no será usado.

Pasa a un cilindro denominado "Trommel". Toda la basura en este proceso, principalmente orgánica y que mide menos de 70 milímetros, cae a otra banda. El resto continúa limpia.

Los camiones descargan en un tiempo promedio de dos a tres minutos.

Cada camión de basura recolecta entre **7 u 8 toneladas.**

PROCESO DE LO ORGÁNICO:

La materia se deposita en una banda y sale al otro lado, donde la recibe un camión, para llevarla a un biodigestor.



En el biodigestor, que se asemeja a un estómago, hay microorganismos que se comen la materia orgánica y dejan solamente gas combustible que servirá para generar electricidad.



Con esto podrán gestionar hasta **8 megawatts** cada mes, de los cuales, uno será utilizado para la planta, y al menos siete, distribuidos en igual número de hoteles.

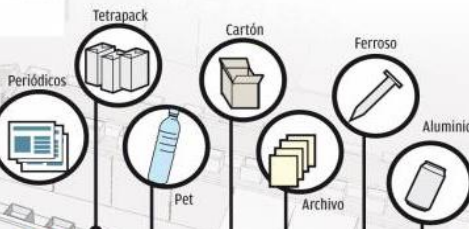
*Este proceso estará listo en 6 meses aproximadamente.

PLANO GUÍA



PROCESO DE SEPARACIÓN:

Esta etapa es considerada de valorización, aquí en una banda (son tres bandas), serán hasta 40 personas las encargadas de separar todo tipo de material para vaciarlo en unos contenedores.



Los materiales se dejan caer en contenedores.

Las compuertas son abiertas en distintos tiempos, por el tipo de material.

*Cada paca pesa hasta 800 kilogramos.



Las pacas son trasladadas hacia

Son convertidos en:

- Botellas de plástico
- Láminas
- Utensilios de plástico
- Cartón
- Papel sanitario
- Servilletas
- Puertas, mesas y sillas.



450 empleos directos generará, distribuidos en dos turnos de trabajo.

4,500 empleos indirectos.



La planta está diseñada para una capacidad de **mil 500** toneladas al día

EL RECHAZO:

El material que ya no es incluido en los procesos anteriores, será transformado en cubos que en un promedio de 30 años, podrán ser utilizados para la generación de energía eléctrica, combustible o diésel.

La planta recibirá **mil 200** toneladas al día



TECNOLOGÍAS DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES

Estas tecnologías están basadas en el concepto de reciclaje y reutilización.

J. C. S. Cobo (2011). El reciclaje hace referencia a la recuperación de forma directa o indirecta de los componentes de interés que se encuentran dentro de los residuos sólidos urbanos, estos materiales recuperados son empleados como materia prima para la elaboración de nuevos productos. Mientras que cuando el material recuperado vuelve a ser empleado para la fusión original que fue creado o similar, se denomina reutilización. Los objetivos principales de emplear las tecnologías de recuperación son: reutilizar de forma directa los materiales recuperados y obtener materias primas útiles para la creación de nuevos productos

TECNOLOGÍAS DE ELIMINACIÓN FINAL A VERTEDERO

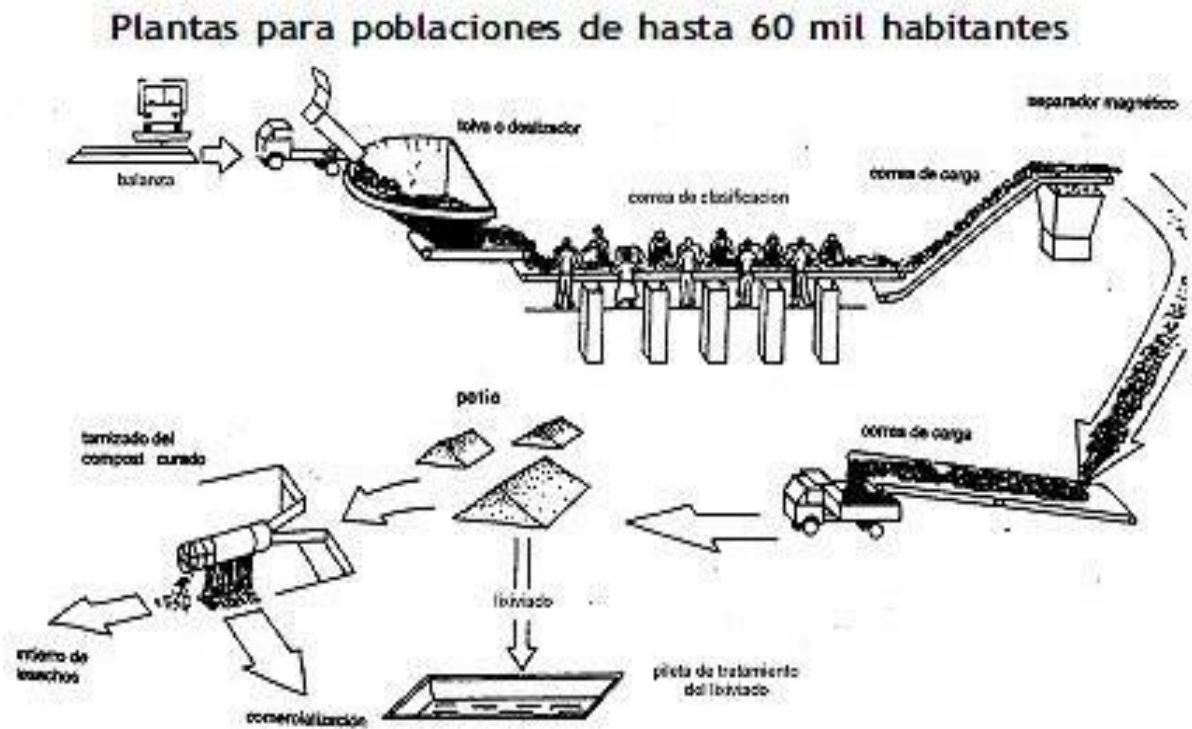
J. C. S. Cobo (2011). Los vertederos controlados son los encargados del manejo de los residuos que son considerados como no aprovechables. Para que un vertedero sea considerado como vertedero controlado debe reunir una serie de condiciones que eviten cualquier tipo de efectos nocivos sobre los seres humanos o deterioro ambiental del entorno. Los residuos son depositados y compactados sobre el suelo, en capas de poco espesor, para luego ser cubiertos de forma diaria o en intervalos de tiempo cortos mediante un manto de tierra.

PRINCIPALES EQUIPOS EMPLEADOS

En una planta de clasificación de residuos sólidos urbanos nos podemos encontrar con un gran número de máquinas y equipos complementarios, entre las más comunes tenemos: cribas, bandas transportadoras, prensas, carros contenedores.

En él figura N° 002 se puede observar una distribución típica de una planta de clasificación de RSU con su respectivo equipamiento.

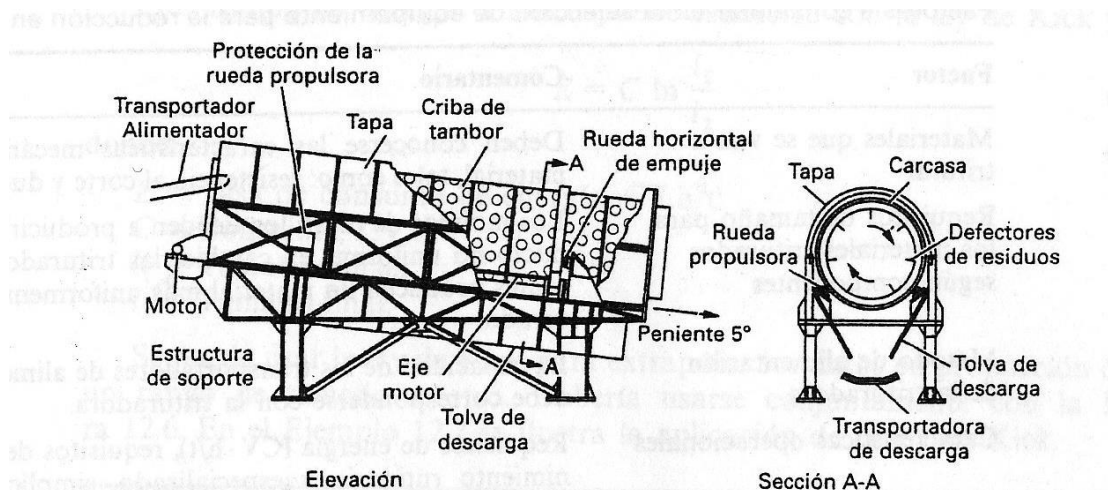
Figura N° 002: Planta de Reciclaje de RSU.



CRIBA (TRÓMEL)

G. Tchobanoglous (1994). De todos los distintos tipos de cribas existentes en la industria el trómel (ver figura N° 003) es el que más se emplea para la gestión de residuos sólidos urbanos, su diseño está basado en los siguientes parámetros: diámetro, longitud, velocidad de rotación, ángulo de inclinación, tasa de alimentación, entre las más importantes [14]

Figura N° 003: Partes principales del trómel.



TRANSPORTADORAS

L. H. F. (2008). Las transportadoras, más conocidas como bandas o cintas (ver figura 004), son las que se encargan de mover los residuos sólidos desde un punto a otro, esto facilita mucho algunos procesos como: el flujo de descarga, selección, procesamiento, transporte. El objetivo principal de las transportadoras es asegurar que el flujo sea constante.

J. C. S. Cobo (2011). Una transportadora es una cinta sin fin, asentada sobre rodillos que giran libres conducida por medio de un rodillo motriz ubicado en el extremo. La cinta puede estar fabricada por materiales como goma, lona o sintéticos, en el caso de manejo de materiales ligeros. Para aplicaciones pesadas se usan cinta de acero bisagras.

Figura N° 004: Transportadora.



J. C. S. Cobo (2011). Los transportadores se diseñan en base a la velocidad de la cinta, para el caso de que la cinta sea metálica la velocidad utilizada varía de 0,05 a 0,5 m/s, pero si es de material flexible la velocidad empleada varía entre 0,5 a 2,5 m/s. También es necesario para el diseño saber rendimiento por peso kg/h, la potencia y al espesor del material sobre la cinta.

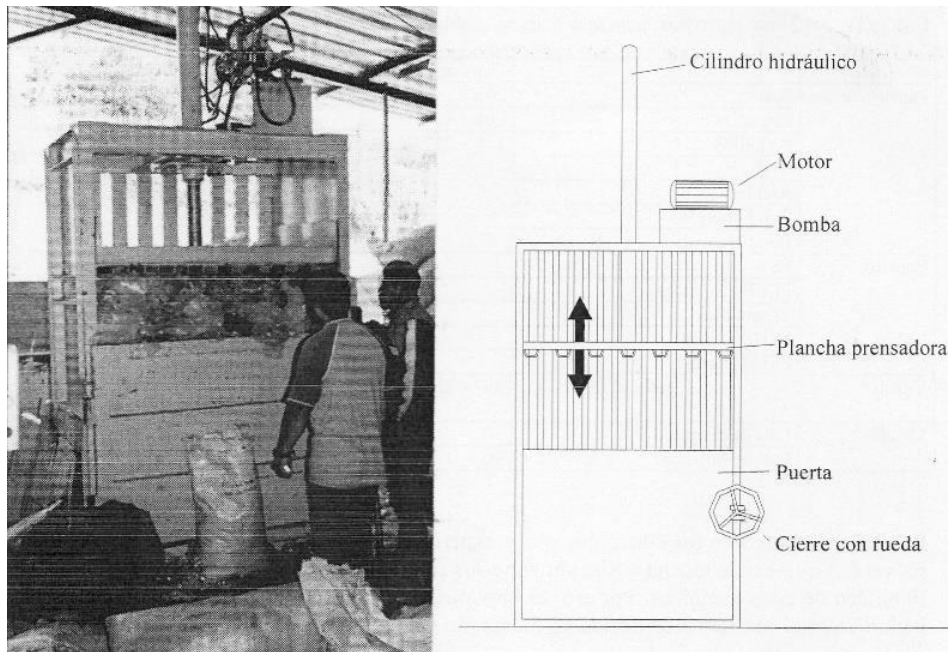
J. C. S. Cobo (2011). Para determinar las necesidades de potencia requería de una cinta transportadora se pueden emplear las siguientes ecuaciones empíricas.

PRENSAS

E. Röben (2003). Los compactadores de material son claves para la comercialización de los residuos recuperados ya que el plástico, papel y cartón, son materiales voluminosos con poco peso, de allí que con una compactación adecuada se pueden reducir el volumen considerablemente, bajando los costos de transporte haciendo más eficiente el proceso.

En la figura N° 005 tenemos el esquema de las partes principales de una prensa hidráulica de cámara baja, este modelo es el más empleado en el manejo de los RSU.

Figura N° 005: Prensa hidráulica para RSU.



En la cuadro 001 se tiene una idea de la relación entre la densidad suelta y compactada de los materiales reciclables más frecuentes, la densidad del material presado depende mucho de la presión máxima de la prensa.

Cuadro N° 001: Peso específico de algunos materiales reciclables. Fuente: E. Róben, El Reciclaje, Loja: Municipio de Loja / DED, 2003

Material		Densidad suelta kg/m	Densidad prensado kg/m
Papel y cartón	Cartón	208	288
	Plegadiza	208	327
	Periódico	178-237	340
	Kraft		269
	Archivo		390
	Bond impreso		401
	Bond blanco		361
Pastico	PET		200-315
	PEHD (soplado)		38-56
	PEHD (funda)		230-238
	PELD (funda)		326
Vidrio		297-326	Densidad triturado de 593-1068
Metales	Lata de aluminio	30	104
	Lata de hojalata	90	167-504

1.3.2. Definición de Términos.

Según el Reglamento de la Ley N° 27314. Ley General de Residuos Sólidos.

- **Basura:** Término que corrientemente se emplea para definir los residuos sólidos.
- **Botadero:** Acumulación inapropiada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria.
- **Botadero Controlado:** Lugar de disposición final de los residuos sólidos que no cuenta con la infraestructura necesaria ni suficiente para ser considerado como relleno sanitario. Puede ser usado de manera temporal debido a una situación de emergencia. En el botadero se dan las condiciones mínimas de operación para que los residuos no se encuentren a cielo abierto; estos residuos deberán ser compactados en capas para reducir su volumen y serán confinados periódicamente con material de cobertura.
- **Clausura de un Botadero:** Es la suspensión definitiva de la disposición final de los residuos sólidos en un botadero. Conlleva a un proceso gradual

de saneamiento, restauración ambiental del área alterada debido a la presencia del botadero y las actividades a realizarse después de la clausura.

- **Conversión de un Botadero:** Es el proceso de transformación de un botadero a un sistema de disposición final técnico, sanitario y ambientalmente adecuado, el cual puede ser un botadero controlado o un relleno sanitario.
- **Contenido de Humedad:** Pérdida de peso (expresada en porcentaje) cuando se seca una muestra de residuos con un peso constantes utilizando una temperatura de 100 – 105°C.
- **Contaminación Ambiental:** Acción que resulta de la introducción del hombre directa o indirectamente al ambiente, de contaminantes que por su concentración, al superar los patrones ambientales establecidos o el tiempo de permanencia, hagan el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza o la salud.
- **Densidad de la Basura:** (Peso Volumétrico) Es la relación entre el peso y el volumen ocupado. La basura tiene una densidad, dependiendo del estado de compresión.
- **Compost.** Material que se genera a partir de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos y sirve como mejorador del suelo agrícola, parques y jardines, y recuperación de tierras no-fértiles.
- **Compostificación:** Proceso controlado de descomposición biológica de los residuos sólidos orgánicos que permite la producción de compost.
- **Gestión de Residuos Sólidos:** Toda actividad administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo de residuos sólidos del ámbito nacional, regional y local.
- **Manejo de Residuos Sólidos:** Toda actividad técnica operativa de residuos sólidos que involucra manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final a cualquier otro procedimiento técnico operativo utilizado desde la generación hasta la disposición final.
- **GPC:** Generación per cápita de residuos sólidos generalmente en kilogramos por habitante por día.
- **Reciclaje:** Reuso de los residuos sólidos, sean tratados previamente o no.

