



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Energía y Ambiente

**DISEÑO DE PROYECTO MODELO PARA MECANIZAR EL PROCESO DE
RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

Ing. Luis Fernando Díaz Estrada

Asesorado por Msc. Inga. Química Luz María Guevara Abauta

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PROYECTO MODELO PARA MECANIZAR EL PROCESO
DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. LUIS FERNANDO DÍAZ ESTRADA
ASESORADO POR MGTRA. INGA. QUÍMICA LUZ MARÍA GUEVARA ABAUTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NOMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICO LA DEFENSA DE TESIS DE POSTGRADO

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Msc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Msc. Ing. César Ariel Villela Rodas
EXAMINADOR	Msc. Ing. Luis Rodolfo Castro García
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE PROYECTO MODELO PARA MECANIZAR EL PROCESO DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha 20 de junio del 2022.


Ing. Luis Fernando Díaz Estrada



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.116.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE PROYECTO MODELO PARA MECANIZAR EL PROCESO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, presentado por: **Ing. Luis Fernando Díaz Estrada**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Energía y ambiente después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRIMASE:


Inga. Aurelia Anabelia Cordova Estrada
Decana

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
★

Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, enero de 2023

LNG.EEP.OI.116.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

"DISEÑO DE PROYECTO MODELO PARA MECANIZAR EL PROCESO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ"

presentado por **Ing. Luis Fernando Díaz Estrada** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Energía y ambiente**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 7 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Darío Alvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL** y **ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **DISEÑO DE PROYECTO MODELO PARA MECANIZAR EL PROCESO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ** del estudiante **Luis Fernando Díaz Estrada** quien se identifica con número de carnet **8712023** del programa de Maestría En Energía Y Ambiente.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador
Maestría En Energía Y Ambiente
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 7 de noviembre de 2022

MSc. Ing. Edgar Darío Álvarez Coti
Director de Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Le saludo cordialmente, deseando éxito en sus actividades diarias.

Por este medio informo que he revisado, corregido y aprobado el informe final y el artículo científico titulado: **DISEÑO DE PROYECTO MODELO PARA MECANIZAR EL PROCESO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, realizado por el Ingeniero Luis Fernando Diaz Estrada, quien se identifica con número de carné 8712023 de la Maestría en Energía y Ambiente.

Extiendo, firmo y sello en cumplimiento a los requerimientos del Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala de la Escuela de Estudios de Postgrado.

Agradecida por su amable atención y valioso tiempo; me despido;



Luz María Guevara Abauta
Mtra. Inga. Química 1415
Consultora Ambiental 864
Asesora

Luz María Guevara Abauta
Msc. Ingeniera Química
Consultora Ambiental
MARN 864

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Misericordioso porque tuyo es el éxito, gracias espíritu santo por el nuevo milagro de la vida. En ti confió siempre
Mis abuelas	Dominga Estrada Quiñonez (q. e. p. d.) Emma Eloísa Izaguirre Díaz (q. e. p. d.)
Mis padres	Cesar Augusto Díaz Izaguirre (q. e. p. d.) María Elena Estrada de Díaz
Mi hermana	Lísete de los Ángeles Díaz Estrada
Mis sobrinos	Julio Hamilton y Fernanda del Milagro Noriega Díaz
Mi nieta	Abby del Milagro Mendoza Noriega
Mis guías	Carlos Víctor Franco, Marguerita Lotti
Espirituales	

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi casa de estudios que sigue brindándome
Conocimiento y preparación académica.

Facultad de Ingeniería

Donde dejé mi juventud, recuerdos y vida entera.

Mi asesora

Luz María Guevara Abauta

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SIMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCION.....	XVII
1. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	1
1.1. Proyecto modelo.....	1
1.1.1. Desarrollo de un modelo.....	2
1.1.1.1. Economía circular.....	2
1.1.1.2. Expectativas de desarrollo.....	3
1.1.1.3. Estabilidad política y jurídica	3
1.1.2. Eficiencia en el proceso.....	4
1.1.2.1. Eficiencia de reciclado	5
1.1.2.2. Eficiencia en la separación	6
1.1.2.3. Eficiencia global.....	7
1.1.3. Desarrollo sostenible	8
1.1.3.1. Índice de desarrollo sostenible	8
1.1.3.2. Indicador social.....	9
1.1.3.3. Costo económico	10
1.1.3.4. Costo ambiental.....	10

1.1.4.	Sostenibilidad comercial, ambiental y financiera	11
1.1.4.1.	Eficiencia comercial.....	12
1.1.4.2.	Eficiencia ambiental.....	12
1.1.4.3.	Eficiencia financiera.....	13
1.2.	Mecanización del proceso	14
1.2.1.	Industrializar el proceso.....	15
1.2.1.1.	Producción industrial	15
1.2.1.2.	Capital humano	16
1.2.1.3.	Modernización del equipo.....	17
1.2.2.	Innovación de equipo	18
1.2.2.1.	Presupuesto de equipo.....	18
1.2.2.2.	Patente registrada	19
1.2.2.3.	Gestión recursos	19
1.2.2.4.	Ideas innovadoras	20
1.2.3.	Comercializar reciclables.....	20
1.2.3.1.	Materia prima reciclada	21
1.2.3.2.	Producto terminado	22
1.2.3.3.	Venta de reciclables	22
1.2.4.	Financiar el proyecto de inversión	22
1.2.4.1.	Valor actual neto VAN	23
1.2.4.2.	Tasa interna de retorno TIR	23
1.2.4.3.	Período de recuperación de la inversión T	24
1.2.4.4.	Inversión costo beneficio B/C	24

2.	PROBLEMÁTICA, GENERALIDADES Y EQUIPO PRINCIPAL.....	27
2.1.	Ingeniería del proyecto	29
2.2.	Propuesta de solución y descripción general del proceso productivo	30
2.2.1.	Breve recapitulación del problema	31
2.3.	Pronostico poblacional	34
2.4.	Pronósticos de desechos sólidos municipales	37
2.5.	Generalidades del modelo de proyecto	42
2.5.1.	Usos del terreno para la planta de producción	43
2.5.2.	Edificio planta de producción.....	47
2.6.	Descripción general de equipos principales	49
2.6.1.	Conductores de banda de hule.....	50
2.6.2.	Separador de cartón y papel OCC	53
2.6.3.	Abre bolsas y fardos.....	55
2.6.4.	Separador magnético	57
2.6.5.	Clasificador Óptico.....	58
2.6.5.1.	Sistema de aspiración para polietileno de baja densidad PEBD	60
2.6.6.	Pinchador de botellas	62
2.6.7.	Prensa hidráulica.....	63
2.6.8.	Servicios varios	65
2.6.9.	Costo equipos de separación residuos solidos.....	68

3.	COSTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y FLUJOS FINANCIEROS	73
3.1.	Maquinaria para trasiego de producto	73
3.2.	Planilla de operación	75
3.3.	Planilla de mantenimiento y reparación.....	80
3.4.	Resumen de costos de inversión y gastos de operación	84
3.5.	Aporte para la inversión inicial, operativa y participación de proyecto	87
3.5.1.	Recuperación de inversión a través de venta de reciclables.....	89
3.5.2.	Venta en el mercado y precios estimados.....	91
3.5.3.	Flujos financieros.....	92
4.	SINTESIS DEL PROYECTO Y ANALISIS DE RESULTADOS	97
4.1.	Evaluación económica del proyecto con aporte de terreno	97
4.2.	Evaluación económica del proyecto sin aporte de terreno	100
4.3.	Síntesis de proyecto modelo	101
CONCLUSIONES		105
RECOMENDACIONES		107
REFERENCIAS		109
APENDICES		115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Configuración planta de separación.....	32
2.	Pronostico poblacional del departamento de Sacatepéquez (a 30 años)	35
3.	Composición residuos Guatemala	38
4.	Propuesta tentativa de equipos.....	46
5.	Configuración Planta de separación	48
6.	Conductor principal banda de hule.....	51
7.	Conductor de recepción residuos solidos	52
8.	Separador cartón, vidrio y papel OCC (old corrugated cardboard).....	53
9.	Abre bolsas y abre fardos	56
10.	Separador magnético.	58
11.	Clasificador óptico.....	59
12.	Sistema de aspiración polietileno baja densidad	61
13.	Pinchador de botellas.	63
14.	Prensa hidráulica o neumática para pacas	64
15.	Maquinaria y equipo pesado	74
16.	Organigrama de la empresa	75
17.	Proyecto modelo. Mecanización para la separacion de residuos solidos	104

TABLAS

I.	Tendencia poblacional a (30 años) departamento de Sacatepéquez	36
II.	Proyección diaria y demanda futura de residuos sólidos	39
III.	Costos equipo separación. FOB China US\$	69
IV.	Costo total de equipos de separación en obra	70
V.	Presupuesto planilla de operaciones	78
VI.	Prestaciones laborales de ley para el trabajador	79
VII.	Planilla de mantenimiento y reparación	81
VIII.	Integración total de costos de proyecto	85
IX.	Resumen de inversión inicial y gastos financieros	87
X.	Participación municipal en el proyecto del diseño modelo	88
XI.	Ingresos proyectados por concepto de reciclables	91
XII.	Financiamiento municipal del proyecto (capital)	94
XIII.	Financiamiento privado del proyecto (predio y capital)	95

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Quetzal guatemalteco
US\$	Dólar norte americano

GLOSARIO

hab	habitante
Industrializar el proceso	Mecanismo por el cual se incluye maquinaria que agiliza el proceso, maximiza beneficios y revaloriza residuos. Tiene el propósito de revalorizar, esto se traduce en la recuperación de capital y el logro de un negocio público o privado rentable.
Innovación de proceso	Transformar el proceso convencional a uno sistematizado. Industrializar el proceso de tratamiento de residuos sólidos con el propósito de reducir la contaminación ambiental, revalorizar los desechos y hacerlo rentable.
kg	kilogramo (equivalente a 2.20 libras)
kg/hab/d	kilogramo por habitante por día
kW	kilo watt (equivalente a 1000 watt)
lb	Libra (unidad de peso)

Mecanizar el proceso	Transformar un sistema manual a uno semi automático para la recuperación de residuos. Separar reciclables dentro de los residuos sólidos, al mismo paso del residuo por la banda transportadora.
Proyecto modelo	Conjunto de reglas y directrices replicables para el cumplimiento de un objetivo. Desarrollar el proyecto en cualquier punto de la república ajustable a las necesidades poblacionales y en el tamaño y medida que se requiera.
Reciclaje	Proceso de materia prima que puede convertirse una y otra vez, debido al proceso de separación y recuperación proveniente de los sólidos.
Residuo Sólido	Materia prima proveniente de los desechos municipales, susceptible de transformarse y revalorizarse para usos del reciclaje, proveniente del consumo humano de núcleos urbanos y municipales.
Revalorizar	Aumentar o devolver el valor a un residuo sólido al que aún no se le ha agotado su capacidad de reutilización energética y que puede convertirse en materia prima para otros usos, especialmente en el reciclaje.

Sostenibilizar	Desarrollo de un sistema auto suficiente que tenga la capacidad de mantenerse económicamente por sí mismo y además obtener una utilidad marginal.
t	Toneladas métricas (equivale a 2,204.5 Libras)
t/hr	Toneladas métricas por hora

RESUMEN

Se realizó la propuesta de un proyecto modelo para la mecanización del proceso de residuos sólidos, con la finalidad de replicarse a cualquier municipio de la república. Para el caso particular del departamento de Sacatepéquez; es el referente para mecanizar el proceso de residuos sólidos, con la participación de municipalidades y entidades privadas que se dedican al procesamiento de residuos sólidos municipales y que estén dispuestas a transformar el proceso existente en uno mecanizado.

Se estudia el departamento de Sacatepéquez, se integra la población susceptible del servicio demandado, al tener estimaciones de población y generación de residuos, se calcula el proyecto que dará como resultado, la selección del equipo necesario para atender a esa población específica y, eventualmente diseñar el mismo patrón, para otra región y población del país.

La mecanización del proceso inicia con el análisis y cálculo para la incorporación de equipo y maquinaria del diseño de ingeniería. Se consideran las instalaciones complementarias que se necesitan. Para el efecto se consultó bibliografía e instituciones relacionadas; alcaldía de antigua Guatemala como de la capital, antecedentes de proyectos ejecutados para la separación de residuos sólidos (descrito en problemática inciso 2.); para la obtención y análisis de información (censo Guatemala 2018, datos del programa de naciones unidas para el desarrollo PNUD, centro de producción más limpia).

La revalorización de reciclables se logrará con el eficiente proceso de separación, elemento importante para la sostenibilidad financiera y ambiental del proyecto.

La sostenibilidad financiera, se logrará con la comercialización de reciclables obtenidos del proceso, buscando la mejor oferta con clientes directos. Necesario para sostenibilizar la planilla de operación y de mantenimiento. El hacer sostenible el proyecto, ocurre después de la finalización de los tiempos de financiamiento de capital; cinco años para la inversión pública y diez años para la inversión privada.

El resultado de la inversión de capital público (municipal) y privado para el proyecto de separación de residuos sólidos, muestra que es atractivo financieramente en el análisis financiero. Después del quinto año de inversión pública, se obtiene un VAN de \$ 873,417, una TIR de 16.53 % rindiendo 54.61 centavos por cada dólar invertido. Igualmente, para la inversión privada es recuperable después de diez años y se obtiene un VAN de \$ 137,940, una TIR de 11.44 % rindiendo 5.80 centavos por cada dólar invertido.

El beneficio económico social que tendrá una planta de separación de residuos, incide directamente en la creación de fuentes de empleo de la planta, la mano de obra local que puede ser contratada, las fuentes de empleo indirectos que se generan por el mantenimiento y las reparaciones, así como la demanda de consumibles que genera el proceso. El beneficio ambiental de la planta radica en la erradicación de la contaminación atmosférica, edáfica y de acuíferos. Propagación de olores, enfermedades infecciosas causadas por roedores, degradación del suelo y medios acuíferos e infiltraciones no controladas, todas ellas, estarán ausentes en este proceso comparado con la forma convencional de vertederos.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un proyecto modelo para mecanizar el proceso de disposición final de residuos sólidos de manera sostenible, ambiental y financieramente eficiente, a fin de reducir la contaminación ambiental en el municipio de Sacatepéquez.

Específicos

1. Diseñar un proceso para mecanizar la disposición final de los residuos sólidos y comercializarlos a través de un proceso de reciclado sostenible
2. Industrializar el proceso de residuos sólidos con la finalidad de mejorar la situación económico social del departamento de Sacatepéquez, creando puestos de trabajo estables, asalariados y locales para desarrollar el departamento
3. Proponer un proyecto modelo, sostenible y ambientalmente atractivo para la inversión pública y privada

INTRODUCCION

La propuesta de proyecto modelo para mecanizar el proceso de residuos sólidos, propone solucionar los problemas generados por la matriz del proceso de disposición final de residuos existente, con la que ha trabajado el país desde hace años. La nueva matriz que se planteará, mitigará la contaminación generada y finalmente procesará todos los residuos provenientes del municipio de Sacatepéquez y ejecutará la separación en una sola línea de producción, de una manera ambientalmente segura. El proceso productivo se fijará en una sola categoría de reciclables, estos podrán disponerse para la reventa con la respectiva revalorización de mercado.

El sistema será innovador, cambiará la matriz de proceso que tradicionalmente el país trabaja, este cambio consistirá en diseñar una planta de proceso manual y automática, dependiendo de la etapa, referida al proceso de separación de residuos sólidos.

La planta diseñada para ser mecanizada, industrializará el proceso de recolección de reciclables a través de un sistema sumamente rápido. La recepción de residuos sólidos municipales en la planta de reciclables no afectara en lo absoluto, la cadena existente de suministro de camiones que transportan la basura, es decir; se conservará la misma logística para la entrega, que se concentrará en un puno específico, que se eligiera como destino final en el diseño.

Es importante mencionar que la factibilidad financiera del proyecto fue estudiada de dos formas: la primera, con la exclusividad municipal, para favorecer el proyecto con los terrenos en propiedad que el estado tiene.

La segunda, con la inclusión de la iniciativa privada y la tercera opción, la cual sería combinar iniciativa privada y el estado. Se calculará los tiempos de recuperación de capital invertido y la viabilidad para recuperarlo; en lo público o en lo privado. Evaluarlo de esta manera, ayudará en la toma de decisiones, para que se elija la mejor opción, con las propuestas que estén disponibles.

En el capítulo uno se considera los conceptos fundamentales para la elaboración de proyectos y el diseño que lo integra, esquematiza en términos generales la mecanización y conceptualiza en la matriz de coherencia como de operacionalización, las variables y dimensiones necesarias para la investigación científica.

El capítulo dos hace una breve descripción del funcionamiento de cada equipo en la línea de producción y se hace referencia a la manera en que trabaja cada una de las unidades dispuestas de proceso.

Toda la logística es una cadena de suministro que está alimentada por el proceso anterior, esto quiere decir que, la secuencia del proceso debe ejecutarse en línea, ya sea por la etapa automática o por la manual con la que se pueda garantizar la eficiencia de proceso.

En el capítulo tres, se hace un análisis rubro a rubro del presupuesto general del proyecto, se calculan los costos de inversión de toda la infraestructura necesaria para que la planta de separación de residuos sólidos pueda operar. Se estiman los costos de la adquisición de equipo de separación, para compra directa en el extranjero y todos los gastos aduanales hasta ser llevados a obra a ser instalado. Se considera el costo de contratistas que son necesarios para la construcción de la planta y dejarla totalmente operativa.

Además, se calcula los costos de la organización, la que se plantea como una administración básica pero funcional, con el propósito que pueda operar como una empresa privada auto sostenible y financieramente solvente.

En el capítulo final, se encuentra toda la base y análisis financiero donde se calcula el retorno de la inversión, si la inversión es viable financieramente y se hace una comparación con la participación municipal, privada y la sugerencia de combinar ambas opciones. Después del detalle financiero, se hace un análisis en el marco de referencia del autor de esta tesis, donde se hacen consideraciones de inversión, el capital necesario y el retorno de la inversión y bajo esa perspectiva, las sugerencias para poder viabilizar el proyecto y los términos estrictos.

1. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

1.1. Proyecto modelo

Esta investigación presenta un nuevo proyecto, que toma en consideración las variables que podrán definir e impactar en la solución de la disposición final de residuos. Comienza con la estructuración macro a definir: centralizando los recursos necesarios, considera: la infraestructura, el equipo básico, el capital humano, los recursos operativos, las obras complementarias y el lugar idóneo de la planta; cómo se dispondrá el albergue, la cantidad de residuos sólidos que la planta recibirá y la logística interna de proceso. No se modificará la cadena regular de suministro de camiones de basura, únicamente el cambio de ruta para el destino final de la planta seleccionada.

Para realizar el proyecto, debe construirse un edificio que tenga la capacidad de albergar los equipos necesarios y auxiliares, pasillos de operación, sitios de mantenimiento y reparación, oficinas de ingeniería y supervisión, así como otros complementarios necesarios para la planta de la producción.

Los equipos requeridos para poner en marcha la operación, se seleccionarán con criterios de abastecimiento en la capacidad requerida, confiabilidad en el desempeño de la separación de residuos, una operación sencilla. Esto hará una operación simple pero efectiva, que no demande demasiados costos de mantenimiento y reparación, un equipo mientras menos elementos móviles tenga, será mucho más fácil de mantener.

La ventaja de este proyecto es que puede calcularse de una manera sencilla y práctica; lo más importante es tomar los recursos disponibles con que el departamento cuenta, cuantificar el proyecto completo y enmarcar el presupuesto a límites esperados que no superen la capacidad con la que se dispone, evitar el endeudamiento y viabilizar un proyecto prioritario, pero que pueda costearse con fondos propios sin comprometer las finanzas locales.

1.1.1. Desarrollo de un modelo

Para avanzar en la especificación o elección del modelo, se han identificado los riesgos y limitaciones, para perfeccionar las decisiones y estrategias que definan un plan para ejecutar el modelo; en este caso, que calculará el flujo financiero que dará como resultado un valor estimado del presupuesto necesario para la posible inversión. Al desarrollar la mecanización a la matriz convencional del manejo de residuos sólidos, debe estar en función de las limitantes de proyecto y hacer un seguimiento de tareas prioritarias para un análisis más cuidadoso.

1.1.1.1. Economía circular

Para profundizar al nuevo modelo de producción y consumo, este proyecto puede generar la revalorización de productos, cumpliendo con las premisas iniciales que antiguamente conceptualizaban las tres erres, reciclar, reducir y reutilizar. El pensamiento ha cambiado, está modernizado y ahora sugiere revalorizar los materiales reciclables.

La extensión de valores agregados esperados para un producto extraído de los residuos sólidos hace que ese producto recuperado, tenga un ahorro energético al no ser necesario volver a crearlo desde la naturaleza.

1.1.1.2. Expectativas de desarrollo

El modelo de proyecto que se propone (Mcpresse, n.d.), tiene como objetivo la mejora del proceso, la maquinaria y equipo, que podrán especificarse conforme a un presupuesto específico. El crecimiento del proyecto, está ligado directamente a revalorizar el producto final que se espera, donde podría considerarse otra línea de separación de materia orgánica para compostaje, para la venta futura, la cual no fue evaluada en esta investigación.

1.1.1.3. Estabilidad política y jurídica para la inversión

La adecuada disposición de los residuos sólidos en el país está garantizada en la carta magna, porque la esquematiza como una obligación medio ambiental y de estado, por encima de cualquier voluntad política. Si existiera una consideración atípica de algún órgano estatal, en relación a la negación o poca colaboración para el manejo de residuos, el derecho y la unificación de criterios formarían la base de una jurisprudencia que obligaría a cualquiera, a acatar lo que en ley se ha plasmado. El INFOM a través de su plan estratégico institucional 2017-2025; prioriza la cobertura y el acceso a servicios básicos como objetivos de desarrollo. (INFOM, 2020)

Los proyectos de alto impacto en nuestro país son parte de la estructura que aún se necesita desarrollar. Es necesario fomentar la inversión pública y privada, que permitirá garantizar, un mejor índice de desarrollo humano y colectivizar, proyectos prioritarios de servicios básicos que deben trabajarse en pro de la ciudadanía.

ARTICULO 1. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente. (Guatemala, 2010, p. 16)

MARN Objetivo general: Caribe- Circular como se le ha denominado a este proyecto tiene como objetivo la sensibilización y capacitación de la sociedad civil, sectores privados y entidades rectoras en materia de cuidado al medio ambiente, para evitar que los residuos y desechos sólidos ingresen al mar. (Naturales, Noticias del MARN, 2020, p. 1)

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) emitió el Acuerdo Gubernativo 164-2021: Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, la primera normativa en Guatemala que regula de manera integral la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos y desechos sólidos. Este acuerdo establece normas sanitarias y ambientales que buscan evitar el deterioro ambiental, reducir la contaminación de los sistemas ambientales y mejorar la salud de los habitantes del territorio guatemalteco. (Naturales, 2021, p. 23)

1.1.2. Eficiencia en el proceso

El concepto de eficiencia de proceso es una métrica global que se establece para determinar la calidad de la operación. Si las previsiones de la planificación se están llevando a cabo como se estimaron desde un principio.

Estos indicadores dependen significativamente de la manera en que se diseña la operación, es decir, la eficiencia en la planificación es vital; depende del número de operadores en el proceso, de la dirección y de la eficiencia de la maquinaria y equipo evaluado.