- **Residuos Domiciliarios:** Residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios constituidos por restos alimenticios y otros generados cotidianamente en un domicilio.
- **Residuo Sólido Orgánico:** Son todos aquellos que contienen Carbono en su estructura química y provienen de materia viva tanto vegetal como animal, están representados por residuos de jardinería, restos alimenticios de mercados, industriales y domiciliarios (verduras, frutas, cascaras, huesos, etc.). Se descomponen rápidamente con fuertes olores y son fuente de proliferación bacteriana.
- **Residuo Sólido Inorgánico:** Materia inerte que proviene de material no vivo, incluye la mayoría de los residuos susceptibles de ser recuperados como plásticos, vidrio, papel, latas, metales, telas, etc. No son biodegradables. Proviene en su mayoría de envases y embalajes característicos de los productos comerciales.
- **Ecoeficiencia:** Proporcionar bienes y servicios a precios competitivos, que satisfagan las necesidades humanas y proporcionen calidad de vida, mientras progresivamente reducen los impactos ecológicos y el consumo de recursos a lo largo de su ciclo de vida, por lo menos hasta un nivel acorde con la capacidad de carga estimada de la Tierra.
- **Residuos Comerciales:** Aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: centro de abastos, de alimentos, restaurantes, supermercados, bares, tiendas, centros de comunicaciones, bancos, centros de espectáculos, oficinas de trabajo en general, entre otras actividades comerciales y laborales analógicos.
- **Relleno Sanitario:** Es una alternativa comprobada para la disposición final de los residuos sólidos. Los residuos sólidos se confinan en el menor volumen posible, se controla el tipo y cantidad de residuos, hay ventilación para los gases, se evitan los olores no deseados y hay drenaje y tratamiento para los líquidos que se generan por la humedad de los residuos y por las lluvias.
- **Clausura de un botadero:** Es la suspensión definitiva de la disposición final de los residuos sólidos en un botadero. Conlleva a un proceso gradual de saneamiento, restauración ambiental del área alterada debido a la presencia del botadero y las actividades a realizarse después de la clausura.

- **Contenedores:** Cualquier recipiente de capacidad variable utilizado para el almacenamiento o transporte interno o externo de los residuos.

1.4. VARIABLES.

Sistema de Variables:

Variables independientes: GPC, recolección selectiva de residuos sólidos.

Variables dependientes: Propuesta de diseño de planta de tratamiento de residuos sólidos

1.5. HIPÓTESIS.

Con diseño de una propuesta de planta de tratamiento de residuos sólidos se pretendería reducir la cantidad de residuos sólidos en lugares de destino final (botaderos), de esta manera se produciría menos contaminación ambiental.

CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

De acuerdo a la Orientación:

Aplicada

De acuerdo a la técnica de Contrastación:

Descriptiva

2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

No experimental.

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

- La población estará conformada por el total de viviendas de la Ciudad de Rioja, que suman un total de **6,607 viviendas**.
- Se tomará como muestra **93 familias** residentes en la zona urbana del distrito de Rioja.

Para el cálculo de la muestra se siguió el siguiente procedimiento:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Dónde:

n = muestra de las viviendas
N = total de viviendas
Z = nivel de confianza 95% = 1.96
 σ = desviación estándar
E = error permisible

Reemplazando los datos del distrito de Rioja en la fórmula se obtiene:

N = 6,607 viviendas

Z	=	1.96
σ	=	0.25 Kg./hab./día
E	=	0.053 Kg./hab./día

El tamaño de la muestra es de 84 viviendas, asumiendo el 10% de viviendas como muestra de contingencia se decidió realizar el estudio de caracterización con un tamaño de muestra equivalente a **93 viviendas**.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

Se harán uso de las siguientes técnicas:

- Recopilación de información general de la Ciudad de Rioja.
- Diagnóstico del manejo de los residuos sólidos en el Ciudad de Rioja.
- Selección al azar de las viviendas, a través del muestreo simple aleatorio.
- Aplicación de cuestionarios a las viviendas seleccionadas. (Ver anexo 01 y 02)
- Recolección diaria de los residuos sólidos por vivienda seleccionada.
- Determinación de la densidad de los residuos
- Método de cuarteo para el análisis de composición física de residuos sólidos.

La metodología a emplear para ejecución de los estudios respectivos en la Ciudad de Rioja será la siguiente:

Estudio de mercado: Para ejecución del estudio de mercado se realizará lo siguiente:

- Investigación en los hogares de la Ciudad de Rioja, para ello se investigará sobre: Disposición de la población a contribuir con el proceso de tratamiento de los residuos sólidos municipales.
- Investigación en las autoridades del Ciudad de Rioja: se investigará sobre; Disposición a contribuir con el proceso de tratamiento, grado de aceptación de la instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos, opinión de recogida residuos sólidos por separado, opinión sobre el manejo de residuos sólidos.

Los instrumentos de recolección de datos a utilizar son:

- Cuestionario para ser aplicado a los jefes de hogares seleccionados de la Ciudad de Rioja
- Cuestionario elaborado para ser aplicado a las autoridades Municipales de Rioja
- Cuestionario para ser aplicado a los industriales y comerciantes de la Ciudad de Rioja

2.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Se aplicaron las técnicas estadísticas para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos, éstos fueron organizados y procesados en forma manual y electrónica construyendo tablas, cuadros y gráficos estadísticos, entre otros.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA CIUDAD DE RIOJA.

Las características generales fueron obtenidas del estudio de caracterización realizada en la ciudad de Rioja el 2015. Cuyo resumen se muestra a continuación:

La generación per-cápita de residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Rioja es de 0.59 Kg./hab./día.

Proyección de la generación total de residuos sólidos domiciliarios.

Para proyectar la generación total de los residuos sólidos se procedió a multiplicar la generación per cápita (GPC) por la población urbana de la ciudad de Rioja.

Tabla N° 001: Generación total de residuos sólidos domiciliarios. Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos de la Ciudad de Rioja 2015.

Tipo de residuo	Población (Habitantes) (1)	Generación per cápita GPC (2)	Generación total de residuos (Ton/día) 3 = (1) x (2)
Domésticos	21972	0.59	12.96

Densidad de residuos sólidos domiciliarios.

Se ha determinado la densidad de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Rioja, siendo el dato promedio equivalente de la densidad compactada es de 141.57 Kg. /m³, y la densidad suelta o sin compactar es de 170.41 Kg. /m³. Tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 002: Densidad compactada de residuos sólidos domiciliarios.

Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos de la Ciudad de Rioja 2015.

N°	Fecha	Peso (Kg)	Altura libre del cilindro (m)	Altura fórmula (m)	Volumen	Densidad	Densidad Promedio.
1	29/05/2015	24.4	0.28	0.61	0.15	162.49	
2	30/05/2015	22.2	0.32	57	0.14	158.21	
3	31/05/2015	14.6	0.44	45	0.11	131.79	
4	01/06/2015	21.5	0.2	69	0.17	126.57	141.57
5	02/06/2015	19.7	0.35	54	0.13	148.19	
6	03/06/2015	22.0	0.3	59	0.15	151.47	
7	04/06/2015	19.9	0.17	0.72	0.18	112.27	

Tabla N° 003: Densidad suelta de residuos sólidos domiciliarios. Fuente:

Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos de la Ciudad de Rioja 2015.

N°	Fecha	Peso (Kg)	Altura libre del cilindro (m)	Altura fórmula (m)	Volumen	Densidad	Densidad Promedio.
1	29/05/2015	24.4	0.36	0.53	0.13	187.01	
2	30/05/2015	22.2	0.4	0.49	0.12	184.04	
3	31/05/2015	14.6	0.53	0.36	0.09	164.74	
4	01/06/2015	21.5	0.3	0.59	0.15	148.03	170.41
5	02/06/2015	19.7	0.45	0.44	0.11	181.87	
6	03/06/2015	22.0	0.42	0.47	0.12	190.14	
7	04/06/2015	19.9	0.3	0.59	0.15	137.01	

Composición física de los residuos sólidos domiciliarios.

De la separación y análisis realizados sobre las muestras obtenidas se obtuvieron los datos de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla N° 004: Composición física de residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Rioja. *Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos de la Ciudad de Rioja 2015.*

Tipo de residuos	Cantidad Kg	Composición porcentual
Materia Orgánica	102.30	60.8
Madera, Follaje	8.80	5.2
Papel	4.80	2.9
Cartón	4.90	2.9
Vidrio	1.90	1.1
Plástico PET	5.60	3.3
Plástico Duro	3.40	2.0
Bolsas	10.60	6.3
Cartón Multilaminado de leche y jugos (Tetra Pack)	1.00	0.6
Tecopor y similares	0.70	0.4
Metal	4.20	2.5
Telas, textiles	1.90	1.1
Caucho, cuero, jebe	1.40	0.8
Pilas	0.30	0.2
Restos de medicinas, focos, etc.	0.70	0.4
Residuos Sanitarios	10.00	5.9
Residuos Inertes	5.80	3.5
Total	168.30	100.0

En el cuadro se observa que el mayor porcentaje está dado en materia orgánica (60.8%), seguido por las bolsas plásticas (6.3%); se observa así mismo que el menor porcentaje está dado por pilas (0.2%)

No se ha considerado los residuos sólidos no domiciliarios que hacen un total de 2.15 Tn/día, con que se hace un total de 15.11 Tn/día que se generan en la Ciudad de Rioja.

Determinación de residuos aprovechables a utilizar en la planta de tratamiento: Para ello se trabajó en base a los datos obtenidos en la tabla N° 005, de cual se logró lo siguiente:

Tabla N° 005: Clasificación de residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Rioja. *Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos de la Ciudad de Rioja 2015.*

Componente	Cantidad	Porcentaje
A. Aprovechables (A1 +A2)	128.50	76.35
A1. Compostificables	102.30	60.78
Materia orgánica	102.30	
A2. Reciclables	26.20	15.57
Papel	4.80	
Cartón	4.90	
Vidrio	1.90	
Plástico PET	5.60	
Plástico Duro	3.40	
Metal	4.20	
Caucho, cuero, jebe	1.40	
B. No Aprovechables	28.80	17.11
Madera, Follaje	8.80	
Bolsas plásticas	10.60	
Carton Multilaminado de leche y jugos (Tetra Pack)	1.00	
Tecnopor y similares	0.70	
Telas, textiles	1.90	
Material inerte	5.80	
C. Peligrosos	11.00	6.54
Pilas	0.30	
Restos de medicinas, focos, etc	0.70	
Residuos Sanitarios	10.00	
TOTAL	168.30	100.00

Residuos sólidos a aprovechar en la planta de tratamiento.

Los residuos sólidos a considerar en la planta de tratamiento son los aprovechables, que incluye los compostificables y reciclables que hacen un total de 76.35%, de la cual el 60.78% es materia orgánica y 15.57% son los denominados reciclables (Ver tabla N° 06)

Tabla N° 006: Cantidad de residuos sólidos aprovechables. *Fuente: Elaborada en base a la tabla N° 005.*

Componente	Porcentaje	Cantidad Tn/día
A. Aprovechables (A1 +A2)	76.35	9.90
A1. Compostificables	60.78	7.88
Materia orgánica		
A2. Reciclables	15.57	2.02
Papel		
Cartón		
Vidrio		
Plástico PET		
Plástico Duro		
Metal		
Caucho, cuero, jebe		
B. No Aprovechables	17.11	2.22
Madera, Follaje		
Bolsas plásticas		
Carton Multilaminado de leche y jugos (Tetra Pack)		
Tecnopor y similares		
Telas, textiles		
Material inerte		
C. Peligrosos	6.54	0.85
Pilas		
Restos de medicinas, focos, etc		
Residuos Sanitarios		
TOTAL	100.00	12.96

Cantidad de Residuos sólidos a aprovechar en la planta de tratamiento. 9.89 Tn/día

Determinación de la cantidad de residuos sólidos a aprovechar en la planta de tratamiento.

Para el cálculo se tuvo en cuenta el porcentaje de residuos aprovechables (76.35%) y la cantidad de residuos sólidos domiciliarios generados en total de la ciudad de Rioja (12.96 Tn/día) de cual se obtuvo un total de 9.90 Tn/día de residuos sólidos aprovechables; así mismo se ha considerado que sólo el 75% de

los residuos sólidos generados van a ir a la planta, esto porque se sigue evidenciando que existen residuos sólidos depositados en forma informal en las calles, parques y otros lugares, el mismo que podrá incrementar de acuerdo a los efectos que se tiene en la ejecución del programa de segregación en la fuente.

Tabla N° 007: Cantidad de residuos a utilizar en la planta de tratamiento de la Ciudad de Rioja. *Fuente: Elaborada en base a la tabla N° 01 y tabla N° 06.*

N°	Componente Residuos Aprovechables	Generación de residuos sólidos municipales	Residuos a recepcionar en la planta de tratamiento	Residuos a recepcionar en la planta de tratamiento
		(Tn/día)	(Tn/día)	(Tn/año)
		(A)	(B) = (A) x 75%	(C) = (B) x 365
1	Compostificable	7.88	5.91	2,157.15
2	Reciclable	2.02	1.52	552.98
	Total	9.90	7.43	2,710.13

En el tabla N° 007 se observa que 5.91 Tn/día deberán procesadas en la planta de tratamiento para la obtención de compost (materia orgánica) y 1.52 Tn/día (residuos sólidos reciclables - papel, cartón, vidrio, etc.) transformadas para su posterior venta.

3.1.2. PROGRAMA DE RECOLECCIÓN SELECTIVA EN LA FUENTE PARA LA CIUDAD DE RIOJA.

I. INTRODUCCIÓN

La eliminación de los Residuos Sólidos constituye desde hace mucho tiempo un gran problema para nuestra sociedad; en el caso de los Residuos Sólidos Urbanos el primer eslabón de la cadena del problema empieza desde el momento en que el habitante de la zona se preocupa solamente en deshacerse de ellos, sin preocuparse en lo más mínimo del destino que le espera y de las consecuencias que traerá al medio ambiente; el siguiente eslabón lo constituyen las municipalidades al no impulsar programas alternativos de Gestión de Residuos Sólidos (se dice alternativo, porque el procedimiento "oficial" utilizado es el uso de Rellenos Sanitarios).

Entre los muchos problemas que origina una falta de Gestión de Residuos Sólidos y el crecimiento alarmante de los Residuos Sólido urbanos, se tiene el aumento de los desechos Incontrolados a Cielo Abierto o también conocidos como Botaderos de Basura los cuales contaminan la zona en donde vienen funcionando. Los Rellenos Sanitarios erradican todo tipo de basura, incluso la que puede ser reciclada, lo cual elimina la posibilidad de que algunas plantas industriales puedan comprar estos residuos y emplearlos como materia prima, y quizás el problema más alarmante sea el que familias enteras, incluyendo niños, trabajen como segregadores informales dentro de montículos de basura o en las bolsas de residuos que dejan los vecinos para el recojo municipal, sin las protecciones elementales necesarias para este trabajo estando expuestos a diversas enfermedades, llevándolas a sus familias y éstas a sus vecinos, generando así una cadena de contaminación Sin embargo existen varias experiencias a nivel mundial sobre la Gestión de los Residuos Sólidos.

II. OBJETIVOS.

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Manejo efectivo y responsable de los residuos generados en las 55% de las viviendas de la Ciudad de Rioja.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a. Reducir el volumen de los residuos sólidos en el 55% de las viviendas de la ciudad de Rioja.
- b. Disminuir el consumo de energía y recursos naturales.
- c. Generar nuevos empleos y la expansión de negocios relacionados con el reciclaje.

III. LÍNEA BASE

3.1. DEFINICIÓN.

- **Residuo Sólido Domiciliario.** Generados por las actividades diarias dentro de las viviendas o cualquier otro establecimiento similar.

- **Residuo Sólido Comercial.** Generado por las actividades propias de establecimientos comerciales, tales como: Restaurantes, Mercados etc.
- **Residuo Sólido Institucional.** Generados por las actividades de centros educativos, iglesias, clubes, etc.
- **Residuo Sólido Industrial.** Generados por las actividades propias de la producción.
- **Residuo Sólido Hospitalario.** Generados por hospitales, clínicas etc.
- **Residuos de Construcciones y Demolición.** Generados por obras de construcción, remodelamiento de viviendas y demolición de infraestructura civil.
- **Residuos Industriales asimilables a Urbanos.** Generados por pequeñas industrias, talleres, etc. que por su bajo volumen y baja toxicidad se pueden considerar como Urbanos. Así también, los Residuos Sólidos se pueden clasificar por sus características en
 - **Orgánicos.** Entre ellos tenemos las verduras, frutas, cáscaras de huevo, huesos, carne etc.
 - **Inorgánicos.** Entre ellos tenemos: Papel, cartón, latas, etc. Gran parte de ellos son reciclables.
 - **Con características especiales.** Se separan del resto, debido a que son peligrosos tanto para la salud como para los ecosistemas. Este tipo de residuos requiere de un tratamiento especial y casi en su totalidad no son aptos para el reciclaje.