Todo lo relativo a proceso tiene que ver con el grado de satisfacción de la productividad empresarial, con el propósito de lograr una mejor rentabilidad reduciendo significativamente errores de proceso, el cumplimiento de metas, de manera que se evalúe el grado de flexibilidad para llegar a los resultados esperados.

1.1.2.1. Eficiencia de reciclado

La eficiencia en el reciclado es un concepto que nace por la necesidad del ahorro, la contaminación y la rentabilidad, en tiempos en los que el comprar productos de usar una sola vez, hace que el incremento de los residuos sólidos se acumule en las ciudades.

La sociedad sostenible “Implica tomar en cuenta los límites físicos y sociales del crecimiento económico, delineando preferencias futuras sostenibles como escenarios preferidos, desarrollando estrategias para alcanzar esos futuros escenarios” (Muller, 1991, p. 37).

Junto al reciclaje, optan por todo lo reutilizable: vidrio, envases, bolsas.

El desperdicio y el alto consumo han propiciado una crisis donde el único camino resolutivo es, la separación total de los desperdicios, compras inteligentes y maximizar el uso de los productos.

Todo esto encaminado a disminuir la cantidad de desechos sólidos que la disposición final tenga que manejar y utilizarlo razonablemente a través del tiempo.

1.1.2.2. Eficiencia en la separación

La separación de residuos sólidos es la clave para un reciclaje efectivo; desafortunadamente, los patrones culturales del país deben modificarse. Estos patrones culturales, producto de los malos hábitos contraídos del pasado y que en la actualidad aún se conservan. La ley medio ambiental del Ministerio de ambiente y recursos naturales, MARN, regula la eliminación definitiva de desechos sólidos comunes y hace énfasis en tecnologías que puedan garantizar la ausencia de riesgos sanitarios y ambientales. (MARN, 2021)

Esta ley hace una propuesta firme, a la que debe dársele estricto seguimiento con políticas afines a la regulación sugerida. Organizar, dirigir y controlar, la disposición final de desechos sólidos.

La separación de residuos sólidos es un tema que necesita resolverse. Ya sea con estrategias educativas y de capacitación, hasta fiscales o de otra índole. El objetivo es hacer cumplir las regulaciones con resultados esperados. No importa la estrategia que se utilice; lo importante es promoverla a instituciones privadas o de gobierno y hogares, que tengan la firme convicción de hacer una separación efectiva.

1.1.2.3. Eficiencia global

La eficiencia global “Es la capacidad real que una planta de producción tiene, para producir sin defectos de funcionamiento; todo esto se desarrolla en conjunto con el proceso, en términos prácticos” (Vecente Coll Serrando, 2012, p. 11).

La adecuada separación y el reciclaje obtenido por la línea de producción, el indicador de la eficiencia global es una herramienta comparativa, que especifica puntos de mejora continua y establece, carencias de control de proceso.

Se evalúa la disponibilidad del equipo y sus tiempos fuera por reparación, los mantenimientos programados no se consideran una ineficiencia. La calidad de los equipos será un determinante en la planificación porque no dependerá de cuanto costaron, sino la fiabilidad y en la simplicidad de la fabricación.

Los equipos disponibles deben mantenerse para un funcionamiento adecuado, de acuerdo a los planes y rendimientos esperados; esta herramienta como se precisó es la evaluación más eficaz para la toma de decisiones, en lo que se refiere al sistema productivo de la planta.

El indicador OEE es una herramienta integral de evaluación comparativa, esto quiere decir que puede ser utilizado para evaluar los diferentes componentes del proceso de producción, por ejemplo: disponibilidad, rendimiento y calidad. Del mismo modo, es un indicador apropiado al momento de medir los avances reales. (Industrial, 2019)

1.1.3. Desarrollo sostenible

Es una modalidad realmente difícil de seguir, además de onerosa, porque tiene que ejecutarse una enorme inversión; el satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la necesidad de las futuras generaciones, garantiza la estabilidad de un sistema, pero se debe considerar que los objetivos y las metas no son inalcanzables.

Para hablar de desarrollo sostenible, una sociedad debe estar totalmente alejada de la línea de pobreza extrema. La línea de pobreza muchas instituciones la caracterizan por la medición de las necesidades básicas: Alimentos, vestimenta, educación, vivienda, transporte, salud y recreación. (CEPAL, 2018)

Estos siete elementos corresponden a la medición de las necesidades básicas de los hogares, necesidades que tuvieron que haberse cubierto para un desarrollo real. Es por ello que la sostenibilidad es un concepto moderno pero que no es aplicable realmente en todas las circunstancias, sostenibilidad puede haber, pero en un área específica. La sostenibilidad tiene cierta exclusividad, únicamente en países donde los índices de desarrollo humano son altos, los presupuestos de nación tienen un superávit y los planes para proyectos de crecimiento económico con alta expansión, son ambiciosos; nuestro país solo puede sostenibilizar, un proyecto específico.

1.1.3.1. Índice de desarrollo sostenible

Es un indicador social que mide el nivel de desarrollo de una sociedad; un indicador que permite asignar valores al grado o nivel de desarrollo que presenta una sociedad.

Indicador que considera la evaluación más importante, la que conlleva tres rasgos; reducir las vulnerabilidades como una inversión ancla para minimizar los costos materiales y sobre todo humanos en desastres naturales; crear oportunidades como pilar social que aleje de los parámetros de la pobreza y, fortalecer las instituciones y la calidad de vida del guatemalteco; asimismo, fortalecer factores como participación política activa, culturales y sobretodo confianza.

1.1.3.2. Indicador social

Los indicadores sociales son estadísticas que miden condiciones sociales y sus cambios en el tiempo cada vez más importantes en el contexto oficial, que anteriormente la evaluación social se limitaba al aspecto económico, hoy día, con el cambio y transformación social, los elementos más cambiantes e importantes se insertan en la sociedad. Elementos que son específicos como la insuficiencia en la generación de empleo, el peso demográfico de una población longeva que aumenta.

Consecuentemente, la mujer en el mercado laboral y tantos factores que modifican una sociedad y que no permiten tener la calidad de vida que espera cualquier ciudadano promedio.

Los indicadores sociales son una proyección de la calidad en las políticas de gobierno e inciden directamente en el desarrollo de una sociedad, es por ello que, no solo es importante la toma de decisiones asertiva del estado; sino la percepción o idea subjetiva que cada poblador tenga respecto a la estabilidad que percibe en la integración social.

1.1.3.3. Costo económico

Los satisfactores económicos tienen muchas denominaciones en la medición de la riqueza y en el valor monetario; el costo económico referido al proyecto modelo que se establece, es cualquier desembolso económico que se realizará específicamente para la producción y reciclado de residuos sólidos, es decir, cualquier costo directo o indirecto relacionado tácitamente al proceso productivo de la planta y que esté relacionado a la productividad de la misma.

La importancia de tener claras las ideas de los costos económicos; favorecerá de manera relevante las estrategias contables, será fácil evaluar que si se modifica la administración de los bienes captados, esto podría generar ganancia.

1.1.3.4. Costo ambiental

La calidad ambiental, en las últimas décadas, se le ha tratado de calcular un costo por prevención y reparación, resarcimiento por impactos ocurridos en el medio ambiente ocasionados por la sociedad o el resultado individual en las actividades propias de consumo.

La comunidad internacional, en el protocolo de Kioto, estableció tres mecanismos de mercado flexible, basado en el comercio de permisos de emisión. Esto quiere decir que los tres mecanismos son: Comercio internacional de emisiones, la nueva mercancía, el llamado aire caliente, un país que ha bajado sus emisiones del límite propuesto, comercializa con otro país que aún no haya llegado a la meta. El mecanismo de desarrollo limpio (MDL), respuesta mundial al cambio climático, expresa sobre este tema las Naciones Unidas:

Los proyectos de reducción de emisiones y de captura de carbono desarrollados en países de economías en transición (No Anexo I) desde el año 2000, y que cumplan con los criterios y requisitos de la Junta Ejecutiva del MDL, incluyendo la utilización de las metodologías de medición aprobadas por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico, son susceptibles de registrarse ante la Junta Ejecutiva del MDL para obtener CER's (Certificado de Emisiones Reducidas). (Bowling, 2014, p. 19)

Y por último la aplicación continua, estrategia de prevención ambiental en los procesos, productos y servicios; incrementa la competitividad empresarial y garantiza la viabilidad económica.

1.1.4. Sostenibilidad comercial, ambiental y financiera

Previamente se explicó lo que sostenibilidad implica, lo oneroso de sus preceptos y lo complejo de sus premisas, cuando hablamos de sostenibilizar el comercio, explícitamente favorece el esquema comercial que se ejecutara en la venta de reciclables, no de tercerizar el mercado porque traería como consecuencia el bajo ingreso, sino la venta en primera línea, hacia el mayorista comprador de reciclables a gran escala.

La sostenibilidad ambiental, destinada a la baja contaminación del entorno, a causa de la industrialización del proceso que aumentará la eficiencia, en cuanto a la recuperación de reciclables y, por ende, dará como resultado la disminución de contaminantes de suelo y aire circundante, incluyendo al agua como tercer agente libre de contaminación.

La sostenibilidad financiera implica la recuperación de la inversión en el menor tiempo posible y de lograrlo, sostenibilizar la administración y operación del proyecto.

1.1.4.1. Eficiencia comercial

Uno de los elementos más importantes en una empresa es la comercialización de bienes y servicios, es el conjunto de actividades que desarrollarán la venta y facilitarán el proceso para que el producto llegue finalmente al consumidor.

El intercambio comercial es el bastión que mueve las finanzas de la empresa y transforma junto a los factores de producción la mercancía destinada a la venta y así, a los consumidores.

1.1.4.2. Eficiencia ambiental

Se trata del consumo y la utilización de los recursos naturales, de tal manera que el consumo lo ejecute con la menor cantidad de recursos posible. Las incidencias más significativas son las que se viven actualmente, la escasez alimentaria como de materia prima, han hecho que la inflación aparezca en las economías más sólidas del mundo en un efecto cascada, trasladando costos al consumidor final.

De esta misma manera, localmente, no podemos estar exentos porque lo único que el país hace es exportar materias primas las que, al ser procesadas en el extranjero, las compra a precios más elevados.

Por estas razones, Guatemala como el resto del mundo, tratan de aprovechar más, en menor cantidad los bienes y servicios, para ser transformados en productos de consumo.

La eficiencia ambiental, es relacionada con eco eficiencia en el texto de Sustainability concepts (2013): Eco-efficiency generates more value through technology and process changes while reducing resource use and environmental impact throughout the life of the product or service. Eco-efficiency applies to all aspects of business, from purchasing and production to marketing and distribution.

[La eco eficiencia genera más valor a través de la tecnología y los cambios en los procesos al tiempo que reduce el uso de recursos y el impacto ambiental a lo largo de la vida del producto o servicio. La eco eficiencia se aplica a todos los aspectos del negocio, desde la compra y la producción hasta la comercialización y la distribución].

1.1.4.3. Eficiencia financiera

Según (Eficiencia Financiera, 2018), “La eficiencia financiera puede describirse como la obtención de los mejores resultados económicos tras una inversión, ahorrando la mayor cantidad posible de recursos económicos con la menor cantidad de tiempo empleado, maximizando ganancias y minimizando costos”. En el mundo de las finanzas, algunos conceptos pueden ayudar a saber si un negocio es sólido, para ello la eficiencia es un indicador de esos términos.

El economista Jorge García Hoyos (2018), explica que las grandes inversiones requieren siempre de una evaluación financiera del proyecto. “Para financiar un proyecto se tiene que medir la eficiencia del capital social aportado. La eficiencia es el principal criterio económico”.

1.2. Mecanización del proceso

Desde que la revolución industrial se originó en Inglaterra en 1760, aunado a los problemas originados de sobreproducción efecto de la industrialización de los países más pujantes de la época; acaeció en 1929 el colapso económico más recordado por el mundo, la gran depresión.