Selección de los tipos de residuos sólidos.

Un paso importante, una vez conocida la clasificación de los residuos sólidos y seleccionada la Zona de trabajo, es elegir que tipos de Residuos estarán considerados en la planta de tratamiento; es así que se tiene:

- Residuo Sólido Domiciliario.
- Residuo Sólido Comercial.
- Residuo Sólido Institucional.
- Residuos de Construcciones y Demoliciones.

- Residuos Industriales asimilables a Urbanos.

Técnicas de reducción de residuos sólidos.

Las técnicas que se evaluaron para la realización del presente programa fueron:

- **Segregación en la fuente.** Esta técnica consiste en la separación de residuos por parte de los vecinos de la zona, escogiéndose aquellos que puedan ser reciclados. Estos residuos reciclables van en un contenedor a un Centro de Acopio donde son separados y luego comercializados.
- **Reciclaje.** Esta técnica consiste básicamente en la transformación física, química o biológica de los materiales contenidos en los residuos recolectados, de tal forma que puedan ingresar de nuevo al ciclo de producción; para esta técnica, se requiere invertir en una planta de reciclaje.
- **Incineración.** Es un método bastante tecnificado en el cual se logra la incineración a altas temperaturas (mas de 850° C), el cual transforma los Residuos Sólidos en materiales inertes. Mediante este proceso se consigue una reducción del 70%, sin embargo no elimina los residuos, sólo los transforma de sólidos a gaseosos y en cenizas; requiere invertir en un incinerador especial.
- **Compostaje.** Esta técnica consiste en la degradación de la materia orgánica mediante microorganismos aeróbicos. El objetivo es obtener un producto que acondicione los suelos para la agricultura, pero no es un abono; para lograr esto se debe separar los residuos orgánicos y luego enterrarlos para acelerar el proceso de descomposición.
- **Establecimiento de centros recolectores.** Esta técnica consiste en establecer, centros de recolección de Residuos Sólidos Reciclables, en zonas estratégicas, de tal forma que los vecinos se desplacen hasta dichos lugares para depositar sus Residuos. Cada una de estas técnicas, presentan una serie de ventajas y desventajas las principales se resumen en el cuadro N° 001.

Tabla N° 008. Ventajas y desventajas de las técnicas de reducción de residuos sólidos.

Técnica	Ventajas	Desventajas
Segregación en la fuente	No requiere de una alta en inversión.	Requiere un proceso de sensibilización
	Existe mercado.	La recuperación de la inversión es lenta.
	El reciclaje lo realiza la empresa que compra los residuos.	Requiere implementar un servicio a parte de recojo.
	Disminuye el consumo de recursos naturales.	
Reciclaje	Existe mercado	Requiere de una fuerte inversión.
	Disminuye el consumo de recursos naturales	Requiere un proceso de sensibilización. Se debe implementar un servicio a parte de recojo.
Incineración	No requiere de sensibilización	La inversión es muy alta.
	Se puede usar el servicio normal de recojo	Se imposibilita el reciclado de algunos residuos. Existe peligro de contaminación.
Compostaje	Existe mercado	El poblador debe llevar sus residuos al centro recolector.
	No requiere de una alta inversión	Requiere de una alta sensibilización.
	El reciclaje lo realiza la empresa que compra los residuos	La recuperación de la inversión es lenta
	Disminuye el consumo de recursos naturales.	Requiere implementar un servicio a parte de recojo.

IV. DEFINICIÓN DE MATERIALES CON MAYOR POTENCIAL DE PARA SER CONSIDERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

Para la determinación de los residuos sólidos a ser considerados en la planta de tratamiento se tomó en cuenta lo establecido en el ítem 3.1.1 del Capítulo III – Resultados. Dichos datos se muestran a continuación:

Los residuos sólidos a considerar en la planta de tratamiento son los aprovechables, que incluye los compostificables y reciclables que hacen un total de 76.35%, de la cual el 79.61% es materia orgánica y 20.39% son los denominados reciclables (**Ver tabla N° 06**).

Determinación de la cantidad de residuos sólidos a aprovechar en la planta de tratamiento.

Para el cálculo se tuvo en cuenta el porcentaje de residuos aprovechables (76.35%) y la cantidad de residuos sólidos domiciliarios generados en total de la ciudad de Rioja (12.96 Tn/día); así mismo se ha considerado que sólo el 55% de los residuos sólidos generados van a ir a la planta, esto porque se sigue evidenciando que existen residuos sólidos depositados en forma informal en las calles, parques y otros lugares.

Tabla N° 009: Residuos a ser recolectados para ser consideradas en la planta de tratamiento. *Fuente: Elaborada en base a la tabla N° 01 y tabla N° 07.*

N°	Componente Residuos Aprovechables	Generación de residuos sólidos municipales	Residuos a recepcionar en la planta de tratamiento	Residuos a recepcionar en la planta de tratamiento
		(Tn/día)	(Tn/día)	(Tn/día)
		(A)	(B) = (A) x 75%	(C) = (B) x 365
1	Compostificable	7.88	5.91	2,157.15
2	Reciclable	2.02	1.52	552.98
	Total	9.90	7.43	2,710.13

V. DETERMINACIÓN DEL DESTINO PARA LOS RESIDUOS TRATADAS EN LA PLANTA.

El producto obtenido del tratamiento de los residuos compostificables, serán vendidas a los agricultores a un peso al alcance de bolsillos. Así mismo se coordinará con la Municipalidad Provincial de Rioja, para que se negocie este material para ser utilizada en los parques jardines de la Ciudad de Rioja.

Se pretende asociar a los recicladores que viene reciclando en forma informal tanto en las calles y en el botadero municipal para formalizarlos, para que luego se conviertan en posibles postores en el reciclaje en las viviendas, establecimientos y otros en la ciudad de Rioja, logrando con ello fomentar fuentes de trabajo a través de inclusión de estas personales en el reciclaje formal. Dichos productos serán vendidos a las diferentes Empresas Comercializadoras de Residuos Sólidos de la ciudad de Rioja, de Moyobamba y o de otras ciudades.

En el siguiente cuadro se presenta las Empresas Comercializadoras de Residuos Sólidos y los precios por cada residuo a reciclar de la ciudad de Rioja y Moyobamba:

Tabla N° 010: Empresas comercializadoras de residuos sólidos en la ciudad de Rioja y Moyobamba. *Fuente Municipalidad Provincial de Rioja. 2015*

N°	Nombre	Tipo de residuos	Costo x Kg S/.
1	Empresa Recicladora A&M E.I.R.L	Botellas PET	1.50
		Botellas PEBD	0.40
		Cartón	0.20
		Papel	0.50
		Fierro	0.40
2	Recicladora Melita	Botellas PET	1.60
		Botellas PEBD	0.40
		Cartón	0.20
		Papel	0.50
		Fierro	0.45

Así mismo se ha determinado los usos que se le puede dar los residuos sólidos reciclables, los mismos que se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla N° 010: Uso de los residuos sólidos reciclables.

Tipo de Residuos	Descripción del producto que genera el residuo	Información del uso final
Plástico PET	Envases de gaseosas, cítrus, etc.	Colchas polares, cinchos, envases de gaseosas, etc.
Plástico Duro	Envases de lejía, yogurt, champú, baldes de plástico, etc.	Tinas, baldes, bolsas, etc.
Papel	Hojas de cuaderno, libros, guías telefónicas, catálogos, etc.	Papel reciclado
Metales	Chatarra (Latas, fierros, calaminas, etc.)	

VI. RECOLECCIÓN SELECTIVA DE RESIDUOS SÓLIDOS.

6.1. RECIPIENTES.

Se definió las bolsas plásticas y sacos de polietileno en corto plazo, para luego implementarlos con Tachos de basura con los colores pertinentes.

6.2. RECOLECCIÓN.

El procedimiento de la recolección selectiva se realizara en el marco de la Ley N° 29419, que refiere a la formalización de los recicladores ya que contamos con recicladores formalizados y comercializadores también se cuenta con la recolección independiente con recicladores formalizados que realizan la actividad de recolección y comercialización y que no cuenta con vínculo laboral con empresas prestadoras de servicios, comercializadoras o generadoras de residuos sólidos.

6.3. OBLIGACIONES.

Los vecinos que voluntariamente participen del programa estarán en la obligación de realizar la segregación en la fuente mediante las cartillas de información obtenidas y las charlas que reciben, debiendo segregar los residuos sólidos en orgánicos, inorgánicos y peligrosos, para luego ser entregados al proceso de recolección selectiva que estará a cargo de los recicladores formales, siendo la municipalidad la que monitoreo el

procedimiento y los planes de sensibilización con los vecinos participantes.

6.4. **HORARIOS Y FRECUENCIA.**

Los residuos sólidos serán entregados a los operadores inscritos y autorizados por la Municipalidad Provincial de Rioja, para realizar la recolección selectiva y/o comercialización de residuos sólidos entre las 7:00 a.m. a 6:00 p.m. pasando un día, empezando el lunes de cada semana, previa coordinación con los mismos, teniendo en cuenta que los residuos a no recolectar selectivamente (Residuos orgánicos) serán recolectados por los vehículos de la municipalidad en el horario establecido anteriormente.

6.5. **RESPONSABLE.**

Serán los encargados – responsables designados por los administradores de la Planta de Tratamiento en coordinación la Municipalidad Provincial de Rioja, a través de la oficina responsable del servicio de limpieza de la Ciudad de Rioja.

El sistema propuesto para la Recolección de los reciclables estaría basado en una alianza estratégica entre el Municipalidad Provincial de Rioja y el responsable de la Planta de Reciclaje.

Bajo este acuerdo el responsable de la Planta de Reciclaje, con el apoyo de la municipal, gestionará a través de las organizaciones comunitarias que los moradores y las empresas de cada sector compilen por separado los desechos reciclables y lo saquen a las aceras en días determinados. A su vez, esos mismos días los camiones especializados designados recogerán esos materiales y los trasladarán a la Planta de Tratamiento.

La planta de tratamiento es la responsable de Dirigir, Coordinar y Controlar las rutas y horarios de los camiones especializados en la

recogida de los reciclables, tal cual si fueran los camiones de la recogida de basura.

VII. EDUCACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL.

Se pretende ejecutar las siguientes acciones:

Esquema del Plan de Educación:

El esquema en el cual se estructurará la Educación para el Reciclaje en el Municipio Provincial de Rioja contempla tres aspectos que son “Promoción del Programa de Reciclaje”, “Educación Participativa” y “Encuentros ambientales”.

Todas las actividades contempladas dentro de este esquema conllevan una adecuada planificación y una oportuna evaluación la cual medirá si los resultados obtenidos han ido en consonancia con lo esperado en la planificación o en si será necesario redireccionar dichas actividades.

A continuación, se detallan cada uno de los aspectos contemplados dentro del Esquema de Educación Para el Reciclaje de este proyecto:

a. Promoción del Programa de Reciclaje: La Promoción del Programa de Reciclaje será la forma de comunicación inicial a través de la cual se llegará a los munícipes de Rioja

El canal a utilizar para difundir el mensaje y captar la participación de los munícipes hacia el Programa de Reciclaje estará cimentado en las organizaciones comunitarias y esencialmente en sus líderes quienes serán los primeros en recibir las orientaciones y a la vez fungirán de multiplicadores, además se utilizarán materiales impresos.

Otros canales a utilizar serán la pintura de murales, la radio, la televisión, los mensajes a través de celulares y la Internet.

En cuanto al mensaje a promover, éste será codificado en función de los resultados obtenidos en la investigación realizada tanto en la comunidad como en los empresarios y cuyas características esenciales sean la brevedad, precisión y consistencia con que se expongan las ideas.

- b. Educación Participativa:** En esta etapa del esquema educativo del Programa de Reciclaje se captarán los líderes de la comunidad con mejores condiciones y se les dará la oportunidad de que se especialicen en todo lo relacionado a las actividades de reciclaje en el municipio, con el compromiso de que sean enlaces entre sus comunidades y la Dirección del Programa de Reciclaje.

Asimismo, las comunidades participantes en el Programa de Reciclaje recibirán aportes de la Planta de Reciclaje los cuales les servirán para sostener parte de las actividades de sus organizaciones.

- c. Encuentros ambientales:** Por último, el esquema de educación para el Reciclaje contempla la organización de Eventos de gran magnitud en los que tendrán participación ejemplar tanto las autoridades del municipio como los líderes comunitarios. Asimismo, se fomentará la vinculación de esos espacios a Encuentros Ambientalistas en el ámbito nacional.

Los Encuentros Ambientalista constituirán la más alta escala en el esquema de la Educación para el Reciclaje, su característica fundamental será que constituirá el medio a través del cual se escucharán los planteamientos de las organizaciones comunitarias en torno al Reciclaje y el medioambiente de la Municipalidad Provincial de Rioja.

De estos encuentros deberán salir documentos que constituyan propuestas encaminadas hacia el fortalecimiento de las políticas públicas de la Gestión Ambiental en el Municipio Provincial de Rioja y que serán entregados tanto a la Alcaldesa.

Para la elaboración de los referidos documentos las comisiones que sean nombradas constituirán la clave para cumplir con los objetivos propuestos. En tal sentido tanto los participantes como los temas que deberán ser trabajados en esos Encuentros Ambientales y las entidades a las que les competen esos temas se detallan a continuación:

Para el cumplimiento de lo antes estipulado se deberá realizar las siguientes actividades:

1 Información básica para la población

- 1.2 Elaboración y colocación de paneles de sensibilización del Programa de Segregación
- 1.3 Diseño de boletines para el fomento de buenas prácticas ambientales
- 1.4 Distribución de boletines de sensibilización ambiental

2 Fomento de buenas prácticas en instituciones educativas

- 2.1 Diseño de un plan piloto para la difusión y sensibilización en manejo de residuos en II.EE
- 2.2 Murales y paneles
- 2.3 Realización de concursos interescolares

3 Plan piloto de reducción reuso y reciclaje a la población

- 3.1 Diseño de un plan piloto de difusión y sensibilización en manejo de residuos para la población
- 3.2 Campaña de sensibilización casa por casa
- 3.5 Sensibilización y concientización radial
- 3.6 Preparación de material informativo para instituciones empresas (trípticos sobre las 3 R)
- 3.7 Fomento de la reducción de residuos: Campaña bolsa sana

4 Plan piloto de difusión y sensibilización para el pago del servicio

- 4.1 Difusión de las inversiones efectuadas y los beneficios
- 4.2 Difusión para reforzar la actitud de los buenos contribuyentes

3.1.3. ESTRUCTURA CAPAZ DE TRATAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA CIUDAD DE RIOJA, BASADA EN LA SEGREGACIÓN EN LA FUENTE.

TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS COMPOSTIFICABLES

La cantidad de residuos sólidos a tratar diariamente es de 5.91 Tn/día (ver tabla N° 007).

A continuación se detalla los procedimientos a seguir para el tratamiento de los residuos sólidos compostificables:

El proceso consiste en la producción de compostaje:

DEFINICIÓN DE COMPOSTAJE

Se entiende por compostaje al proceso de transformación de la materia orgánica para obtener un producto, compost, con valor agrícola. Debe considerarse el compostaje como una reutilización de los residuos sólidos urbanos.

Una definición adecuada es la que aparece en la norma francesa AFNOR U 44-051, que define el compost urbano como mezcla de los residuos, fundamentalmente urbanos, que sometidos a un proceso de fermentación, alcanzando una temperatura superior a los 60°C durante un periodo superior a 4 días, siendo sometidos a otras múltiples acciones de selección y afino.

El compost es en definitiva una masa constituida por distintos productos, como:

- Materia orgánica heterogénea fermentada (aeróbica y/o anaeróbicamente)
- Producto integrado por agregados estabilizados con adherentes orgánicos de origen microbiano, o estabilizados con cementos inorgánicos, si hay presentes restos de tierra.
- Producto rico en compuestos orgánicos biodegradables y sustancias de naturaleza húmica, derivadas del metabolismo bacteriano y fúngico (melaninas), si no han sufrido un proceso de biometanización.