La sobreproducción puso de manifiesto, la capacidad de las empresas de aumentar su potencial, para abastecer éstas, la demanda de productos de mercados locales, que necesitaban atender sus necesidades básicas en aquel entonces y ahora con el surgimiento de mercados cada vez más globalizados.

Desde que el aumento poblacional ha comenzado a ser un problema social, no por la poca importancia de la humanidad sino los problemas que representa abastecer sus necesidades; alimentos, abrigo, vivienda. Y todo lo que una sociedad demanda; los servicios básicos y esenciales que son el complemento para un sistema sostenible en el que tienen que cohabitar, hace que todos los servicios incluido éste, el tratamiento adecuado de los residuos sólidos tenga que transformarse a un proceso más profesionalizado.

Mecanizar y sostenibilizar el proceso, tiende a considerar el medio ambiente y la contaminación circundante, producto de todas las emanaciones que eso involucra; un sistema que sea generoso con el medio ambiente, rápido en el proceso, recuperador de la revalorización de los residuos.

1.2.1. Industrializar el proceso

El concepto de industrialización definido como “Una actividad económica destinada a la explotación organizada y sistemática de las operaciones de proceso, con el sometimiento de los productos a la transformación de mercancías” (Villarreal, 1985, p. 22). El hecho de hacer cambios y someter un sistema a la modernización, tiene otras modalidades paralelas; el proceso por sí solo puede hacer efectiva, la propuesta, pero necesita de la transformación ideológica, dejar de hacer lo que se ha hecho y hacerlo de una manera más organizada.

El industrializar el proceso tiene un propósito, una visión económica sostenible que, pueda darle al sistema municipal, una estabilidad empresarial; el recuperar productos y revalorizarlos para comercializarlos y que puedan ser el camino auto sustentable; tanto de proceso como de inversión; es la visión con la que se aspira, ejecutar el proyecto, específicamente en el tema presupuestario.

1.2.1.1. Producción industrial

En términos estrictos la producción industrial es (Dominguez, León, Samaniego, & Sunkel, septiembre 2019, p. 57) “crear bienes y servicios que la tierra no produce, recursos naturales transformados con un valor agregado, destinados a satisfacer las necesidades humanas”; para la producción industrial se necesita factores de producción, que son todos los elementos que el hombre crea para producir bienes y servicios.

Se necesita considerar el capital, uno de los tres factores de producción que (Marx, 1975, p. 125). Integraba como tierra, trabajo y capital.

Estos clásicos económicos, ejemplifican, la concepción de una producción industrial necesaria para transformar y adecuar las necesidades de una creciente población. El aporte de capital para la compra de maquinaria y equipo, imprescindibles para estructurar un proyecto que pueda satisfacer los requerimientos actuales, es tan importante como los proyectos de alto impacto necesarios para salir del subdesarrollo, proyectos que deben ser atendidos de acuerdo al grado de prioridad en que aparecen, causados por la continua degradación medio ambiental en la que se ha sumido el país en las últimas décadas.

1.2.1.2. Capital humano

(Drucker & Sánchez, 2008, p. 35) “Desde 1950, el desarrollo económico fuera del mundo occidental se ha basado principalmente en imitar lo que Estados Unidos hizo en la segunda guerra mundial, es decir, aplicar la gestión científica para hacer que el trabajador manual sea más productivo” (p.35).

Karl Marx fue el detractor principal en su obra el capitalismo, del extenuante y explotador horario laboral de trabajadores en manos del capitalismo estadounidense, fue su principal argumento para fortalecer un trato más digno al trabajo y respeto a las jornadas laborales. La riqueza se produce gracias al esfuerzo del capital humano como factor de producción, el capital humano básicamente es, la cuantificación del calcular el valor actual neto de una persona, respecto de los beneficios aportados futuros que se espera obtener de él.

Prácticamente es una compensación económica para el trabajador a través del tiempo sin ninguna utilidad marginal, pero si para la empresa.

Este concepto utilitario lo genera, el esfuerzo del trabajador en pro de la empresa, estableciendo un crecimiento económico empresarial, producto del riesgo de inversión de capital en los mercados.

1.2.1.3. Modernización del equipo

En cuanto al cambio de matriz tradicional para la separación de residuos sólidos, se espera que los cambios a efectuar empleando nuevas técnicas y métodos, contribuyan al potencial crecimiento y a la modernización de las operaciones existentes en un vertedero convencional, no exclusivo del departamento de Sacatepéquez, sino que pueda ser un modelo para la república en general.

La adquisición de equipos de vanguardia, que estén a la altura y puedan suplir las necesidades no solo actuales sino futuras, maximizarán las actividades de proceso y exigirán a la cadena productiva, cumplir con tiempos que redunden en un beneficio económico, social y ambiental; consiguiendo los anhelados ahorros energéticos, de tiempo y económicos. La manera más práctica de conceptualizar una modernización es revisar lo eficiente que la instalación de equipos separadores lleve al proceso.

El tener un dispositivo que a través de luminiscencia logre separar un plástico de alta densidad de otro de menor densidad, en milisegundos, se le puede llamar, modernización, al menos en el ámbito local.

Esta tecnología tiene la capacidad de almacenar cada variedad de residuos en un solo compartimiento, dimensiona el grado de modernización y la implementación paralela que quiere lograrse.

1.2.2. Innovación de equipo

La innovación de equipo debe atender a una población que crece abruptamente con el tiempo. Ahora, al registrar un cambio en la matriz actual, tal como se propone, podrá verse, como una ventaja competitiva municipal, que, al comenzar a generar ingresos propios, tendrá un efecto domino y diferenciador de un vertedero a otro. La resistencia al cambio, principalmente ideológico y en este caso de voluntad política también, son los paradigmas a trabajar.

Para llegar a hacer propuestas concretas y de fondo, debe tenerse una aceptación total de proyecto, debido a que todo el rubro de inversión presupuestaria impacta directamente en las previsiones municipales y privadas que anualmente se ejecutan.

1.2.2.1. Presupuesto de equipo

El equipo que debe destinarse para el proyecto de separación de residuos sólidos no puede adquirirse localmente, es una de las debilidades del país por el tema de subdesarrollo, tiene que importarse de fabricantes del exterior. Debe de considerarse especialmente la disponibilidad presupuestaria a la que se tiene acceso, las limitantes se fijaran de acuerdo con los ingresos municipales; obviamente podría hacerse con un presupuesto diferente.

Lo importante de los controles presupuestarios, es fijar un techo presupuestario para desarrollar el proyecto, pero éste, lo fijaremos con el límite superior que las municipalidades tengan o dispongan para viabilizar este diseño de proyecto modelo.

La disponibilidad económica tendrá influencia directa en la calidad de equipos que se deseen adquirir, es importante saber que, de acuerdo con las limitaciones, se cotizara el equipo que se proponga para este propósito y que cumpla especialmente con las restricciones económicas antes descritas.

1.2.2.2. Patente registrada

Tal como lo conceptualiza (INAPI, 2018, p. 3) “Una patente es un derecho exclusivo que concede el Estado para la protección de una invención, la que proporciona derechos exclusivos que permitirán utilizar y explotar su invención e impedir que terceros la utilicen sin su consentimiento” Para poder enfocar la protección intelectual que quiere lograrse en este trabajo de investigación, se verifica que existe en Guatemala dos tipos de patentes, las patentes de invención y las de modelo de utilidad, siendo las de modelo de utilidad las que pueden ajustarse a los requerimientos que se desea consolidar como idea propia.

El propósito de establecer una patente está relacionado a la conceptualización de proyecto, debe verse como una empresa visionaria y con fines de lucro auto sostenible.

1.2.2.3. Gestión recursos

La gestión de los recursos explica, GAGO (2022) el rubro más importante en el desarrollo de un proyecto, planificar desde los flujos financieros de inversión, que dan vida al proyecto y que lo hace una realidad, deben identificarse y administrarse ordenadamente de acuerdo a los desembolsos financieros que la etapa del proyecto requiera.

El capital humano programa en base a diseños, planifica y ejecuta la obra que se necesita, para que la planta de separación cuente con toda la infraestructura necesaria para desarrollar un esquema de cumplimiento justo como se diseñó, tanto en la etapa de ejecución de la obra como en la operación de la planta.

1.2.2.4. Ideas innovadoras

La innovación se refería a la transformación general ideológica como técnica, del proyecto que se desea emprender (Fernando Giner de la Fuente, 2013). La habilidad de gestionar recursos e invertir en un proyecto nuevo; que pueda alcanzar parámetros muy diferentes a las ideas tradicionales disfuncionales; es una meta que se pretende alcanzar, al evolucionar una matriz inoperante a una totalmente funcional y satisfacerla a la demanda como necesidades existentes.

1.2.3. Comercializar reciclables

El origen de la comercialización de reciclables en estas décadas ha sido la preocupación más grande que la humanidad ha tenido, principalmente porque las necesidades energéticas han estado incrementando y encareciendo el ya complicado nivel de vida.

Los precios de los productos y mercancías tienden al alza, especialmente en época de crisis, es por ello que la generación de reciclables y la revalorización son elementos sustanciales en el aprovisionamiento de materia prima barata.

Los costos de no producir un bien desde cero y poderlo rescatar, es un valor diferencial que, multiplicado por el número de productos en las diferentes cadenas de suministro, hacen que el ahorro energético y económico, sea cuantioso y considerable al momento de revalorizar productos.

1.2.3.1. Materia prima reciclada

Las necesidades de mercado cada vez más competitivo, las estadísticas y teorías del calentamiento global; la saturación de urbes por desechos sólidos y todos los problemas socio económicos que generan cada vez más inflación en economías a gran escala; han hecho replantear el consumo y fortalecer la recuperación de reciclables en la meta de convertirla nuevamente en materia prima.

La recuperación de reciclables hoy en día, para la obtención de materia prima barata; en países del tercer mundo; es un tipo de recolección manual mayoritariamente; la minoría hace una recolección parcialmente mecanizada en el mejor de los casos.

Se utiliza 100 % mano de obra en condiciones poco salubres y de baja eficiencia, sumamente pobre aunado a esto; se ha convertido en un verdadero negocio para unos cuantos; sin tener la relevancia de conservación del entorno medio ambiental y financieramente aprovechable para la generación de un negocio desde el punto de vista empresarial.

1.2.3.2. Producto terminado

La obtención del producto terminado será producto del proceso de transformación del material reciclado; que se convertirá; en proceso de clasificación automática por los productos a revalorizarse y, los productos de rechazo, hasta la separación manual en la línea de producción; debidamente comprimido en su etapa final por pacas homogéneas de una tonelada.

1.2.3.3. Venta de reciclables

La venta de reciclables se origina, al final de la cadena productiva, estrictamente en la compactación de pacas homogéneas de producto terminado que tendrá un valor rescatable y revalorizado a precio de mercado. La revalorización es el centro del concepto de la recuperación de reciclables en el residuo sólido, proveniente de desechos municipales extraído actualmente por separadores. (Maldonado, 2003)

1.2.4. Financiar el proyecto de inversión

Los financiamientos ya sea privados o públicos deben tener certezas, de las que sirven como instrumento para la toma de decisiones.

El contenido de investigación depende del estudio de mercado, análisis investigativo y planteamientos de ingeniería; la ingeniería económica que se realice para la viabilización del proyecto es el punto medular de decisión. La decisión de invertir está ligada a los análisis financieros que un proyecto presente, lo más importante es la extracción y confiabilidad de la información con que se alimenten los flujos financieros, que servirán como referencia para ejecutar la inversión. (Orozco, 2005)

1.2.4.1. **Valor actual neto VAN**

El VAN es uno de los más importantes indicadores financieros para la evaluación de proyectos, ya que incide en la toma de decisiones para la viabilidad financiera.

Consiste en trasladar y medir los flujos de capital de ingresos y egresos futuros y, restar la inversión inicial del arranque del proyecto; de llegar a tener una diferencia positiva, con alguna utilidad remanente, decir que, si la VAN es positiva, entonces el proyecto es ejecutable o viable (Aguiar & Díaz, 2006).

$$(1) \quad \text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_o$$

(Guzmán, 2006)

F_t = Flujos de caja futuros

k = Tasa de descuento

t = períodos

I_o = Inversión inicial

1.2.4.2. **Tasa interna de retorno TIR**

Este es el segundo método en la evaluación de proyectos, la tasa interna de retorno o de descuento es el valor complementario del valor actual neto VAN y se calcula como una alternativa de inversión.

Este es el método dinámico usado para el calcular la rentabilidad del proyecto; es decir, la suma que iguala el valor actual de gastos contra el valor futuro de gastos previstos es cero, ese valor es el de la TIR (Aguiar & Díaz, 2006).

$$(2) \quad TIR = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

(Guzmán, 2006)

F_t = Flujos de caja futuros

k = Tasa de descuento

t = períodos

1.2.4.3. Período de recuperación de la inversión T

En los negocios y finanzas, lo más importante es establecer un tiempo prudencial para la recuperación de la inversión, esto nos indica cuanto tiempo pasara, hasta que no veamos el retorno de la inversión como gastos iniciales. El período de recuperación nos dará la certeza, de poder realizar otras inversiones con la disponibilidad de capital ya recuperado, o, reinvertir en este mismo proyecto, para maximizar ganancias y expandir la capacidad instalada. (Espinoza, 2007)

1.2.4.4. Inversión costo beneficio B/C

A este parámetro se le conoce también como índice neto de rentabilidad; es la relación entre el valor actual de los ingresos totales o beneficios netos, dividido, el valor actual de los costos totales de inversión; ese resultado nos dará un beneficio mayor a cero; si es así, será un indicador de cuanto se está generando de ganancia por cada unidad de moneda invertida. (Espinoza, 2007)

$$(3) \quad \frac{B}{C} = \frac{VA}{Io}$$

(Guzmán, 2006)

V_A = Valor actual neto

Io = Inversión inicial

B/C = Índice neto de rentabilidad

2.

PROBLEMÁTICA, GENERALIDADES Y EQUIPO PRINCIPAL

El problema de la generación de residuos sólidos municipales y urbanos en nuestro país no es actual, tiene años de existencia. Actualmente el país tiene varios vertederos municipales para la disposición final de los residuos sólidos, así como algunos clandestinos; el origen de la clandestinidad se debe al crecimiento poblacional sin cobertura y a la falta de cultura sobre pago por servicio, por lo que este tipo de servicio queda desatendido por autoridades al no controlar este foco de contaminación.

Los modelos existentes empíricos, llamados así porque no han cambiado su estructura desde sus inicios; la quema de basura, el entierro de la misma, el aprovechamiento de hondonadas para deposición de basura y la ausencia en la separación de múltiples vertederos; hace necesario cambiar la matriz existente, una innovación que pueda manejar el tratamiento de residuos sólidos de manera más adecuada. Convertir un residuo, revalorizarlo, industrializando el proceso y hacerlo sustentable.

La proliferación de residuos sólidos comenzó a ser un problema, y con el paso de los años en las poblaciones, ha venido a requerir una solución mucho más compleja. Se puede apreciar especialmente en invierno, la cantidad de desechos sólidos que las corrientes de aguas pluviales arrastran y desembocan en lagos y ríos, los cuales representan solo un ínfimo porcentaje del mal manejo que se realiza en la separación de sólidos en los vertederos.

Los vertederos actuales realizan la separación primaria de residuos sólidos de una forma manual, con el único propósito de reventa y no con la finalidad de hacer un manejo ambientalmente profesional y sostenible. Este tipo de prácticas lascivas para el entorno, requieren erradicarse para cambiar la matriz de proceso existente.

Los problemas de contaminación, ambiental (2020) que genera el país a causa de vertederos poco o nada controlados, es un problema con grandes riesgos de salubridad; especialmente para los recolectores en el vertedero de la zona tres de Guatemala, lugar donde se recibe desde 1950 aproximadamente 3,200 t diarias de desechos, proveniente de la capital y otros trece municipios. La recolección, es una fuente de ingresos para familias que viven en pobreza extrema y que el recuperar plásticos, botellas y papel subsisten en condiciones precarias; familias que están condicionadas a trabajar y no tener otro futuro más que el de recolectores junto a sus hijos.

AMSA según Rodas Morales (2021); la autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del lago de Amatitlán, tuvo un incidente en el 2021. Un incendio del vertedero, producido por el mal manejo de los residuos y que generó una alarma ambiental; el cierre temporal del vertedero que obligó a camiones recolectores de basura con amenazar tirar la basura sobre la cinta asfáltica, porque el vertedero no podía recibirla. Son hechos que manifiestan la incapacidad del vertedero que ha rebasado sus límites. Es por ello que el gobierno ha declarado su cierre.

Según DICABI (2021) Este vertedero recibe desechos provenientes de 30 municipios.

La planeación del conseguir un terreno para compra en las cercanías del existente, ha comenzado. Este terreno se estima con un valor de 24 millones de quetzales, autorizado por la dirección de catastro y avalúo de bienes inmuebles.

Aun así, la mancomunidad gran ciudad del sur, que la constituyen siete comunas, requieren una inversión de 144 millones de quetzales, para la construcción de un vertedero de primer orden. La compra del terreno no puede efectuarse por la insuficiencia de fondos.

(2020) Los reclamos del pueblo hondureño hacia el guatemalteco han tenido un importante protagonismo con los ambientalistas; el río Motagua ha arrastrado unas 550 toneladas de envases y plásticos en sus aguas, las que han ido a parar a costas turísticas del hermano país. La gran cantidad de plásticos, ropa, animales muertos y otros desechos han sido causados por la falla de una barda industrial colocada como una medida paliativa para controlar la cantidad de desechos en territorio guatemalteco. Otra evidencia más del escaso control de los desechos sólidos y el tratamiento final ausente o nulo que se les da.

2.1. Ingeniería del proyecto

Para esta etapa se va a definir lo siguiente: los recursos necesarios, la infraestructura, el equipo básico, el capital humano, los recursos operativos, obras complementarias y se determinará el lugar idóneo de la planta; el lugar de convergencia que se disponga para captar la cantidad de sólidos y cómo manejarlos internamente. No se pretende modificar la cadena regular de suministro de camiones de basura, únicamente el cambio de ruta para el destino final de la planta seleccionada.

Para darle espacio y realizar el proyecto, se debe construir un edificio que tenga la capacidad de manejar toda la operación. Disponer de los equipos necesarios y auxiliares, pasillos de operación, sitios de mantenimiento y reparación, oficinas de ingeniería y supervisión, así como otros complementarios que hacen de la planta el corazón de la producción.

Los equipos requeridos para poner en marcha la operación, se seleccionarán con criterios de abastecimiento en la capacidad requerida, confiabilidad en el desempeño de la separación de residuos y una operación relativamente sencilla. Esto se ha hecho con el propósito de hacer una operación simple pero efectiva, que no demande demasiados costos de mantenimiento y reparación, un equipo mientras menos elementos móviles tengan, será mucho más fácil de mantener.

El personal administrativo y operativo de la planta, organizado por una jerarquía sencilla, Ingenieros químicos y mecánicos a cargo de la operación, que controlará la calidad de productos revalorizados los que se destinarán a clientes finales. Supervisores a cargo de la línea de producción y operadores que ejecuten la recirculación.

2.2. Propuesta de solución y descripción general del proceso productivo

A continuación, se hace referencia al proceso de separación de residuos sólidos, el paso a paso a través de la línea principal y los equipos mínimos necesarios para llevar a cabo la labor de recuperación de reciclados.

2.2.1. Breve recapitulación del problema

Promover proyectos de gran escala o alto impacto en nuestro país, ya sean públicos o privados, requieren de inversiones económicas considerables. Como país, se tienen muchos problemas, pero afortunadamente hay varias maneras de resolverlos; la escasez de recursos tecnológicos y limitaciones presupuestarias, hacen una plataforma ideal para la innovación y creatividad.

Ambos son determinantes, para minimizar costos y resolver problemas prioritarios de mayor tamaño. Los residuos sólidos son un problema latente del que parcialmente se han resuelto y no de manera acertada, se quema basura, se entierra y se separan algunos reciclables para venta al menudeo.

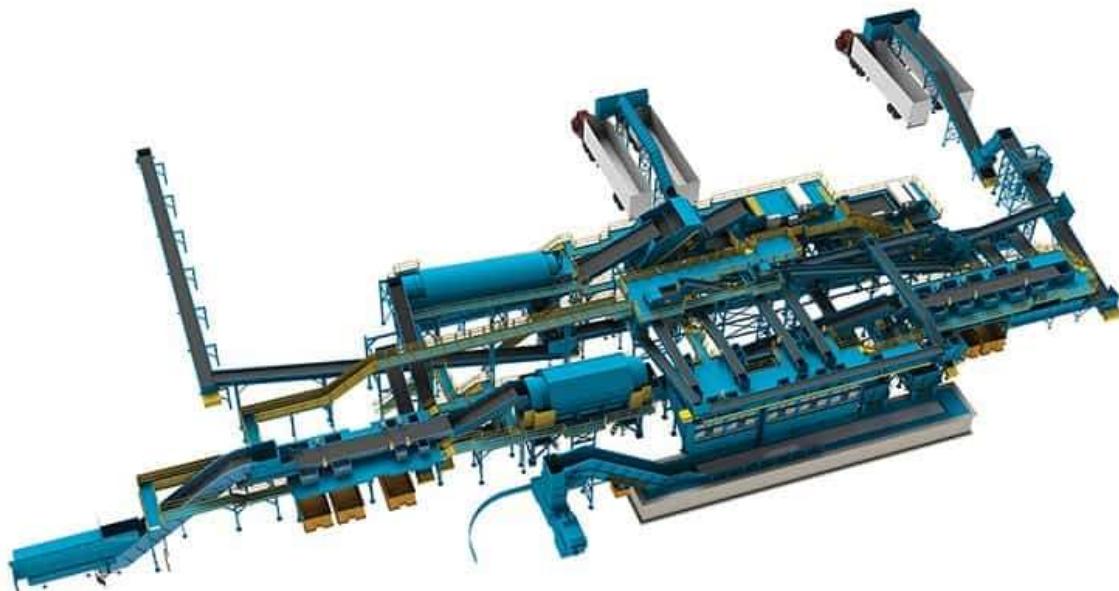
Solo para mencionar algunas situaciones que agudizan la crisis sanitaria, estas suman alrededor del 90 % de los vertederos del país, muchos de ellos aún no controlados.

Las maneras en que se gestionan los recursos remanentes de los residuos sólidos aún no están estructuradas para poder aprovechar todo el potencial de los mismos, por ejemplo; gas metano extraído en la degradación de la materia orgánica, todos los productos reciclables rescatados para ser revalorizados, el rechazo de residuos para generación de energía; que, al ser rescatados, tienen un ahorro energético

El proyecto modelo para mecanizar los residuos sólidos que se plantea en este documento, no considera los desechos con tratamientos especiales, como se exemplificó en el capítulo anterior; se trata de un proceso de separación física de reciclables y materia orgánica, con productos para revalorizarse en el mercado proveniente de domicilios y municipales.

La propuesta de solución al problema se plantea de la siguiente manera: Para poder hacer un modelo de negocio, primero, se utiliza como una herramienta previa a la ejecución del plan, esto permitirá hacer un análisis de las posibilidades de venta, la confiabilidad del equipo propuesto, uso de mano de obra, la materia prima y, el éxito que se busca para la inversión social y sanitaria que el proyecto requiere, para un negocio lucrativo con enfoque privado o público.