- Producto rico en sustancias no biodegradables de origen antrópico (urbano e industrial), cuando no ha habido una correcta “recogida selectiva de basuras.
- Producto rico en sustancias propias del catabolismo microbiano del proceso fermentativo aerobio y/o anaerobio.
- Producto rico en iones (aniones y cationes) liberados de la evolución de los RSU aportados al proceso de compostaje.
- Producto rico en componentes biológicos, cuya configuración depende de los procesos de fermentación aeróbica y/o anaeróbica , y maduración que hayan sufrido los RSU de partida.

PROCESOS DE FERMENTACION DE RESIDUOS

Es necesario señalar aquí que el compostaje puede tener dos fines diferenciados, que siempre deben tenerse en cuenta:

- Compostaje como proceso de tratamiento de los residuos
- Compostaje como sistema de producción de compost, humus y nutrientes para fines agrícolas.

Un proceso de fermentación de residuos integra al menos las siguientes etapas:

- Selección y trituración de la materia orgánica
- Fermentación
- Afinado del compost
- Eliminación o tratamiento de los rechazos del proceso.

La selección y trituración pretenden:

- Recuperar los elementos reutilizables y reciclables.
- Separar los productos rechazables.
- Eliminar productos perjudiciales para los suelos.
- Eliminar los productos tóxicos e inhibidores del proceso.
- Dar el tamaño de partículas más adecuado para el proceso de compostaje.

FERMENTACIONES AEROBIAS Y ANAEROBIAS

Los procesos de fermentación pueden ser aerobios o anaerobios, pudiendo tener lugar en los vertederos, en reactores de tipo natural o en reactores artificiales. El proceso depende fundamentalmente de parámetros como: composición de los residuos, biodegradabilidad, tamaño de las partículas, mezcla, pH, humedad y temperatura.

El proceso anaerobio, en los rellenos sanitarios, genera cantidades significativas, que de escaparse a la atmosfera, contribuyen al efecto invernadero.

La fermentación aerobia es muy sensible a la temperatura.

La fermentación anaerobia incluye una etapa de hidrolización, una etapa de formación de ácidos y una etapa metánica. La producción de gas es muy variable, variando de los 45 m³/t de basura a los 450 m³/t de basura. Las calorías de este gas del orden de las 4670 kcal/ m³, pueden llegar hasta las

9.300 kcal/ m³, según la incorporación de otros residuos biodegradables unidos a los residuos sólidos urbanos. En grandes plantas es indudable la conveniencia de su aprovechamiento

PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Tratamiento previo de los residuos

Tanto en el proceso aerobio, como en el anaerobio, un sistema de tratamiento previo es necesario antes del compostaje de los residuos sólidos. El tratamiento, como ejemplo general en plantas grandes, integraría los siguientes elementos:

PRETRATAMIENTOS PREVIOS AL COMPOSTAJE

- Descarga de camión en foso
- Foso de recepción

- Separador de voluminosos
- Pulpo de alimentación a tolva
- Tolva de alimentación a cinta transportadora
- Cinta de velocidad variable de alimentación trómel separador de orgánicos
- Trómel separador orgánicos (paso de 80 mm.) dotado de cuchillas abre-bolsas
- Cintas de orgánicos, paso desde el trómel hacia proceso de compostaje
- Cintas de los materiales salidos del tromel a plataforma de triaje manual
- Separadores de férricos y no férricos en la línea de orgánicos
- Recuperación de plásticos

Sistema que puede por supuesto simplificarse en pequeñas instalaciones, pasando a procesos manuales la mayor parte.

Con el siguiente diagrama de proceso

Figura N° 006: Diagrama de flujos de una planta de clasificación y recuperación que debe instalarse de forma previa al proceso de compostaje.

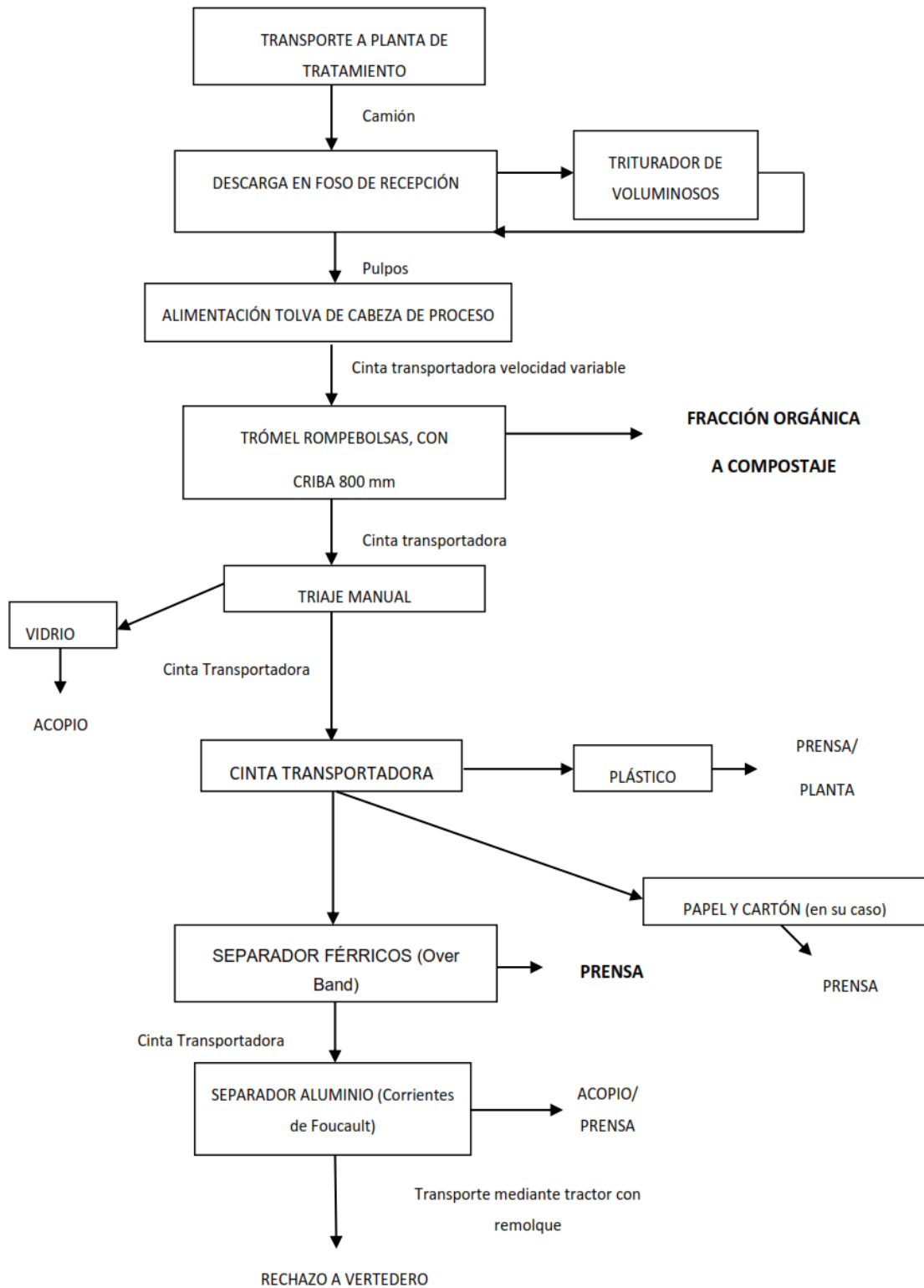
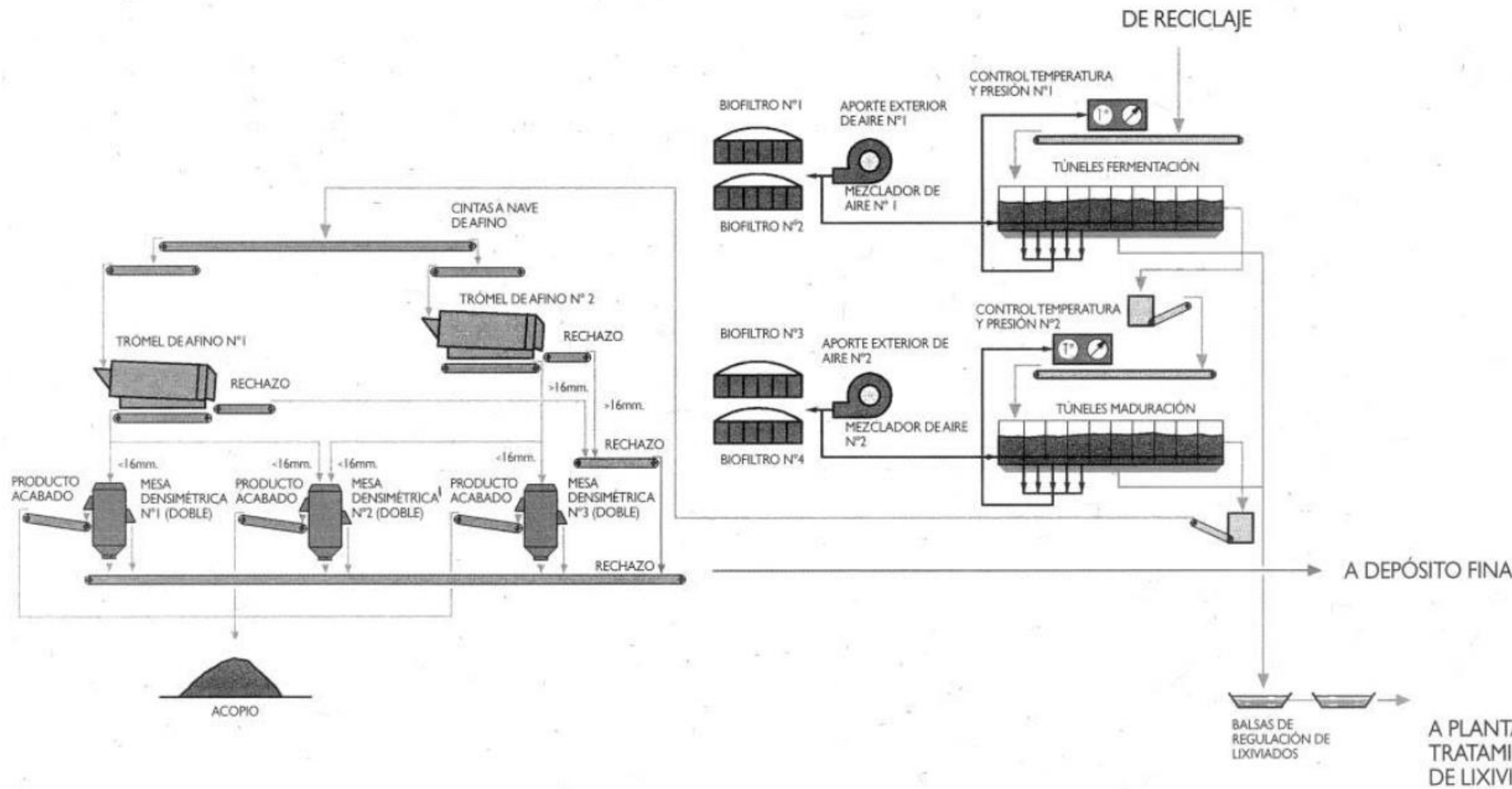


Diagrama N° 001: DIAGRAMA DE PROCESO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE Y AFINO DEL CTRSU – LAS DEHESAS. COMPLEJO VALDEMINGÓMEZ, MADRID.



PROCESOS DE LOS SISTEMAS DE COMPOSTAJE

Los sistemas utilizados se pueden clasificar en dos grupos: abiertos y cerrados. En los primeros, el compostaje se realiza al aire libre, en pilas o montones, mientras que en los segundos, la fase de fermentación se realiza en reactores.

Los procesos más utilizados son los sistemas aerobios, y dentro de estos, los sistemas abiertos son los más utilizados en USA, mientras que los sistemas en fermentador cerrado son denominados con frecuencia “europeos” en razón de su origen.

Tabla N° 010: Uso de los residuos sólidos reciclables. *Fuente: Gasser,1984*

SISTEMAS ABIERTOS	
Apilamiento estático	- con aire por succión
	- con aire soplado en conjunción con control de temperatura
	- ventilación alternante (succión y soplado) y control de temperatura
Apilamiento con volteo	
Apilamiento con volteo y aireación forzada	
SISTEMAS CERRADOS	
Reactores verticales	- Continuos
	- Discontinuos
Reactores horizontales	- Estáticos
	- Con rotación

Los procesos de compostaje tienen como finalidad facilitar el control y la optimización de parámetros operacionales, para obtener un producto final con la suficiente calidad, tanto desde el punto de vista sanitario como de su valor fertilizante. El acortamiento del tiempo del proceso, la disminución de los requisitos de espacio y energía y de la seguridad higiénica de la planta de tratamiento son también factores decisivos para el diseño de estos sistemas de compostaje.

ESPECIFICACIONES PARA EL COMPOST

Según la norma francesa pueden clasificarse los tipos de compost, atendiendo al grado de maduración, en:

- Compost urbano fresco, cuando el periodo de fermentación es inferior a 4 días.
- Compost urbano semi maduro, cuando la maduración es incompleta, presentando una relación de C/N entre 25 y 60.
- Compost urbano maduro, cuando la relación de C/N es inferior a 20.

En cuanto a la granulometría (malla cuadrada), la norma francesa los clasifica en:

- Compost muy fino, inferior a 6,3 mm.
- Compost fino, inferior a 12,5 mm
- Compost medio, inferior a 40 mm.
- Compost grosero, igual o superior a 40 mm.

Para cualquier tipo de compost urbano debe garantizarse un contenido de materia orgánica superior al 20%, referido a materia seca, y debe tener un contenido de nitrógeno inferior al 2%. El aspecto es el de un mantillo negruzco y granulado, que no debe desprender olores.

Especificaciones sobre parámetros físicos y químicos

El aspecto más importante es sin duda la clasificación granulométrica del producto, que nunca debe pasar de 30 ó 35 mm. El mejor compost será el de granulometría fina, es decir con tamaño inferior a los 8 mm.

CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

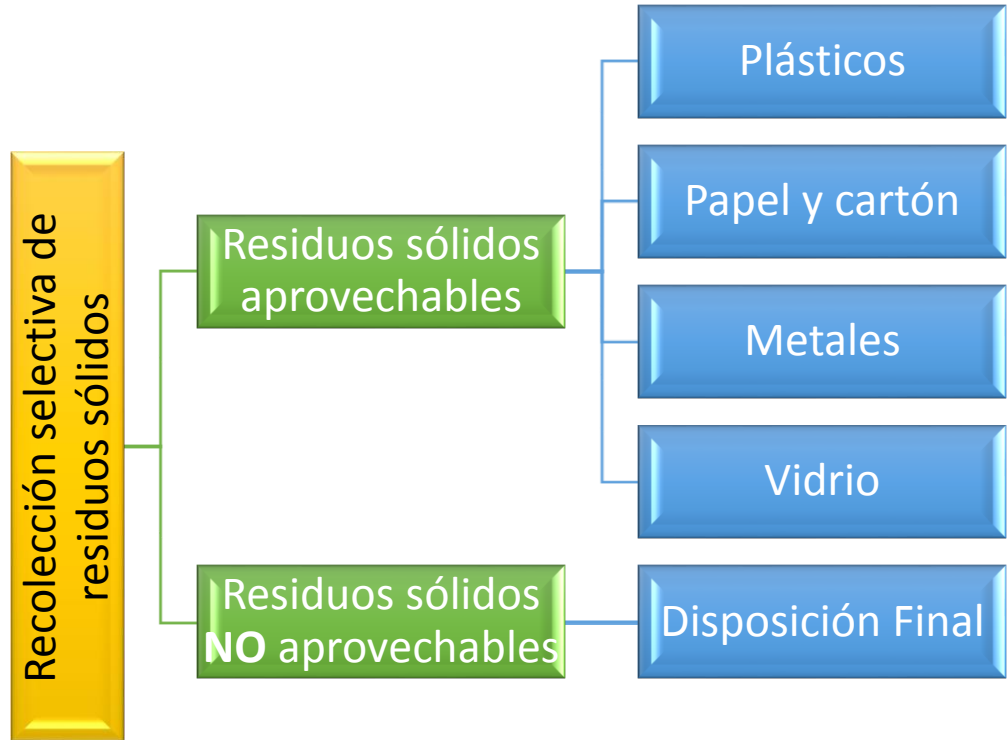
El compost, después de una maduración conveniente, tiene un contenido de materia orgánica del orden del 35% de la materia seca. El contenido de carbono orgánico se mueve entre un 15% y un 20%. El contenido de celulosa garantiza un contenido de humus estable.