Figura 1. **Configuración planta de separación**



Fuente: CP Group (2020) Las vegas. Instalación de 70 TPH Las vegas.
Consultado el 10 de enero de 2022. Recuperado de <https://youtu.be/41KJ-KGEVgA>

Un modelo que pueda reproducirse en otros departamentos o municipios, siguiendo la misma lógica, el mismo marco conceptual y los mismos volúmenes de residuos para otra planta de menor o mayores capacidades, Figura 1.

La versatilidad propuesta en este proyecto es que puede calcularse de una manera sencilla y práctica; se pueden satisfacer las necesidades inmediatas con proyectos paralelos, que satisfagan la demanda local de cada uno de ellos, para el manejo sustentable de residuos. Las necesidades del país pueden cubrirse, utilizando la misma ingeniería, el mismo concepto y la misma lógica.

Mecanizar los residuos sólidos que se generan en un área específica es una necesidad inmediata. La metodología empleada, a partir del diseño original, tiene que ser creativa para establecer soluciones prácticas y baratas, que representen un bajo presupuesto que eliminen el alto impacto de condiciones lascivas para la salud y medio ambientales.

En pleno siglo XXI el haber industrializado el planeta, le dio rapidez, eficacia y rentabilidad; se crearon estrategias sostenibles en inversión-tiempo a corto plazo.

Este trabajo propone una línea de producción de separación física a través de etapas, cada una de ellas se ejecuta de una manera ordenada y sistemática; este proceso puede hacerse lo más autónomo posible, demandando mayor inversión.

Puede planificarse de acuerdo a los residuos procesados periódicamente, proyecta una operación para predecir los productos finales y las ventas que serán el objetivo primordial que es la base, éste diseño de proyecto.

2.3. Pronostico poblacional

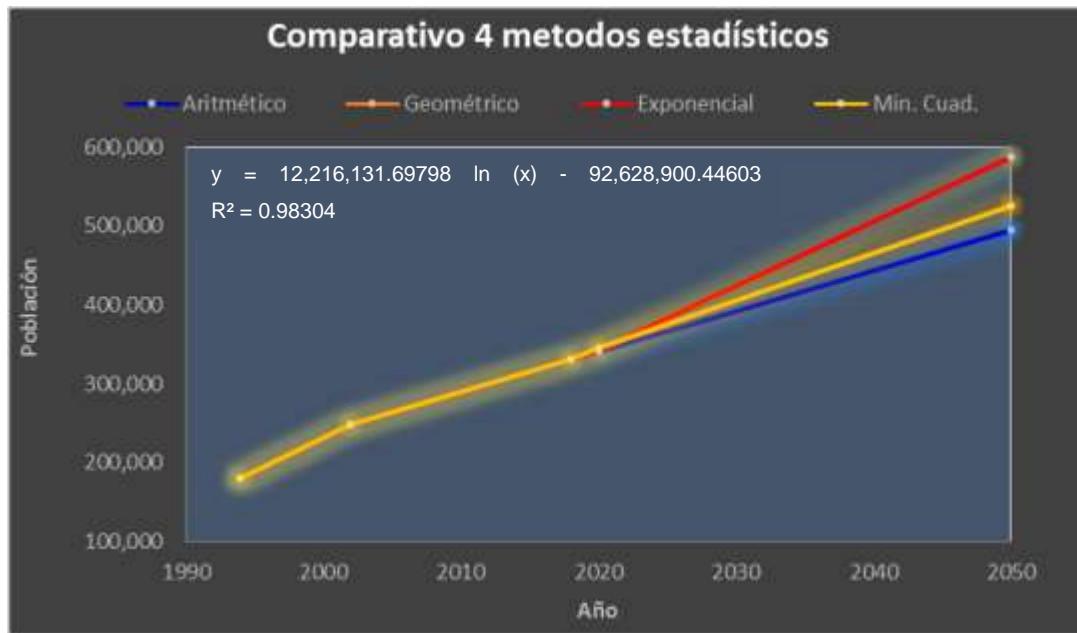
Cuando se trabajan pronósticos poblacionales, es imperativo tener referencias estadísticas del comportamiento poblacional con históricos recabados, mientras más datos se tengan, mejorara la certeza en cálculos y proyecciones. No se puede hacer ninguna planificación con supuestos, la ausencia de datos, hace que la toma de decisiones sea errada al no contar con estadísticas confiables.

En qué medida puede un censo poblacional ayudar a la toma de decisiones para el país; a partir del censo, se sabe cuántos niños necesitarán educación primaria hasta la universidad, se planifica la preparación de docentes como la infraestructura necesaria; cuantos hombres y mujeres estarán disponibles como fuerza laboral para generar el PIB que el país demanda; crear campañas de salubridad para erradicar enfermedades; los índices de natalidad y mortalidad. Un sin número de datos, que servirán para la planificación de recursos y presupuesto necesario para cubrir la demanda de país, un mecanismo que permita optimizar capital humano y recursos disponibles.

La Figura 2. Muestra el crecimiento poblacional del departamento de Sacatepéquez, calculado con los últimos dos censos poblacionales, 2004 y 2018.

Se calculó con históricos estadísticos de la república y extrapolaron resultados, en 1960 la población era de un poco más de 4 millones de habitantes y en el 2018 fue cerca de quince. El comportamiento de la curva fue ajustado del crecimiento nacional al departamental; por cuatro modelos matemáticos (aritmético, geométrico, exponencial y mínimos cuadrados); el último fue el promedio más ajustado y representativo para calcular el crecimiento.

Figura 2. **Pronostico poblacional del departamento de Sacatepéquez (a 30 años)**



Fuente: Instituto nacional de estadística Guatemala (2022). *Población censo 2018*.

Consultado el 18 de enero de 2022. Recuperado de <https://www.ine.gob.gt>

Como se muestra en el cálculo matemático formula (4), el pronóstico de la población se estima con los datos certificados de los últimos dos censos oficiales.

$$(4) \quad \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \text{ Mínimos cuadrados}$$

(Guzmán, 2006)

Población futura = Población actual * LN (No. periodos) – constante

$$Y = 12,216,131.69798 \times \ln (\text{Número}) - 92,628,900.44603 \quad R^2 = 0.98304$$

Y = Población proyectada en el año requerido

R^2 = Valor correlacional, ideal al más cercano de 1

Numero = año en el que se desea proyectar la población

**Tabla I. Tendencia poblacional a (30 años)
del departamento de Sacatepéquez**

No.	Municipio	Pronóstico poblacional	
		Censo 2018	al 2050
1	Antigua Guatemala	46,054	73,355
2	Sumpango	37,260	59,348
3	Ciudad vieja	33,405	53,208
4	San Lucas Sacatepéquez	23,369	37,222
5	Jocotengango	21,657	34,495
6	Santa María de Jesús	21,938	34,943
7	San Juan Alotenango	23,986	38,205
8	Pastores	17,814	28,374
9	Santo Domingo Xenacoj	12,402	19,754
10	Santa Lucia Milpas Altas	15,570	24,800
11	Magdalena Milpas Altas	11,856	18,884
12	Santiago Sacatepéquez	29,238	46,570
13	San Miguel Dueñas	12,696	20,222
14	San Antonio Aguas Calientes	11,347	18,074
15	San Bartolomé Milpas Altas	7,816	12,449
16	Santa Catarina Barahona	4,061	6,468
Población total		330,469	526,373
159%			

Fuente: elaboración propia realizado con Word

La tasa de crecimiento poblacional del país es de 2.4% anual, representa la mayor cifra de américa latina (Cepal, 2016), algo coherente cuando se aprecia que la natalidad está en valores altos, por encima del equilibrio con la mortalidad.

Es así como se establece el crecimiento poblacional del departamento de Sacatepéquez, en la tendencia comparativa de la curva de crecimiento de la república con la departamental, mismo que se evidencia en la gráfica anterior. Se tendrá la misma certeza en un grupo más pequeño, que nos interesa administrar. Se analiza el departamento completo con sus 16 municipios, aprovechando la mancomunidad administrativa, proximidad y distancias cortas que se ajustan para logística de transporte, detallada en la Tabla I.

Un proyecto debe diseñarse para que el éxito conseguido se logre a través del tiempo de actividad, a mayor plazo mayores recursos. Este proyecto se calcula para 30 años, con el método de mínimos cuadrados y crecimiento logarítmico, el mismo con el que está creciendo la población. Según cálculos anteriores, el crecimiento poblacional de la república guatemalteca se estima en 23.5 millones de habitantes para el 2050 (a 28 años).

De necesitar pronosticar un periodo más largo, el cálculo necesitaría de mayores indicadores para predecir un comportamiento tan complejo. La densidad poblacional actual en Guatemala es de 146 hab/km² y en el 2050 será de 216 hab/km².

2.4. Pronósticos de desechos sólidos municipales

Para poder realizar un pronóstico confiable, se necesita contar con estadísticas; se tiene la referencia de fuentes bibliográficas y municipalidades; el área metropolitana con 2.8 millones personas aporta 1500 t/día de desechos sólidos, equivale a un valor ponderado de 0.536 kg/hab/día para una generación promedio del país y la que interesa trabajar en este documento y región específica.

La composición de residuos sólidos en Guatemala puede diferir de una concentración urbana a una rural, importante es que, la división de clases genera diferentes tipos de residuos, aquí y en cualquier otro país. En la Figura 3, se presentan valores referencia sobre el que se basará este análisis.

Figura 3. **Composición residuos Guatemala**



Fuente: Raíces comunitarias. *Guía de identificación grafica de los residuos sólidos comunes* 2022. Consultado el 20 de febrero de 2022. Recuperado de <https://raicescomunitarias.org>

Se puede apreciar que el 53 % de los residuos aporta materia orgánica, esto será de gran interés cuando el proyecto se amplíe y pueda ser utilizado como compost en la venta directa.

Tabla II. Proyección diaria y demanda futura de residuos sólidos

No.	Municipio	0.54 kg/per/día	
		2018 T/día	al 2050 T/día
1	Antigua Guatemala	24.87	39.61
2	Sumpango	20.12	32.05
3	Ciudad vieja	18.04	28.73
4	San Lucas Sacatepéquez	12.62	20.10
5	Jocotengango	11.69	18.63
6	Santa María de Jesús	11.85	18.87
7	San Juan Alotenango	12.95	20.63
8	Pastores	9.62	15.32
9	Santo Domingo Xenacoj	6.70	10.67
10	Santa Lucia Milpas Altas	8.41	13.39
11	Magdalena Milpas Altas	6.40	10.20
12	Santiago Sacatepéquez	15.79	25.15
13	San Miguel Dueñas	6.86	10.92
14	San Antonio Aguas Calientes	6.13	9.76
15	San Bartolomé Milpas Altas	4.22	6.72
16	Santa Catarina Barahona	2.19	3.49
T/hora Maquinaria		178.45	284.24
Operación diaria de 7.14 horas		25.00	
Operación diaria de 11.37 horas			25.00
Toneladas/hora			

Fuente: elaboración propia en Excel y Word

La otra integración de reciclable suma 19.5 %, corresponde a: Plástico rígido, PET tereftalato de polietileno, cartón y papel, metales ferrosos, vidrio, envases de aluminio.

Todos estos, son productos de revalorización directa para la comercialización desde la planta, con destino a empresas previamente contratadas; esto es lo que se trabajará en este proyecto, solucionar el problema de residuos y transformarlo en un negocio rentable y auto sostenible con la respectiva generación de empleo e industrialización del segmento de residuales.

En la Tabla II, se desglosan los 16 municipios que participaran en el proyecto modelo; cada uno de ellos aporta un valor en toneladas de generación diaria de residuos. Para entender la lógica de cálculo, se toma como ejemplo Antigua Guatemala: La población de hace 4 años según el último censo 2018 fue de 46,054 habitantes, ésta, tomada como referencia de población.

Si se considera la base de 0.54 kg de residuos (Barrientos, 2005) que genera cada habitante diariamente, se tendrá en total un valor de 24.87 toneladas diarias de residuos en la Antigua Guatemala; si se le suma los dieciséis municipios, se integran todos los desechos que genera el departamento de Sacatepéquez diariamente y totaliza 178.45 t/día.

Si se decide diseñar la maquinaria del sistema con 25 t/hora, ese volumen de residuos lo procesa en 7.14 horas de operación y proyectada a 28 años, crecerá la generación a 284.24 t/día, teniendo la necesidad de procesar y separarla en 11.37 horas de operación a carga completa.

La solución del problema se analiza de la siguiente manera. En un turno diario de 7 horas iniciales de la planta, se tienen que procesar 178 t en la línea de separación para poder procesar los residuos sólidos, de los 16 municipios de la región de Sacatepéquez.

Al iniciar la operación debe hacerse con 7 horas por dos razones; la primera; se satisface la demanda actual y al mismo tiempo, una planta nueva obedece a una curva de aprendizaje para poder estabilizar la operación; la segunda razon, dejar un periodo de tiempo muerto que, pueda ampliarse despues para cubrir la demanda futura.

Al inicio de las operaciones de la planta, arrancará con 7 horas, para cubrir la demanda actual, a medida que la demanda se incrementa, se ajusta el periodo de operación para finalizar con los residuos en transito. Ver detalles de cálculo de demanda y operación actual y proyectada en la Tabla II.

Las ocho horas de operación se llegan a cumplir en un tiempo determinado, se habra completado el periodo diurno de ley; se actuara de dos maneras: se ajusta un tiempo extra ordinario a la planilla y se hará trabajar más tiempo a la planta, eso dependera de las recomendaciones del fabricante del equipo.

Para determinar el tiempo de vida útil de la planta, deben considerarse dos condicionantes directos; la maquinaria de separación y el predio para deposición. El fabricante de los equipos, dependiendo de marca-precio, estima que puede tener una vida útil entre 20 y 25 años, incluyendo los periodos de mantenimiento preventivo y correctivo; esta limitante de tiempo está calculada con el consiguiente incremento poblacional y la respectiva generación de residuos.

Por otro lado, el predio o espacio donde se deposita la materia orgánica tendrá un tamaño considerable, con el que se arranca la operación y queda finalmente establecido para la ubicación de la planta; ésta tendrá dimensiones de acuerdo a la disponibilidad municipal de predios o de la inversión inicial de capital (el tamaño condiciona la vida útil de la planta).

Si se considera el tamaño del vertedero, debe tenerse presente que la fabricación de compostaje, puede alargar la vida útil del mismo, debido a que el volumen generado, saldrá del inventario de ventas por lo que el espacio de deposición se conservará en las mismas cantidades, si lo que ingresa de materia orgánica, se vende como compostaje.

2.5. Generalidades del modelo de proyecto

La viabilización de un proyecto depende de la concepción de la idea original, de los costos operativos, la administración, las decisiones iniciales que impacten positiva o negativamente el retorno de la inversión, estos harán, que el proyecto final sea atractivo o desecharlo por un resultado poco útil en términos económicos.

El proyecto que se plantea en este trabajo de tesis contempla, conglomerar los 16 municipios que integran el departamento de Sacatepéquez, los que se encuentran a una distancia entre 10-30 kilómetros uno de otro; en una reunión conjunta debe elegirse un punto medular, el más adecuado y accesible, donde pueda montarse e instalarse la planta de separación de residuos sólidos municipales y domésticos.

Todos los municipios están considerados para formar parte de una mancomunidad, que integrarán y estarán dentro del área de influencia del proyecto y que califican como participantes directos por razones de logística y costos operativos.

2.5.1. Usos del terreno para la planta de producción

Un proyecto de mecanización de residuos sólidos requiere de un tamaño de terreno, donde pueda instalarse la planta de procesamiento, el relleno sanitario controlado y todos los servicios.

Es importante considerar dos situaciones. La primera es, si el proyecto lo va a ejecutar la iniciativa privada, considerar el costo del terreno para el proyecto, además de los otros costos inherentes.

Esta inversión inicial será un rubro importante en la cuantificación de costos iniciales, pero tendrá ventaja, la eficiencia con la que maneja proyectos una empresa privada es muy diferente al estado, ese puede ser un valor agregado, para emprender un negocio al que se le puede generar, atractivos dividendos.

La segunda, si el estado es el procurador del proyecto a través de las municipalidades u órgano descentralizado afín; éste, financiará el inmueble para la planta de producción a coste cero; como un valor agregado que haría disminuir el retorno de la inversión y el tiempo de recuperación. Es importante tomar esta ventaja competitiva para que el sector público y el interior de la república, puedan proyectar estos procesos y tengan la habilidad de gestionarlos, de una manera eficiente.

Es imprescindible tercerizar proyectos municipales, debe otorgársele a empresas que generen la ingeniería específica y emprendan el proyecto, a gestionar el adecuado manejo de los residuos sólidos municipales y garantizar una inversión pública para beneficio social y medio ambiental.

El espacio donde se deben depositar todos los residuos sólidos provenientes del servicio municipal como doméstico, deberá ser el lugar elegido para gestionar la disposición final de la materia orgánica, posteriormente, al proceso de separación física de la planta a diseñar.

El carácter de los residuos sólidos, depende más del contexto en que se genera que de su propia naturaleza; no solo se trata de considerar el espacio físico, sino considerar además la riqueza topográfica de nuestro país.

País donde existe una cantidad significativa de barrancos y hondonadas, esto será un valor diferencial aprovechable, donde será propicio depositar desechos, reducir la inversión del movimiento de tierras y con ello tener, una vida útil más larga, por los volúmenes manejados para el relleno sanitario. El terreno debe trabajarse para eliminar la cobertura de capa vegetal, impermeabilizar toda el área donde se depositarán los desechos sólidos provenientes de la última separación de productos, línea directa del conductor de banda de hule.

Debe de considerarse que los costos de compostaje y equipo que lo integra, no están considerados en el presente proyecto, solo se hace referencia sin considerarlo como ingreso. Tampoco se considera el equipo para compostaje como: la piscina para el tratamiento y recirculación de lixiviados, la bomba de recirculación de lixiviados, la tubería y conexiones generales.

Todas las consideraciones descritas, no son tema del contenido para este documento, únicamente lo es, el espacio que debemos prever para que se produzca a futuro el compostaje como proyecto paralelo.

El final del ciclo del vertedero debe considerarse el sellado y acondicionamiento, de tal manera que, transforme su perfil inicial de hondonada o barranco, a una explanada o superficie homogénea y bien compacta, que pueda tener un excelente valor soporte del suelo para cualquier edificación futura que se quiera. Terminarlo con un sistema perimetral de drenaje de aguas pluviales, un plan de vigilancia post clausura y estabilización al pie del área circundante con área verde; transforman un problema en una solución, aprovechando áreas muertas en activas para el cambio de uso de la tierra.

Para referencias del valor de la tierra, toma como punto de partida los valores de mercado, estos serán un límite superior de referencia, porque el mercado de oferta y demanda, se limita a terrenos planos y en áreas densamente pobladas, por lo que el interés será opuesto, terrenos muy irregulares y áreas poco pobladas.

El terreno debe guardar un equilibrio, no tan distante para no encarecer los costos de transporte diario de camiones recolectores de desechos y no tan cercano, por la plusvalía de los terrenos y la contaminación ambiental de olores y otros a vecinos cercanos.

Como referencia a vertederos con cierto tipo de control, se puede mencionar al existente; que actualmente estuvo en operación cerca de Antigua Guatemala, fuera del área de influencia y camino a ciudad de Guatemala km.37.5; El Choconal.

Este proyecto se clausuro en este mismo año 2022, por cumplir 20 años y con 26,000 mts² de superficie de vertido; el anterior vertedero se ubicó en Pastores y fue cerrado en el 2002.

Figura 4. **Propuesta tentativa de equipos**



Fuente: Beston Group. Planta de separación de residuos sólidos 20 TPH. Consultado el 15 de octubre de 2021. Recuperado de <https://www.bestongroup.com/>

El cierre técnico del vertedero actual, coincide con la apertura del nuevo proyecto que se construirá a unos 2 kilómetros arriba de El Choconal en un terreno de 7 manzanas y tendrá una vida útil de 30 años. Ya se tiene el pre diseño de la planta de segregación, línea de compostaje y relleno sanitario con tubería, laguna de lixiviados e infraestructura de ingeniería. El nuevo lugar del vertedero es aledaño al Choconal por lo que recibe el mismo nombre.

Este tipo de vertedero aún se diseña de una manera tradicional, con técnicas de tratamiento parcial, baja eficiencia en la separación de residuos, por ser de carácter manual y una comercialización tercerizada, no es una alternativa que permita como opción para hacer auto sostenible el proyecto.

El reto de migrar a un mundo tecnológico y cambiar, la matriz de riesgo medio ambiental, los paradigmas de gasto y de sostenibilidad; hacen que este análisis, realice propuestas concretas de un diseño tecnificado, innovador en nuestro medio no en el global y sostenibilidad mostrada en este modelo para que pueda ser trasladado a otras áreas de la república.

2.5.2. Edificio planta de producción

El edificio que albergará todos los equipos de separación para la planta de producción, se muestra en las Figuras 4 y 5, el dimensionamiento de equipo por los fabricantes varía de acuerdo a la configuración que se haya diseñado.

En este caso Beston, requiere de un espacio a disponer de 10 mts. alto, 32 mts. Ancho, 75 mts. largo. El espacio donde se dispondrá la línea de producción, se estima fabricar un edificio con estructura metálica, como el que se aprecia en la Fotografía 2.

Piso de operación con una resistencia suficiente para el paso de camiones, al menos de 20 t. con una losa de cimentación en concreto reforzado de 4000 psi; columnas en estructura metálica preferiblemente acarteladas, mejor opción en costo–peso.

Breizas entre columnas discontinuas para rigidizar los marcos; tijeras de las mismas características que las columnas de alma llena, acarteladas o fabricadas con angulares tipo joist para mejorar la inercia–peso; costaneras para unión de tijeras con costanera doble, de acuerdo al diseño estructural.

Figura 5. **Configuración Planta de separación**



Fuente: Beston Group. *Planta de separación de residuos sólidos 20 TPH*.

Consultado el 15 de octubre de 2021. Recuperado de <https://www.bestongroup.com/>

Rigidizantes tipo breiza intercalados en las tijeras para estabilización de la estructura; tirantes de costanera y cubierta de lámina de policarbonato esmaltada blanca con franjas de lámina translúcida para brindar iluminación. El tipo de cubierta se ajustará de acuerdo al valor estimado de metro cuadrado, imprescindible limitarse a los costos proyectados.

Por ultimo las culatas laterales como frontales también se reducirán a la misma configuración de los techos, esto se hará con el objetivo de circular la planta, hacerla funcional y consolidar la operación; al capitalizar el negocio podrán hacerse mejoras en la estructura como en la operación.

El valor estimado del edificio incluye (materiales e instalación) se calcula como en el mercado, un precio de US\$176/metro² para cubrir un área de estructura de 2,400 metros²equivalente a US\$422,400.

2.6. Descripción general de equipos principales

La maquinaria para la disposición final de desechos sólidos que constituirá la planta completa de separación será comprada en china, de marca Beston (Henan) MSW Sorting plant.

La razón de la elección: precio y calidad, contra las marcas de la competencia (Bianna, Leblan, Coparm), de no hacerlo así, los costos serán altos y poco atractivos para invertir, adelante se justificará con los flujos financieros Tabla 10.

La línea de proceso de la planta inicia en la separación de fracciones del patio de maniobras, área de recepción de la planta, donde se recibe y preparan los residuos sólidos para su proceso, del que se clasificará más tarde.

Cuenta con un área pavimentada para maniobrar con el equipo de transporte y movilización de producto, donde el transporte de camiones, deposita los residuos de forma manual, uno a uno y a lo largo del conductor de recepción de basura.