El contenido de humus puede verse en la tabla siguiente, en comparación con un estiércol con importante contenido de paja.

TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS RECICLABLES

Como primer paso se estableció un diagrama del proceso a los que serán sometidos los residuos sólidos, para determinar los equipos necesario es cada etapa.

Figura N° 007: Esquema de etapas

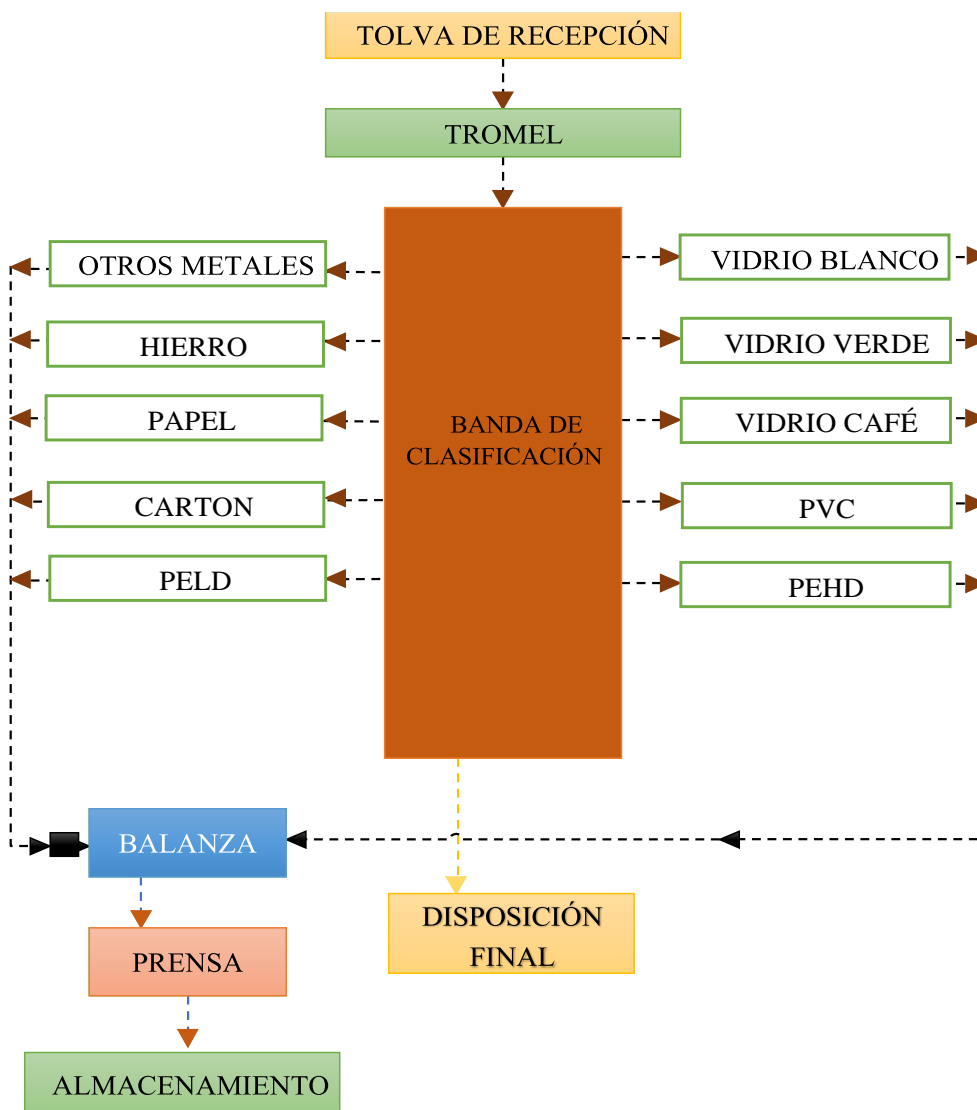


El esquema por etapa indica el camino que tendrían que recorrer los residuos sólidos para ser tratados adecuadamente, además muestra que la mejor manera para procesarlos es tratar que los ciudadanos separen los mismos en el origen (en sus hogares) entre residuos sólidos orgánicos (restos de cocina o putrescibles) y residuos sólidos inorgánicos (no putrescibles), siendo estos últimos los de interés para la creación de la planta recicladora.

De la Tabla N° 009 podemos obtener que el porcentaje de los materiales posibles a ser recuperados en la planta es de alrededor del 76.35%, esto nos indica que de las 12.96 toneladas generadas por día, 1.52 Tn/día de residuos sólidos reciclables serían las tratadas en esta planta.

Un diagrama de flujo aportaría lo necesario para determinar la maquinaria y equipo básicos para procesar los residuos sólidos, por tal motivo se propone el siguiente diagrama:

Figura N° 008: Diagrama de flujo de los residuos sólidos.



En la figura N° 008 se presentan las diferentes etapas conformadas por máquinas y/o equipos por las que atravesarán los residuos sólidos, siendo la primera la tolva de recepción, siguiendo a un trómel separador, para posteriormente dirigirse a una banda de clasificación manual, en donde se realizará la selección de los materiales de interés para la planta, los mismos que serán pesados y prensados para su venta.

La Planta de Reciclaje que se ubicará en la Ciudad de Rioja, contará con lo siguiente:

ZONA DE DESCARGA (TOLVA DE RECEPCIÓN)

La tolva de recepción sirve para recibir los residuos sólidos descargados de los carros recolectores, en ella los obreros se encargarán de abrir las fundas y separar los objetos voluminosos para evitar que estos ingresen en el trómel.

Para dimensionar el área de descarga es necesario tener en cuenta la información siguiente:

- La cantidad de RSU inorgánicos descargados será en la planta de 1.52 Tn/día.
- La altura promedio de las bolsas de basura es de 40 cm.
- La densidad promedio de los residuos sólidos es de 141.57 kg/m^3
- La forma del área de descarga es en V con la punta en dirección a la planta de reciclaje. (Según lo recomendado por E. Róben, El Reciclaje, 2003.)
- Una inclinación del 3% para facilitar el manejo de RSU, facilitando la labor de los obreros. (Según lo recomendado por E. Róben, 2003.)
- Profundidad máxima de 1m para evitar la generación de aguas lixiviadas y de malos olores. (Según lo recomendado por E. Róben, 2003.)

Como el área de descarga recibe como máximo 1.52 toneladas en un día con una densidad de 141.57 kg/m^3 , el volumen V ocupado por esa cantidad se calcula con:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Lo que tenemos lo siguiente:

$$\frac{141.57 \text{ kg}}{\text{m}^3} = \frac{1520 \text{ kg}}{V}$$
$$V = 10.74 \text{ m}^3$$

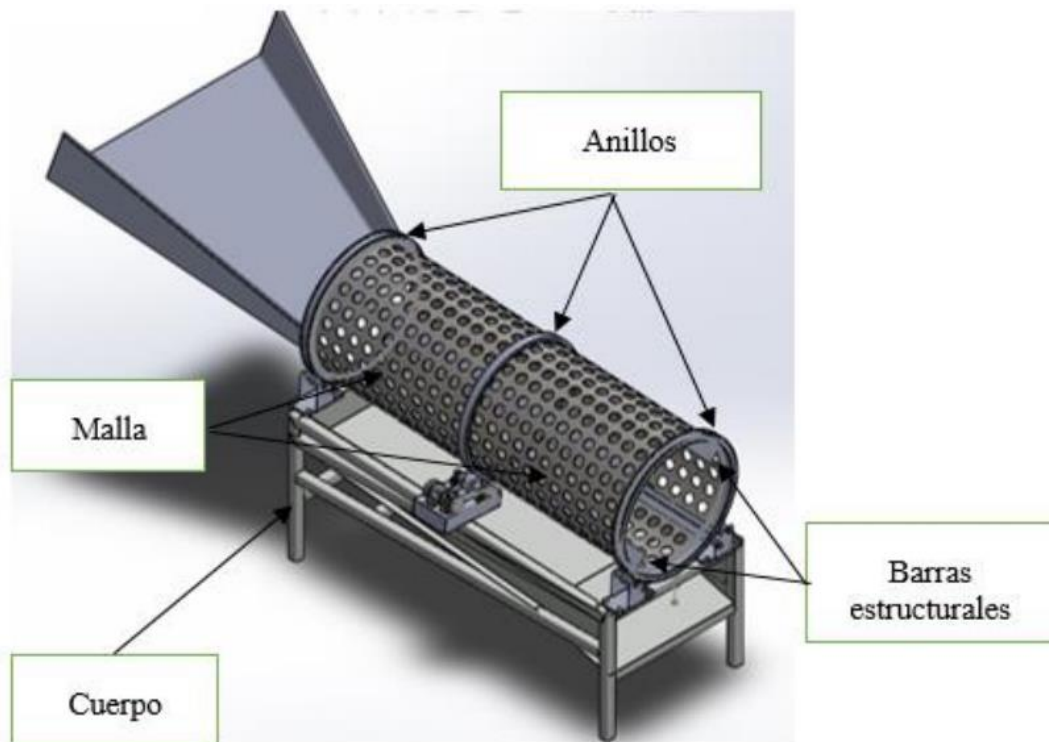
Considerando el volumen de residuos y la información antes descrita se realiza la siguiente propuesta de diseño.

TRÓMEL SEPARADOR. En la figura N 009 se muestra un trómel separador con

sus diferentes partes, con el fin de facilitar su comprensión a medida que se calcula sus diferentes componentes. Para su diseño es necesario contar con la tasa de carga, mismas que nos ayudara a determinar el diámetro y la velocidad de operación.

Los operarios que se encuentran en la banda de clasificación tienen que destinar un tiempo para la separación manual por tipo de residuos, también tienen que pesarlos, prensarlos y almacenarlos. Todo esto luego de haber separado por grupos en la banda de clasificación, para esto es necesario parar los equipos. Por tal motivo el turno de trabajo en la banda de clasificación y el trómel será de 4 horas.

Figura N° 009: Trómel separador



BANDA TRANSPORTADORA PARA SEPARACIÓN MANUAL

En los cálculos preliminares se involucran los parámetros iniciales de diseño de la banda, tales como flujo, tipo de transporte por banda, material a manejar, velocidad, espesor de los residuos sobre la banda y largo de la misma.

El flujo base para el diseño es:

$$Q_b = 0.18 \text{ kg/s}$$

TIPO DE BANDA Y MATERIAL A MANEJAR

La banda a calcular será utilizada para separación manual de los residuos, por lo cual debe ser plana con canales o contenedores laterales que eviten el desbordamiento de los residuos y apoyada sobre rodillos. Además, debe cumplir con unas condiciones ergonómicas básicas, puesto que frente a ella y en toda su longitud se dispondrá personal que cumpla la función de separación manual.

Por otro lado, el material a manejar corresponde a residuos sólidos municipales, los cuales contienen elementos de distintos tamaños y densidades, cortantes, abrasivos y con bajos niveles de humedad.

VELOCIDAD DE LA BANDA

Para bandas de transportadoras empleadas en separación manual de materiales, distintos autores recomiendan con base en estudios experimentales velocidades entre 0,075 m/s y 0,25 m/s (**G. Tchobanoglous 1994**) (**F. J. Colomer Mendoza y A. Gallardo Izquierdo, 2010.**)

Para el diseño de la banda transportadora se tomó como referencia una velocidad de 0,1m/s [23] para un diseño más eficaz.

$$V_b = 0,1m/s$$

LIMITACIONES ERGONÓMICAS DEL ANCHO Y LA ALTURA DE LA BANDA.

El ancho y la altura de la banda dependen antropométricamente de una superficie de trabajo basada en datos antropométricos. En los gráficos 3.20 y 3.21 se presentan las dimensiones tomadas como base para determinar el ancho y la altura de la banda.

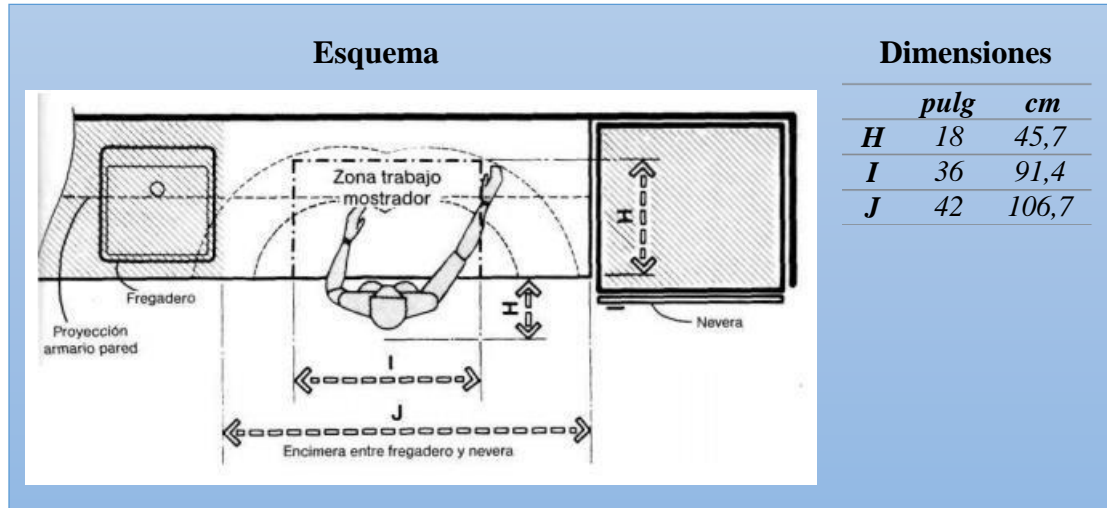


Gráfico N° 002: Espacios horizontales antropométricos para un banco de trabajo. Fuente: J. Panero. 1996.

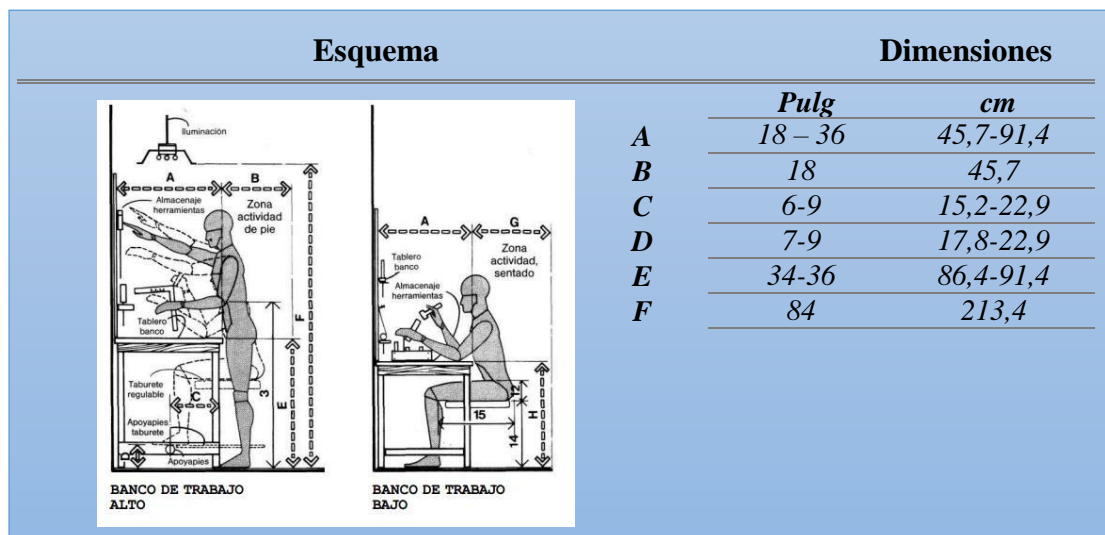


Gráfico N° 003: Espacios horizontales antropométricos para un banco de trabajo. Fuente: J. Panero. 1996.

Con base en la información proporcionada en el gráfico 3.20, se concluye que el ancho efectivo de diseño de la banda es:

$$b_0 = 600 \text{ mm}$$

El ancho máximo permisible para el sistema de transporte es:

$$B = 800 \text{ mm}$$

Con base en información proporcionada en para 3.21, se concluye que la altura de la banda (distancia medida desde el suelo hasta la banda de caucho) es:

$$h_b = 880 \text{ mm}$$

La altura máxima permisible para el sistema de transporte (distancia media del suelo a la parte más alta de los contenedores laterales) es:

$$H = 980 \text{ mm}$$

La altura mínima permisible para el sistema de transporte es: $h_o = 760 \text{ mm}$

En el gráfico 3.22 se muestran la banda transportadora diseñada bajo los parámetros expuestos anteriormente.

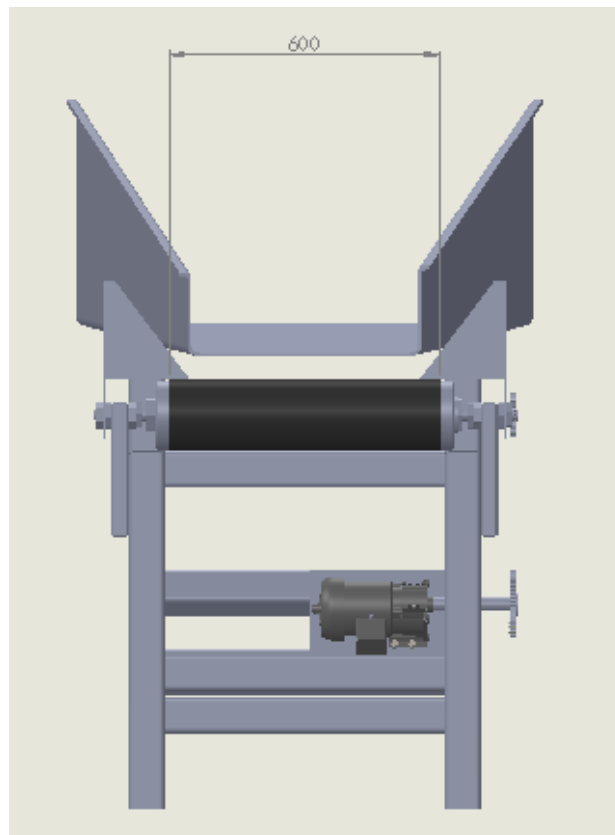


Gráfico N° 004: Banda transportadora.

ESPESOR DE LA MASA DE RESIDUOS SOBRE LA BANDA

El espesor de la masa de residuos sobre a banda se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_{wbp} = \frac{Qb}{Vb \cdot \rho_{RSU} \cdot b_0}$$

Donde:

Qb = tasa de carga o flujo base, kg/s.

ρ_{RSU} = densidad de los residuos, kg/m³. (141.57 kg/m³)

b_0 = ancho efectivo de banda, m.

Reemplazando valores se obtiene:

$$S_{wbp} = 0.212 \text{ mm}$$

El espesor calculado corresponde al valor promedio de la masa de residuos. Es por esto que este espesor se ajusta al tamaño promedio de un objeto contenido dentro de los residuos, como podría ser una botella de plástico por ejemplo con un diámetro promedio de 100 mm. La altura de los contenedores laterales corresponde al espesor de 100 mm.

$$S_{wb} = 100 \text{ mm}$$

Este valor sirve de base para determinar más adelante la masa de residuos sobre la banda.

LARGO DE LA BANDA (DISTANCIA ENTRE CENTROS)

El largo de la banda depende del número de personas dispuestas en toda su longitud. Este número se define de acuerdo a la cantidad de residuos por unidad de tiempo que pueden ser seleccionados por un operario; y de acuerdo a la cantidad de residuos que deben ser recuperados en banda diariamente.

En la tabla 001 se presenta unas tasas de selección para operarios con práctica en la separación de residuos sobre banda. Estas tasas se toman como referencia para determinar el número de personas necesarias sobre la banda y junto con las cantidades de RSU a recuperar. (*G Tchobanoglos. 1994.*)

Tabla 011: *Tasas de selección y cantidades de RSU a recuperar en la banda. Fuente: G Tchobanoglos. 1994.*

<i>Material</i>	<i>Tasa de selección (Ton/persona/h)</i>	<i>Cantidad de RSM a recuperar (kg/h)</i>	<i>Nro. de personas necesarias</i>
<i>Papel</i>	<i>1,7</i>	<i>115,16</i>	<i>1</i>
<i>Plástico</i>	<i>0,7</i>	<i>199,53</i>	<i>1</i>
<i>Vidrio</i>	<i>0,4</i>	<i>158,7</i>	<i>1</i>
<i>Metales</i>	<i>0,3</i>	<i>68,98</i>	<i>1</i>

Se emplean cinco personas por banda separadas 1 metro, y se dejan 2 metros para el espacio ocupado por la transmisión de potencia. Así que la distancia entre centros de la banda es:

$$l_0 = 7m$$

MESAS DE SEPARACIÓN DE MATERIALES POR CADA UNO DE LOS GRUPOS

Luego que los materiales son separados por grupos sobre las bandas de transporte y depositados en canecas, se llevan a mesas independientes donde se separan los componentes de cada grupo.

Las dimensiones de estas mesas están sujetas a condicionamientos antropométricos, tal como se vio en la sección anterior para la banda transportadora.

Por cada grupo se disponen dos personas para la separación manual, por lo que las dimensiones basándose en la información de las gráficas 3.20 y 3.21 quedan así:

Altura: 90 mm

Ancho: 1.000 mm

Largo: 2.000 mm

Con una altura de 90 mm las mesas quedan diseñadas para que los operarios puedan trabajar sobre ellas tanto de pies como sentados.

El número de mesas necesarias está determinado por los grupos de residuos a separar; como se vio anteriormente se identificaron 4 grupos de materiales a recuperar (vidrio, metales, plástico, papel).

CAROS O CANASTAS PARA MATERIALES RECUPERADOS

El equipo que se escogerá deberá cumplir con los siguientes criterios:

- Fácil de manejar por una persona (dimensiones apropiadas).
- Aplicable a todos los materiales recuperables.
- Fácil de limpiar.
- Resistente contra la agresión química y mecánica.
- Fácil de llenar y vaciar.
- Mantener los costos bajos.

Para el caso de la EMMAIPC-EP se ha diseñado una propuesta de una planta de un nivel, en la cual es más recomendable el uso de carritos manuales para el almacenamiento y transporte interno de los materiales.

Los carros se pueden fabricar de planchas metálicas o de malla, esta última en caso de que los residuos sólidos urbanos no sean clasificados, ya que es importante los orificios para evacuar aguas lixiviadas y aguas de limpieza, también deben ser resistentes a la agresión química de la basura y al manejo diario dentro de la planta de clasificación.

En el gráfico se observan los dos tipos de carritos para tratar los RSU dentro de la planta.

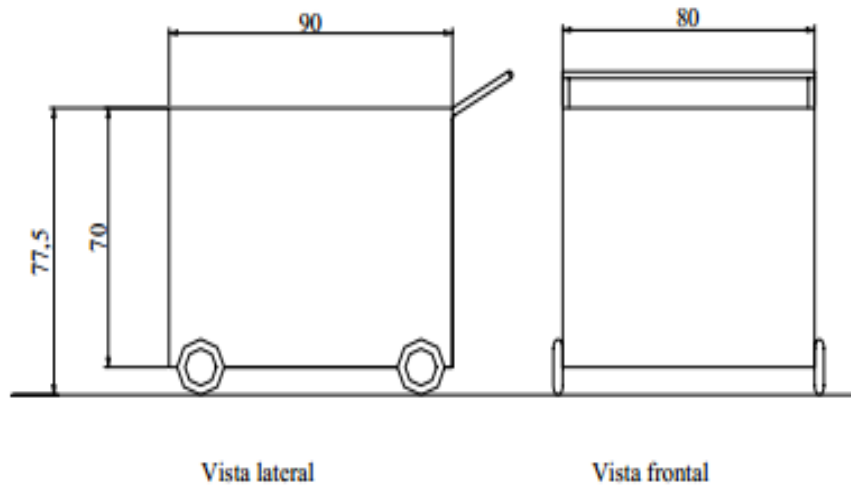


Gráfico 005: Carrito metálico. Fuente: *E. Röben. 2003*

En el gráfico 3.29 se muestra el manejo de estos equipos dentro de las instalaciones de la planta de clasificación de residuos sólidos.

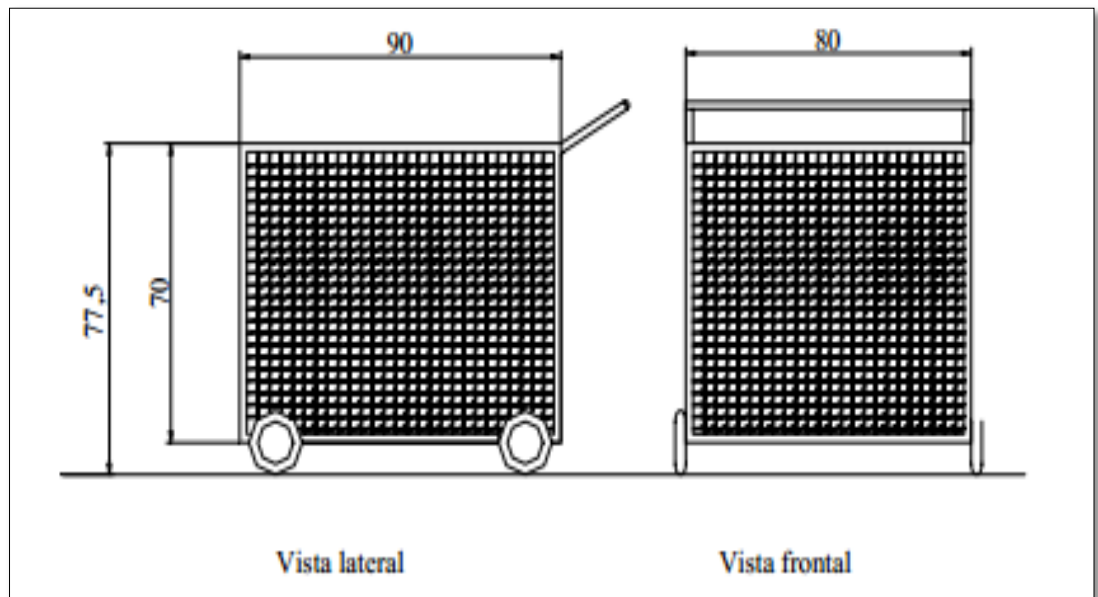


Gráfico 006: Carritos de malla. Fuente: *E. Röben. 2003*

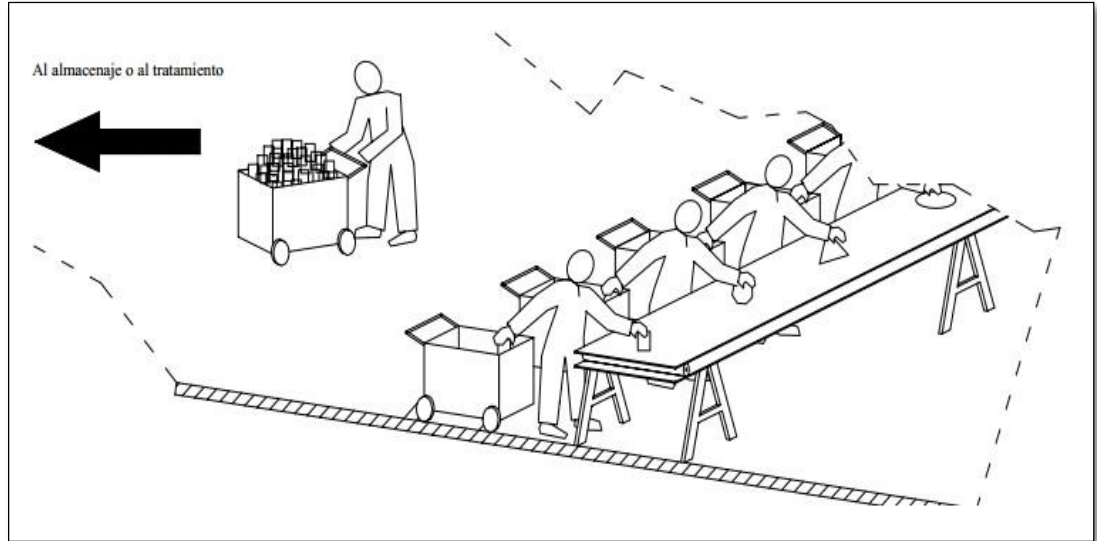


Gráfico 007: Manejo de los carritos dentro de la planta de clasificación. Fuente: E. Röben. 2003

UNIDAD COMPACTADORA DE MATERIALES RECUPERADOS

Para realizar una adecuada selección del equipo compactador se debe conocer y manejar la cantidad de materia a procesar por unidad de tiempo.

La generación de residuos por día es de:

Tabla N° 011: Generación de residuos diarios de distintos materiales. E. Röben. 2003

<i>Material</i>	<i>Cantidad en kg</i>	<i>Densidad kg/m³</i>
<i>Papel</i>	1500	282
<i>Metales</i>	378	60
<i>Plástico</i>	2559	20

De esto tenemos que los volúmenes diarios a manejar son de:

Tabla N° 012: Volúmenes de residuos diarios a manejar.

<i>Material</i>	<i>Volumen m³</i>
<i>Papel</i>	5,31
<i>Metales</i>	6,3
<i>Plástico</i>	127,95

Con la presión indicada de 6 kg/cm³ se logran en promedio las siguientes relaciones de reducción:

Papel	11,92: 1
Metales	16:01
Plásticos	20:01

Con esto tenemos que el volumen luego de la compactación es de:

Papel	0,44 m³
Metales	0,91 m³
Plásticos	6,3 m³

Descripción del equipo seleccionado

Compactadora embaladora vertical estática con compuerta plegable y ranuras para facilitar el zunchado del paquete compactado.

- Material a compactar: papel, cartón, aluminio, hojalata y plástico.
- Fuerza de compactación: 10 Ton.
- Elementos constitutivos:
 - Estructura
 - Plancha apisonadora
 - Compuerta plegable
 - Unidad electrohidráulica
 - Panel de control
- Unidad de fuerza electrohidráulica:
 - Motor eléctrico 5 HP 1750 rpm 3F 220/440 VCA.
 - Unidad hidráulica compuesta mínimo por: tanque de almacenamiento de aceite, bomba hidráulica, válvula reguladora de presión, manómetro y visor de nivel.
 - Válvula direccional de doble solenoide.
 - Cilindro Hidráulico

- **Funcionamiento:**
Alimentado por el operario el material dentro de la compactadora y con plancha apisonadora en la parte superior, se pulsa un switch que energiza la electroválvula haciendo bajar el pisón, que al compactar el material regresa automáticamente a la parte superior.
- **Dimensiones de la máquina:**
 - Altura máxima permisible: 3 m.
 - Ancho y largo: sin restricciones.

BALANZA

La balanza es muy importante, ya que esta permite llevar un registro de los materiales reciclados, permitiendo un buen manejo de la planta. Los objetivos que se busca con este equipo son:

- Conocer el stok actual de los materiales reciclados.
- Comprobar el registro de toneladas producidas versus las vendidas.
- Hacer la contabilidad de la planta.

Se debe pesar y registrar cada paca de material como se la presenta al comprador.

No es necesario adquirir una balanza electrónica ya que las balanzas manuales cumplen a cabalidad este propósito, para el efecto se recomienda la adquisición de una balanza grande que pueda pesar hasta 1000 kg, ya que los bultos compactados en una prensa hidráulica tienen frecuentemente un peso que supera los 500 kg.

Tabla N° 013: Maquinarias y equipos. *Fuente: Elaboración propia 2016.*

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Equipos, herramientas y EPPs</i>		
<i>Equipos</i>		
<i>Mesa con zaranda para segregación</i>	<i>Unidad</i>	<i>1</i>
<i>Balanza de plataforma</i>	<i>Unidad</i>	<i>1</i>
<i>Prensa hidraulica</i>	<i>Unidad</i>	<i>1</i>
<i>Picadora de plástico</i>	<i>Unidad</i>	<i>1</i>
<i>Tromel para separar residuos sólidos</i>	<i>Unidad</i>	<i>0</i>
<i>Faja transportadora</i>	<i>Unidad</i>	<i>1</i>
<i>Ensunchadora</i>	<i>Unidad</i>	<i>1</i>
<i>Lavadora y secadora</i>	<i>Unidad</i>	<i>1</i>
<i>Herramientas</i>		
<i>Rastrillos</i>	<i>Unidad</i>	<i>6</i>
<i>Picos</i>	<i>Unidad</i>	<i>2</i>
<i>Carretillas</i>	<i>Unidad</i>	<i>2</i>
<i>Lampas</i>	<i>Unidad</i>	<i>6</i>
<i>Zarandas</i>	<i>Unidad</i>	<i>2</i>
<i>Equipos de Protección Personal (EPPs)</i>		
<i>Camisaco de 100% algodón color naranja, con cintas de seguridad de acuerdo a diseño. Tela mercerizada, zanforizada</i>	<i>Unidad</i>	<i>10</i>
<i>Pantalón de drill 100% algodón color naranja</i>	<i>Unidad</i>	<i>15</i>
<i>Polos 100% algodón color naranja logo bordado pecho y estampado en espalda</i>	<i>Unidad</i>	<i>30</i>
<i>Gorro taslan tejido engomado impermeable con forro interior algodón color naranja - negro con logo bordado</i>	<i>Unidad</i>	<i>15</i>
<i>Poncho material taslan enjebado color naranja 100% impermeable</i>	<i>Unidad</i>	<i>5</i>
<i>Lentes 3m con mica de policarbonato transparentes con regulador</i>	<i>Unidad</i>	<i>10</i>
<i>Guantes de cuero reforzados</i>	<i>Unidad</i>	<i>60</i>
<i>Mascarillas con filtros</i>	<i>Unidad</i>	<i>60</i>

3.2. DISCUSIONES.

Según **CHÁVEZ (2014)**. Concluye en su tesis de investigación que la generación per cápita de residuos sólidos en el Distrito de Yantaló al igual que en diferentes distritos de la selva de nuestro país está en un promedio de 0.54 kg/hab/día, el mismo que se incrementa de acuerdo a las características de las ciudades, como las grandes ciudades. Similar a los resultados obtenidos en la Ciudad de Moyobamba cuya **generación domiciliaria per cápita** es de **0.56 kg/hab./día**, y una **densidad** o peso volumétrico domiciliario de la zona urbana del distrito de Moyobamba queda determinada en **243.49 kg/m³**

Así mismo concluye que la composición física de mayor porcentaje (82.13%) son los residuos sólidos compostificables (Materia orgánica), el siguiente considerables es el material inerte y la tierra con un 10.84%, y en menor proporción 7.02% otros residuos sólidos (botellas plásticas, vidrios, etc.), similar a los obtenido en la investigación, siendo la gran mayoría de los residuos sólidos son materia orgánica (60.8%), seguido por los bolsas plásticas (6.3%), luego los residuos de los sanitarios (5.9), luego madera y follaje (5.2), seguido en pocas proporciones los papeles, cartón, etc.

Según **MORENO (2014)**, el Programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos “Mi barrio limpio, comunidad saludable” señala que la generación total de residuos sólidos es de 17.12 ton/día de todo el distrito de José Crespo y Castillo, teniendo como resultado en promedio de los meses evaluados la generación de residuos sólidos de 1.80 ton/día del 50.02% que ingresa a la Planta de compostaje.

Según **MALPARTIDA (2015)**, para este año se tiene contemplando fortalecer los hábitos de segregación a las familias participantes, ampliar la cobertura y se estima recolectar este año 4,966 Kg (4.97 ton/día) de residuos sólidos que serán dispuestos a la planta de tratamiento, de acuerdo a los resultado en promedio de los meses evaluados la generación de residuos sólidos es de 1.80 ton/día no llegando a la meta propuesta hasta esa fecha por la poca cantidad de población participante de la ciudad de Aucayacu.

Según **LAO y CASADO (2012)**, el programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios de las viviendas urbanas del distrito de Rupa Rupa la generación total es de 4.29 ton/día, mientras que en el distrito de José Crespo y Castillo en el Programa de segregación en fuente y recolección selectiva de residuos sólidos se obtuvo un promedio de los meses evaluados de 1.80 ton/día del 52.09% de la población urbana participante.

Según **MEF (2015)**, en la Meta 05 Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en viviendas urbanas del distrito, según el porcentaje establecido en el instructivo en el anexo 13 de la categorización para las ciudades principales tipo “B” nos indica que el porcentaje requerido para el distrito de José Crespo y Castillo hasta el mes de Julio del 2015 es del 46% de población urbana, siendo 1724 el número de viviendas requeridas.

Según **MORENO (2014)**, el Programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos “Mi barrio limpio, comunidad saludable”, alcanzaron una cobertura de 44.44% contando con la participación de 1665 viviendas urbanas y 7179 personas sensibilizadas aproximadamente. Según la encuesta realizada en el mes de enero a 1767 viviendas solo se obtuvo 943 viviendas urbanas participando para el 2014, eso quiere decir que hay muchas viviendas no segregaban constantemente o que dejaron de hacerlo. Teniendo en cuenta también que en el mes de enero en que se realizó las encuestas se encontraron muchas viviendas cerradas por motivos de que la población se encontraba de viaje y otras en sus chacras. Al igual que sucede en la Ciudad de Moyobamba, solo el 25% de las viviendas están consideradas en la segregación en la fuente.

3.3. CONCLUSIONES.

- La caracterización de los residuos sólidos de la ciudad de Rioja es de 76.35% del total generado, lo cual hacen en su totalidad un 9.90 Tn/día, en las que se ha considerado la materia orgánica, papel, cartón, virio, plástico PET, plástico duro, aluminio, metales ferrosos, con una densidad o peso volumétrico domiciliario de la zona urbana del distrito de Rioja queda determinada en 141.57 kg/m³.
- Se ha logrado diseñar el programa de reciclaje basado en la segregación en la fuente de la ciudad de Rioja, el mismo que contempla los beneficios sociales y económicos a obtener con su implementación, así como la población destinataria, actores, los recursos necesarios para su implementación, cobertura, tiempos de implementación, estrategias, considera también el sistema de comercialización de los reciclables.
- Se ha logrado diseñar una estructura de tratamiento de residuos sólidos, utilizando los datos proporcionados en las secciones anteriores como la densidad de los residuos sólidos que es de 141.57 kg/m³ y el volumen de material a procesar que es 9.90 toneladas diarias, siendo a aprovechar en la planta de tratamiento un 75% que hace un total de 7.43 Tn/día, de los cuales 5.91 Tn/día son residuos sólidos compostificables y 1.52 Tn/día son residuos sólidos reciclables, que sirvieron para dimensionar los equipos necesarios a considera en la planta de tratamiento de residuos orgánicos para obtención de compost, así como la planta de acopio, el trómel, la banda transportadora, la prensa, la balanza y otros.

3.4. RECOMENDACIONES.

- Realizar estudios de formalización de los recicladores informales, con fin de que se conviertan en aliados estratégicos en la recolección y traslados de los residuos sólidos reciclables
- Socializar el programa de segregación en la fuente con las autoridades Municipales con la finalidad de que sea considerada para la implementación en la Ciudad de Rioja.
- Implementar programas de educación y difusión ambiental para lograr una mayor participación y conciencia ambiental entre la ciudadanía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ACURIO, G., ROSSIN, A., Teixeira, P. y Zepeda, F. (1997). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América latina y el Caribe (Serie Ambiental No 18). Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Panamericana de la Salud.
- Álvarez, L.R. (1983). Geografía general del estado de Oaxaca. (4ª edición). México: Carteles Editores.
- BETANCOURT PINEDA L. Auditoría Energético Ambiental Hotel "Faro Luna". Metodología para la AMA en instalaciones turísticas. Tesis de opción Master en Ciencias Técnicas. Ucf. Cienfuegos. 1997. Inédito
- BRADOMÍN, J.M. (1992). Toponimia de Oaxaca: Crítica etimológica. (3ª edición). Oaxaca, México.
- CÁCERES G. Y SATALAYA C. – Tesis Evaluación del Sistema de Manejo de Residuos Sólidos de la Ciudad de Rioja.
- CEPIS. Análisis de las capacidades de gestión para el servicio - 2003.
- CEPIS. Caracterización de Residuos Sólidos en Ciudades Pequeñas y Medianas -2003.
- CONESA FERNÁNDEZ V. 2 ed._ _Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental/ V. Conesa Fernández. Madrid: Editora Mundi Presa.1995.
- CASTELLES XAVIER ELIAS. Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. 2012.
- CASTELLANOS GAYTÁN, C. (2004, agosto 2). El negocio del desperdicio. [La Jornada en la Economía, Suplemento semanal] La Jornada, p. 4-5.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.(1992, junio). Agenda 21.Río de Janeiro, Brasil.
- Córdoba: Encuentro Grupo Editorial, 2009 W. G. M.
- R. D. M. Douglas a. Lin, Estadística Para Administración y Economía, Bogotá: Grupo Editor S. A. de C.V., 2004
- C. Cobos, Diseño de un Sistema de Extrusión - profetizado para el Procesamiento de la Residuos Plásticos para la Empresa Municipal de la Ciudad de Cuenca EMAC, Cuenca: UPS, 2010

- CORTINAS DE NAVA, C. (s.f.). Situación de los residuos en México. México
- CURIEL OLIVERA, M.A. (2001). Sistema integral de manejo de los residuos sólidos municipales domiciliarios en las localidades de Santa María y La Crucecita, Huatulco. (Informe final de proyecto). Puerto Ángel, Oaxaca: Universidad del Mar.
- E. Röben, El Reciclaje, Loja: Municipio de Loja / DED , 2003.
- ESCAMIROSA Montalvo, L.F., Del Carpio Penagos, C.U., Castañeda Nolasco, G. y Quintal Franco, C.A. (2001). Manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México: Plaza y Valdés.84
- FLORES, D; VILLAFUERTE I. Guía No. 1 Para la realización de estudios de generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios en ciudades.
- FORBO, Siegling Transilon bandas de transporte y procesamiento, FORBO, 201
- M. C. Padilla, Formulación y Evaluación de Proyectos, Loja: ECOE EDICIONES, 2011
- Gobierno del Estado de México, Secretaría de Ecología, Dirección general de normatividad y apoyo técnico y Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ). (2000). Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos municipales. Estado de México: Grupo de consultores en ingeniería ambiental.
- G. Tchobanoglous, Gestión Integral de Residuos Sólidos, Madrid: McGRAW- HILL, 1994
- Guía para la Gestión y el Manejo de Residuos Sólidos Municipales – PROARCA. 2003.
- HADDAD J. Aseo Urbano – Disposición Final de Residuos Sólidos, en su manual de instrucciones – 1999.
- HENRY, J., & HEINKE, G. (1999). Ingeniería ambiental. (2ª edición). México: Prentice Hall.
- IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible. Lima, 2002.
- JARAMILLO G. Y ZAPATA L. - Tesis. Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia.
- J. C. S. Cobo, Maquinaria para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, Madrid: BELLISCO, 2011
- J. Panero, Las dimensiones humanas en los espacios interiores, México: Editorial Gustavo Gili S.A, 1996
- LÓPEZ ALEGRÍA, P. (1990). Abastecimiento de agua potable y disposición y eliminación de excretas. México: Instituto Politécnico Nacional, Alfaomega.

- L. H. F, Manual McGraw-Hill de reciclaje, Madrid: McGraw-Hill, 2008
- L. F. Díaz y C. E. de Janon, Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales, Quito: Editorial Ecuador, 2010
- NOVOA J. Y ACOSTA W. – Tesis Propuesta Técnico Económica Para la Elaboración del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos de la Ciudad Rodríguez de Mendoza.
- NUÑEZ. R. - Tesis. Gestión Integral de Residuos Sólidos en Cerro Pelado. Pág. 28.
- PADILLA MASSIEU, C. (2002). Basura: problemas y soluciones. México: autor.
- P. H. S. M. J. P. Claudia E. Saldaña, Caracterización Física de los RSU y el Valor Agregado de los Materiales Recuperables en el Vertedero el Iztete, de Tecpic-Nayarit, México, Nayarit: Universidad Autómata Nayarit, 2013
- Reglamento de buenas prácticas en el manejo de desechos sólidos. OPS. Brasil. 2002.
- ROOZEN, N. & VANDERHOFF, F. (2001). La Aventura del comercio justo: Una alternativa de globalización, por los fundadores de Max Havelaar. México: El Atajo.
- SAKURAI, K. Aspectos básicos del servicio de aseo. Análisis de residuos sólidos. Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos. CEPIS. Lima 1983.
- SILVA LEYVA, I., Francisco Segura, J. y Murphy A. (2001). Estudio primario de la cuenca hidrográfica del Río de los Perros: Estudio de caso, Jerarquización urbana-regional. México: Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- SOCORRO ROMERO, I. Gestión Ambiental. Manual para la dirección y organización de la producción. MINBAS. 1998.
- TCHOBANOGLOUS G., Theisen H. & Vigil S. (1994). Gestión integral de residuos sólidos. España: McGrawHill-Interamericana.
- XI Censo de Población y VI Censo de vivienda, Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI.

ANEXOS.

ANEXO N° 001: PARAMETROS A CONTEMPLAR EN EL COMPOSTAJE AEROBIO

PH.

El pH de los residuos sólidos urbanos oscila entre valores de 6 y 7,5, siendo valores adecuados para el proceso de compostaje, siendo el óptimo para el compostaje aerobio un valor entre 7,0 y 7,5. Con valores superiores a 8,5 se pierde nitrógeno por volatilización del amoniaco.

HUMEDAD.

La humedad de los residuos es muy variable, oscilando normalmente entre un 30% y un 70%. La humedad óptima, para el proceso de compostaje, se encuentra en torno al 55%, entre el 50 y el 60%. Un contenido bajo de humedad disminuye la movilidad de los microorganismos y un descenso del proceso metabólico. Un contenido mayor de humedad lleva el proceso a condiciones anaeróbicas, al impedir el paso del aire por los huecos de las partículas. Por otro lado valores altos del contenido de humedad disminuyen la elevación de la temperatura en el proceso de compostaje.

TEMPERATURA.

El proceso metabólico depende fundamentalmente de la temperatura. Los microorganismos mesofílicos incrementan su acción desde los 12°C hasta los 32 – 33°C, disminuyendo su actividad hasta alcanzar los 36°C. Sobrepasando estos valores, las encimas se desestabilizan y termina el proceso exotérmico de los microorganismos mesofílicos.

Los microorganismos termofílicos desarrollan su actividad a partir de los 40°C, incrementándose ésta hasta los 55 – 60°C. A partir de esta temperatura la actividad disminuye hasta alcanzar los 65°C, en la que desaparece toda actividad por un proceso de pasteurización.

Para un compostaje aerobio es conveniente mantener, en los tres primeros días una temperatura entre los 50 y los 55°C, y posteriormente entre los 55 y los 60°C. Para la

eliminación de microorganismos patógenos, semillas y de hierbas debe mantenerse, al menos durante un día, una temperatura superior a los 60°C.

Debe considerarse que un volteo puede hacer descender la temperatura de una pila de residuos entre 15°C y 40°C.

En una aireación forzada puede incorporarse aire caliente para mantener o elevar la temperatura

AIREACIÓN EN PROCESOS AEROBIOS.

Si el proceso de fermentación es aerobio, es fundamental garantizar la llegada de oxígeno a todos los microorganismos que intervienen en el proceso.

Unas condiciones aerobias adecuadas evita la generación de malos olores.

La aireación puede lograrse de forma natural, por volteos, o por aireación artificial.

RELACIÓN C/N.

La relación de C/N de los residuos varía normalmente entre 60 y 90. Con vista al compostaje debe tenerse en cuenta la fermentabilidad de los residuos, así como el equilibrio de nutrientes, que garanticen la buena marcha del proceso. La relación óptima para el compostaje aerobio se encuentra entre 25 y 50.

GRANULOMETRÍA

En los sistemas aerobios, el aire circula mejor entre los huecos con granulometría de las partículas gruesas. La pérdida de carga aumenta enormemente en el flujo del aire, a través de los huecos, a medida que se trituran más y más los residuos, lo que puede llevar a condiciones anaeróbicas las pilas de residuos. Por el contrario a mayor trituración mayor superficie específica de los residuos, incrementándose la acción metabólica de los microorganismos.

En consecuencia debe mantenerse unos límites en la trituración de los residuos, si se quiere optimizar el proceso de compostaje. El tamaño óptimo de los residuos debe estar entre los 25 y 30 mm.

HOMOGENEIDAD Y SIEMBRA

Es imprescindible para un buen compostaje mezclar adecuadamente la masa de residuos durante el proceso.

La siembra con productos del proceso, en cantidades entre el 1 y el 5% en peso, mejora el proceso, reduciéndose considerablemente el tiempo del compostaje.

DESINFECCIÓN POR LA TEMPERATURA

Si se busca la desinfección del compost por efecto de la temperatura, deberán tener en cuenta los siguientes efectos.

ORGANISMO	CONDICIONES POR TEMPERATURA
<i>Ascaris lumbricoides</i> (huevos)	Muerte en menos de una hora con más de 50°C
<i>Brucella abortus</i> , <i>Br. suis</i>	Muerte en 3 minutos con más de 62°C Muerte en 1 hora con más de 55°C
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Muerte en 45 minutos con más de 55°C
<i>Entamoeba histolytica</i> (quistes)	Muerte en pocos minutos con más de 45°C. Muerte en pocos segundos con más de 55°C
<i>Escherichia coli</i>	Muerte en 1 hora con más de 55°C Muerte en 20 minutos con más de 60°C
Esporas	Muerte en tre días con más de 55°C Muerte en 10 minutos con más de 95°C Muerte en tres minutos con más de 100°C
<i>Micrococcus pyogenes</i> var. <i>aureus</i>	Muerte en 10 minutos con más de 50°C
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> , var. <i>hominis</i>	Muerte en 20 minutos con más de 66°C
<i>Nacator americanus</i>	Muerte en 50 minutos con más de 45°C
Parásitos para los vegetales, mosca de la fruta, hongos, (<i>Olpidium brassicae</i> , <i>Plasmodiophora brassicae</i>)	Destrucción en compostaje
<i>Salmonella spirillum</i>	Muerte en 1 hora con más de 55°C Muerte en 20 minutos con más de 60°C
<i>Salmonella thyphosa</i>	Muerte en 30 minutos con más de 55°C Muerte en 20 minutos con más de 60°C
Semillas	Destruidas con más de 60°C
<i>Shigella spirillum</i>	Muerte en 1 hora con más de 55°C
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Muerte en 10 minutos con más de 55°C
<i>Taenia saginata</i>	Muerte en en pocos minutos con más de 55°C
<i>Trichinella spiralis</i> (larvas)	Muerte rápida con más de 55°C Muerte instantánea co más de 60°C

PARAMETROS A CONTEMPLAR EN EL COMPOSTAJE ANAEROBIO.

El proceso de fermentación anaerobia consiste en la degradación biológica de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, y en presencia de bacterias hidrolíticas y metanogénicas que se encuentran en los propios residuos.

Es una alternativa cada vez más interesante la fermentación anaerobia de los residuos sólidos, teniendo en cuenta la generación de gas en el proceso. El proceso normal puede efectuarse en un único digestor, o en doble digestor, en etapas, dándose las acciones acidogénicas y metanogénicas de forma simultánea en ambos digestores.

La conversión de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos bajo condiciones anaerobias se produce en tres pasos.

El primer paso en el proceso, licuefacción, implica la transformación mediada por enzimas (hidrólisis), de compuestos de masas moleculares más altas a compuestos aptos para usar como fuente de energía y tejido celular. En esta etapa las enzimas extracelulares hidrolizan los carbohidratos complejos a simples azúcares, las proteínas a péptidos y los aminoácidos y grasas a glicerol y ácidos, siendo el producto final de la licuefacción ácidos orgánicos volátiles.

El segundo paso, denominado gasificación, implica la conversión bacteriana de los compuestos resultantes del primer paso a compuestos intermedios identificables de masa molecular más baja.

El tercer paso implica la conversión bacteriana de los compuestos intermedios a productos finales sencillos, principalmente metano y dióxido de carbono. Finalmente, la materia orgánica soluble es también descompuesta.

La descomposición de la materia orgánica por las bacterias se realiza en ausencia de aire. El oxígeno necesario para su desarrollo lo obtienen del propio alimento.

Factores que afectan la digestión anaerobia.

La digestión se ve afectada por una serie parámetros que intervienen en su desarrollo.

Temperatura.

Es un factor importante para la determinación de la producción de metano y el volumen de los digestores, permitiéndose una permanencia mínima en los tanques que operan en un rango termofílico. Este efecto de la temperatura puede apreciarse en la figura 1, observándose que los organismos mesofílicos actúan a temperaturas comprendidas entre los 12 °C y los 35°C, optimizándose el proceso entre los 29 °C y los 33 °C. Los hemofílicos trabajan entre los 37 °C y los 65 °C, con un óptimo en las proximidades de los 55 °C.

La digestión termófila se presenta como un tratamiento muy atractivo por el menor tiempo de residencia y gran producción de metano. A su vez este proceso realiza una pasteurización del efluente a tratar lo que garantiza una eliminación de patógenos, que en el caso del proceso mesófilo es menor. Sin embargo la alta sensibilidad de las bacterias metanogénicas termófilas a las variaciones de temperatura, y el consumo energético necesario para mantener el calor en el reactor biológico, hacen que este tipo de procesos no sean los más utilizados.

pH

Los organismos que intervienen en cada fase son diferentes y debe establecerse un equilibrio entre la producción de ácidos y su regresión, para que ambos tipos de organismos puedan coexistir dentro del digestor y encuentren las posibilidades ambientales para su desarrollo. Concretamente, los organismos productores de ácidos y, por consiguiente el proceso de digestión suele interrumpirse por el decaimiento de los organismos productores de metano debido a algún cambio ambiental que les hace menos viables. Esta es la razón de que el pH del fango en digestión sea indicio de que el proceso se está realizando en condiciones adecuadas, ya que, si los organismos productores de metano son inhibidos o destruidos, no se degradan los ácidos producidos y el pH dentro del digestor disminuirá progresivamente, siendo imposible la supervivencia de los microorganismos productores de metano por debajo de pH 6,4, interrumpiéndose la digestión.

En el caso de la digestión anaeróbica en dos fases, al separarse los procesos ácidos de los metanogénicos en depósitos independientes, se dan, a los organismos respectivos, las condiciones óptimas de operación.

El fango digerido tiene pH comprendido entre 7 y 8.

Los ácidos volátiles.

La concentración de ácidos volátiles, producto de fermentación, tiene una gran importancia en el proceso de la digestión, pues puede llegar a acidificar el fango provocando el fallo del proceso. Los valores óptimos están comprendidos entre 50 y 500 mg/l como ácido acético, siendo un valor extremo 2000 mg / l.

El aumento de la concentración de ácidos volátiles puede venir producida por una sobrecarga de alimentación, o por una inhibición de las metanobacterias. A su vez, una gran concentración puede provocar la rotura de la capacidad tampón del fango, disminución del pH y, en consecuencia, inhibición de las bacterias formadoras de metano.

La alcalinidad.

Según Evans y otros, la mayor parte de la alcalinidad del fango de digestión está formada por bicarbonato amónico, consecuencia de la combinación del amoníaco con el dióxido de carbono producido en la fermentación ácida. Las respectivas concentraciones de alcalinidad y ácidos volátiles dan como consecuencia de la capacidad tampón del sistema. Por ello el verdadero parámetro de control del proceso, que engloba los parámetros anteriores, (pH y ácidos volátiles), es la llamada relación ácidos volátiles/ alcalinidad. Es deseable que la capacidad tampón del sistema sea alta, lo cual se traduce en que la relación anterior sea baja (entre 0 y 0,1). Cuando la relación ácidos volátiles/alcalinidad comienza a aumentar es que algo no funciona bien. Al alcanzar valores de 0,5, debido a serios descensos de alcalinidad, el pH del contenido del digestor comienza a descender.

Por lo tanto, este parámetro parece ser un indicador más rápido que el pH, puesto que éste cambiará cuando ya se haya roto la capacidad tampón del sistema, mientras que la relación ácidos volátiles/alcalinidad es un indicador de dicha capacidad tampón.

Concentración de sólidos.

La concentración en sólidos es un parámetro siempre importante para mantener una buena digestión, importancia que se ve incrementada al adoptarse un proceso acelerado en el que conviene asegurar esta concentración en continuo.

El objetivo primordial del proceso de digestión es reducir la materia fermentable a condiciones más estables. En el proceso de reducción, parte de los sólidos volátiles desaparecen y el contenido total de materia orgánica resulta de este modo inferior en el fango digerido.

Los digestores convencionales pueden ser de baja carga, entre 0.45- 1.12 kg s.s.v. /día/ m³, y entre

1.60 y 6.40 kg s.s.v. /día/ m³ para los de alta carga, requiriéndose en estos agitación para asegurar una mezcla completa.

Mezclado.

Un adecuado mezclado permite mantener en contacto de forma continua los microorganismos activos con el alimento uniformemente distribuido, previendo la estratificación por temperaturas al mantener una homogeneidad térmica, manteniendo a niveles mínimos la concentración de productos finales e intermedios, así como los posibles inhibidores del metabolismo bacteriano.

Presión en reactor.

En el caso de desarrollarse el proceso de digestión anaeróbica en dos etapas, los digestores primarios tienen siempre una cubierta fija, mientras que los digestores secundarios normalmente para resistir presiones de gas de 25 cm de columna de agua, aunque algunas llegan a alcanzar presiones de 60 cm o más.

ANEXO N° 002: VALORACIÓN AGRONÓMICA DE LOS COMPOST

ACCIÓN CORRECTORA DEL COMPOST

ASPECTO FÍSICO

El compost mejora la estabilidad estructural de los suelos, evitando la degradación por efecto de la maquinaria, así como un mejor enraizamiento.

Se consigue una mayor retención del agua por el contenido de materia orgánica aportada por el compost a los suelos. El contenido de materia orgánica aumenta la permeabilidad de los suelos.

La adición de compost es una acción importante contra la erosión de los suelos

ASPECTO BIOLÓGICO

La microflora del suelo, que almacenan en principio los principales nutrientes de las plantas, puede aumentar o disminuir según las posibilidades metabólicas. La aportación del compost estimula los fermentos amoniacales, amilomices, pectinolices, celulolices, así como el ciclo del azufre.

La más viva, en los suelos de cultivo puede estimarse entre 500 y 1.000 kg por hectárea. Los invertebrados se desplazan por el suelo, incrementando la permeabilidad del suelo, mejorando la estructura del mismo. Al digerir las partículas orgánicas dejan en los suelos los restos con microorganismos, mezclados con los minerales del suelo.

Se produce un incremento de la velocidad de germinación, en correlación con un aumento de la absorción de agua.

Genera un mayor crecimiento de las plantas, así como un mayor rendimiento en la producción.

ASPECTO NUTRICIONAL

La materia orgánica mejora la capacidad de cambio de iones en el suelo. Es importante el carácter progresivo de la mineralización del compost. La descomposición se produce durante la totalidad del periodo de vegetación, nutriendo de forma regular y continua a las plantas, evitando el arrastre de nutrientes por lavado del suelo. De igual forma regula la liberación de los oligoelementos

INFLUENCIA DEL PROCESO SOBRE EL VALOR AGRONÓMICO DEL COMPOST

LIMITES A LA UTILIZACIÓN DEL COMPOST

Salinidad

Las sales de metales alcalinos o alcalinotérreos (cloruros y sulfatos) afectan directamente a las plantas, por tanto se darán límites a los contenidos de sales en función del requerimiento de los cultivos.

Microorganismos patógenos

Debe garantizarse la ausencia de microorganismos patógenos en el compost. La desinfección queda garantizada siempre que en la fermentación, con un contenido de humedad entre el 40 y el 60% permanezca a más de 55°C durante un periodo superior a los cuatro días. Pero las condiciones vendrán fijadas en función del proceso de compostaje adoptado.

Metales pesados

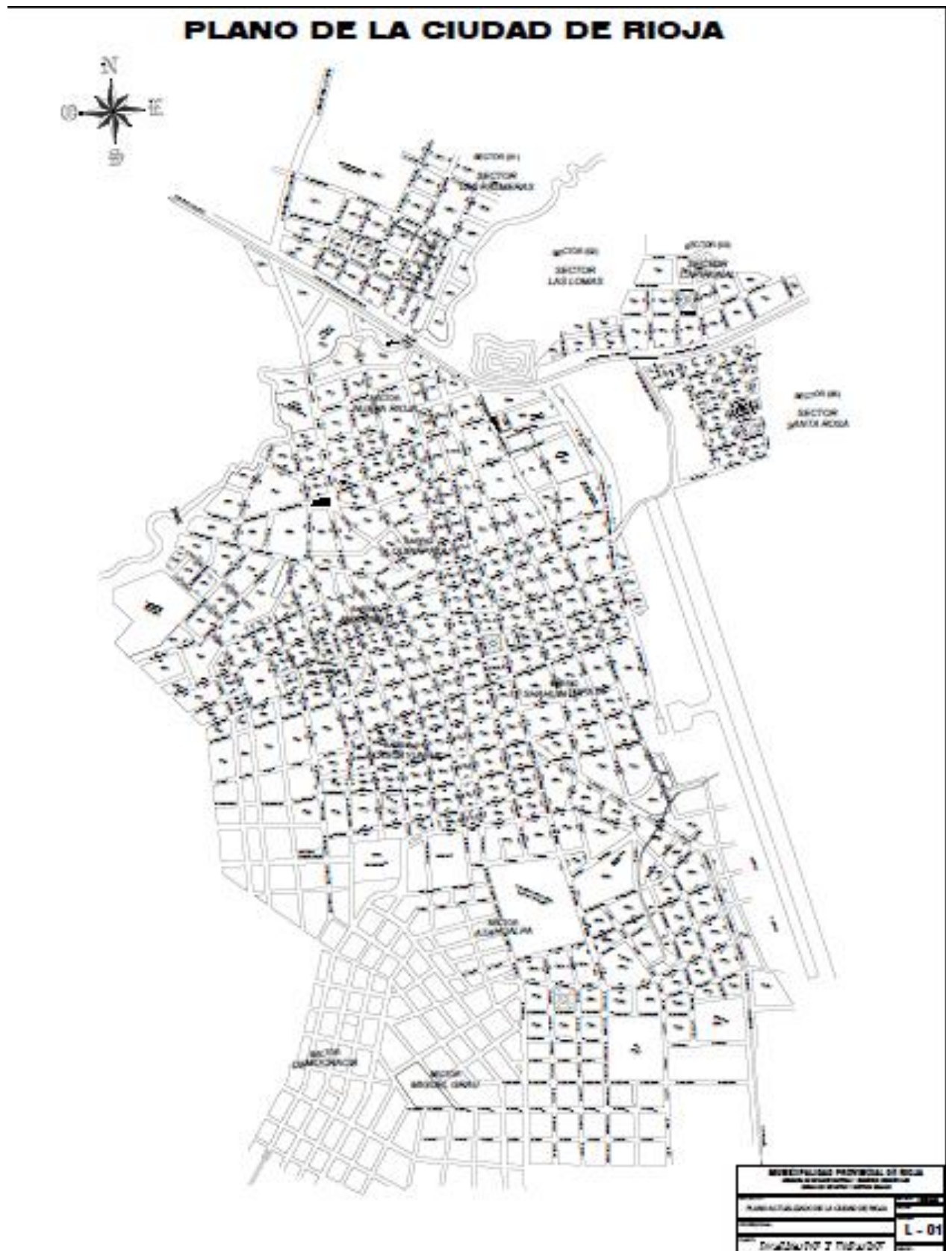
Las concentraciones de metales pesados suelen ser bajas en los residuos sólidos, a excepción de su mezcla con vertidos industriales. La procedencia de los metales pesados se indica en la tabla siguiente.

Metal	Procedencia	% de la procedencia
Mercurio (Hg)	Pilas y acumuladores	90
	Papeles y cartones	5
	Plásticos	2
	Materia orgánica	3
Cadmio	Baterías de cadmio	45
	Plásticos	55
Cromo	Cueros	45
	Vidrio	35
	Papel y cartón	10
	Restos metálicos	10
Plomo	Chatarra	60
	Cartones	20
	Materia orgánica	12
	Pilas	8

Paso de metales del suelo a la planta

La absorción de los metales pesados por las plantas depende de su solubilidad en el suelo, es decir de su combinación con los componentes orgánicos e inorgánicos de los suelos

ANEXO N° 003: Plano de la ciudad de Rioja.



ANEXO N° 004: Panel Fotográfico



ENCUENTAS REALIZADAS EN LA RECOLECCIÓN



MATERIALES UTILIZADOS EN LA RECOLECCIÓN