Los residuos sólidos serán depositados en un conductor principal, el que está construido básicamente con estructura metálica en la que apoya una banda de hule con todos sus accesorios. De la banda transportadora posteriormente, iniciara la separación de los productos por sus diferentes características: transparencia, magnetismo, densidad; se extraen grandes piezas de plástico rígido, metales y otros, del mismo flujo de materiales, que puedan dañar el sistema y así, maximizar la operación como eficiencia en la clasificación.

Las bolsas plásticas, como las de comestibles, se recogen manual o automáticamente y se transportan en recipientes contenedores. La planta procesadora de residuos sólidos, tendrá una capacidad instalada de 25 t/hora, con flujo de un solo paso, será una planta con técnicas actuales para la detección y separación; mencionando la clasificación con sistema óptico para la detección de plásticos HDPE y PT, pantallas de discos para la separación de cartón, papel periódico, toberas con flujo de aire para el vidrio roto mezclado.

En este proyecto se estima procesar alrededor de 65,152t. de residuos cada año; 25 t/hora x 7.14 horas x 365 días/año; en condiciones de consumo actuales, esto es equivalente a llenar un barco Panamax de 42' de calado cada año. El problema de nuestro país es, que aún no existe la cultura de la separación, convirtiéndolo en un trabajo que se multiplica al no hacerlo desde las oficinas, casas y negocios; los residuos mezclados llegarán a la planta en camiones, serán depositados en el piso de operación y los equipos, empujarán todo el producto a bandas transportadoras.

2.6.1. Conductores de banda de hule

El costo del conductor de banda de hule, integra los accesorios como complementos para su funcionamiento; incorpora la compra de láminas y perfiles de hierro, también considera todos los ejes, cadenas, chumaceras y mecanismos que son adquiridos dentro del mismo paquete; estos serán montados e instalados por el contratista ejecutor que se designe para el proyecto, Figura 6.

Sobre el conductor principal, donde pasa toda la materia prima proveniente de camiones de basura municipales o privados, está instalado un nivelador de basura de simple eje fabricado con tubo de 20" diámetro cedula 40 y ejes de 4 7/16" diámetro en los extremos apoyados en chumaceras de bronce.

Figura 6. **Conductor principal banda de hule**



Fuente: Bianna recycling. *Conductor típico de banda de hule para residuos sólidos*. Consultado el 24 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://biannarecycling.com/residuo-solido-urbano/>

Para su movimiento se utiliza dos moto-reductores de 30HP/1775 R.P.M. y reducción final con sprockets RC-160 calculados a la velocidad de diseño requerida. Ver Figura 3. Está instalado en un foso de concreto reforzado por debajo del nivel de operación del patio, el ancho depende el volumen de material a mover y varía desde 24" a 60" de acuerdo al diseño.

Transporta todos los residuos por medio de una banda de hule, puede ser con o sin esteras pegadas a la banda de hule. La estructura y los faldones laterales están construidos con vigas WF, canales, angulares y láminas de hierro negro.

En el extremo de la descarga Fotografía 3, se encuentra instalado el eje motriz con un eje de 3 7/16" de diámetro soportado en los extremos por chumaceras Rigid sleeve bearings pillow block 5823B para una polea de 8" de diámetro, donde están colocados los 4 sprockets motrices según la velocidad.

Figura 7. **Conductor de recepción residuos sólidos**



Fuente: Beston Group. *Conductor principal separación de residuos sólidos.*

Consultado el 15 de octubre de 2021. Recuperado de <https://www.bestongroup.com/>

El eje de cola también de cuatro sprockets montado con take-up para su alineamiento, justo en el extremo final de la Figura 7.

La transmisión está compuesta por una unidad hidráulica marca Savers Sunstrand MF de 24 g.p.m. con motor eléctrico marca Baldor de 75HP/1760 R.P.M. en 460V, un reductor Sumitomo de la misma potencia con relación 17.75:1, una reducción intermedia con sprockets 2RC-160, y una reducción final de engranes rectos calculados según la velocidad de diseño; que podrá variar de acuerdo al volumen de residuos sólidos a procesar en ton/hora.

2.6.2. Separador de cartón y papel OCC

La mesa separadora tiene disponibilidad de 1, 2 y 3 secciones en un ángulo de 7°, para capacidades de 18 a 60 t/hora; que varían en anchos desde 60" hasta 102", cada disco puede remplazarse sin necesidad de desmontarse al eje, cada núcleo sólido tiene un buje partido que tiene 2.6" espesor y 24" diámetro, un inserto en un eje de 3" diam., montado en cojinetes sellados tipo pillow block; en la punta del eje montados sprocket endurecidos de doble fila con cadena RC120; motor 5-7.5 HP tipo TEFC y 3 motor reductores eficientes Clase II marca Dodge (460/3/60) anti impacto.

Figura 8. **Separador cartón, vidrio y papel OCC
(old corrugated cardboard)**



Fuente: Beston group. *Separador mecánico de cartón, papel y vidrio OCC (old corrugated cardboard)*. Consultado 25 de noviembre de 2021. Recuperado de <https://www.bestongroup.com/>

La primera línea de cribado en el proceso, la ejecuta el sistema con pantalla de discos o separador balístico, dependiendo el tipo de equipo seleccionado.

En este caso se escogió el OCC (Old Corrugated Cardboard); los cuales por continuidad eliminan el cartón del resto del flujo de residuos sólidos; estos discos giran e impulsan el cartón hacia adelante, todos los demás materiales, como fibras más pequeñas y recipientes, caen a través de las aberturas y pasan al siguiente paso de cribado.

El OCC (Old Corrugated Cardboard) está diseñado para separar el cartón mezclado, desde tamaños grandes que se encuentran en el flujo del material. La fracción superior es cartón grande; el papel, el cartón pequeño y material pequeño se filtrarán. Ver Figura 8.

Esta mampara en particular se coloca al inicio de la mesa de carga, de allí se deriva la clasificación para separar cartones grandes sucesivamente al tamaño.

El segundo proceso de cribado de discos, elimina todo el vidrio y las piezas pequeñas de finos; la pantalla de discos quiebra vidrios, utiliza sucesivas filas de discos elípticos con cromo fundido de alta dureza anti desgaste, hasta que, en la última fila de la pantalla de discos, separa la materia prima con otras características, como la fibra, empaques de tetra brick, aluminio y otros materiales de recuperable valor comercial; con máxima eficiencia para el proceso.

El separador de cuchilla neumático elimina el material ligero de la línea, como el papel triturado y el papel de aluminio, ahora, cuando se captura todo el papel y se han eliminado los pequeños desechos, lo que queda en la línea del transportador son recipientes mixtos, como botellas de agua de un solo uso y latas de aluminio, botes de leche, botellas de detergente y varios otros tipos de plástico. De aquí en adelante, es el momento de separar las latas de aluminio del resto de los recipientes, así como el acero.

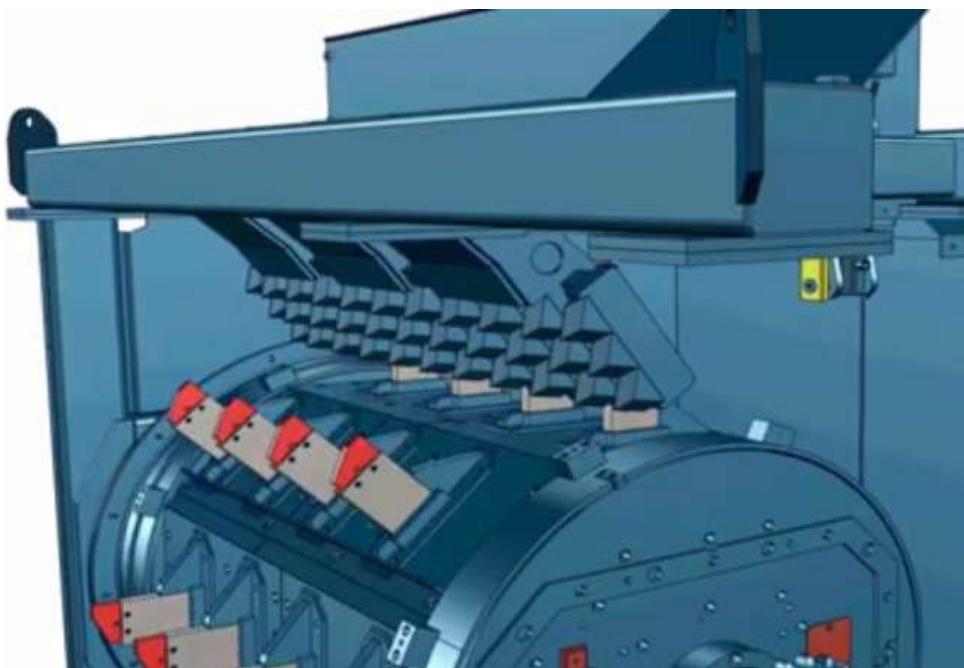
2.6.3. Abre bolsas y fardos

El objetivo principal del abre bolsas es, abrir toda bolsa que llegue a la planta de separación, vaciando el contenido, explícitamente camino del conductor antes del nivelador de volumen de basura; éste abre fardos permite posteriormente la separación manual o automática, favoreciendo el proceso de reciclaje.

Este tipo de elemento puede trabajar en líneas de proceso de residuos sólidos orgánicos, residuos urbanos de 40 t/hora y residuos mezclados de hasta 30 t/hora; dependiendo de la composición de los residuos así será la solución que recomienda el fabricante para su diferente gama de equipos. El rotor está equipado con dientes retractiles que atrapan y fuerzan a las bolsas a pasar a través de un peine que, puede disponerse de acuerdo al volumen que recibe, de una manera manual o automática. Ver Figura 9.

La abre bolsa es una trituradora, puede ser electrohidráulica y con rotores contra-rotativos, constituida por una cámara de trituración de estructura robusta soldada de tamaño adecuado, rotores de trituración, insertos limpiadores, grandes reductores epicicloidales, base de soporte y tolva de alimentación.

Figura 9. **Abre bolsas y abre fardos**



Fuente: Leblan. *Sistema abre bolsas y cajas para residuos sólidos*.

Consultado el 5 de enero de 2022. Recuperado de <https://www.leblan.com>

La característica esencial de estas aplicaciones es, la solidez que, junto con los grandes valores del par aplicado a los ejes y un moderno sistema electrónico de control de la presión, hacen estas máquinas medios fiables y altamente productivos. Los rotores de estas máquinas están hechos de acero de aleación de alta calidad.

Su forma, el espesor, y el número de picos de vertido se definen en función del material a tratar y del tamaño de las piezas requeridas a la descarga.

El sistema de control de la máquina es capaz de ajustar la presión hasta un valor máximo, establecido por el fabricante, por encima del cual interviene una función de seguridad que invierte la dirección de rotación de los rotores para rechazar los materiales demasiado duros. La máquina puede trabajar con los rotores en el sentido horario y anti horario.

En resumen, este tipo de máquina está dirigida al ajuste volumétrico de los residuos entrantes, que se obtiene por el proceso de cizallamiento continuo de residuos sólidos urbanos, residuos que llegan de la recolección selectiva, desperdicios de ramas y otros materiales a compostar, residuos de madera, palé.

2.6.4. Separador magnético

El acero será separado de la banda de hule por medio de un separador magnético; éste, es un tambor grande giratorio, colocado sobre la banda transportadora, ubicándose sobre la parte superior del transportador y suspendido sobre él, éste, se energiza con 480 Volts.

El separador, magnetiza las piezas que entran en contacto sobre la banda por el imán, trasladándolo directamente a un contenedor de chatarra, fuera de la línea. Figura 10. El resto del material se hace circular por el separador, las corrientes parásitas inducen, a medida que las latas de aluminio u otros metales no ferrosos pasan sobre él, un campo electromagnético alterno que repele las latas de aluminio lejos de los plásticos generando una fracción limpia de aluminio.

Figura 10. **Separador magnético**



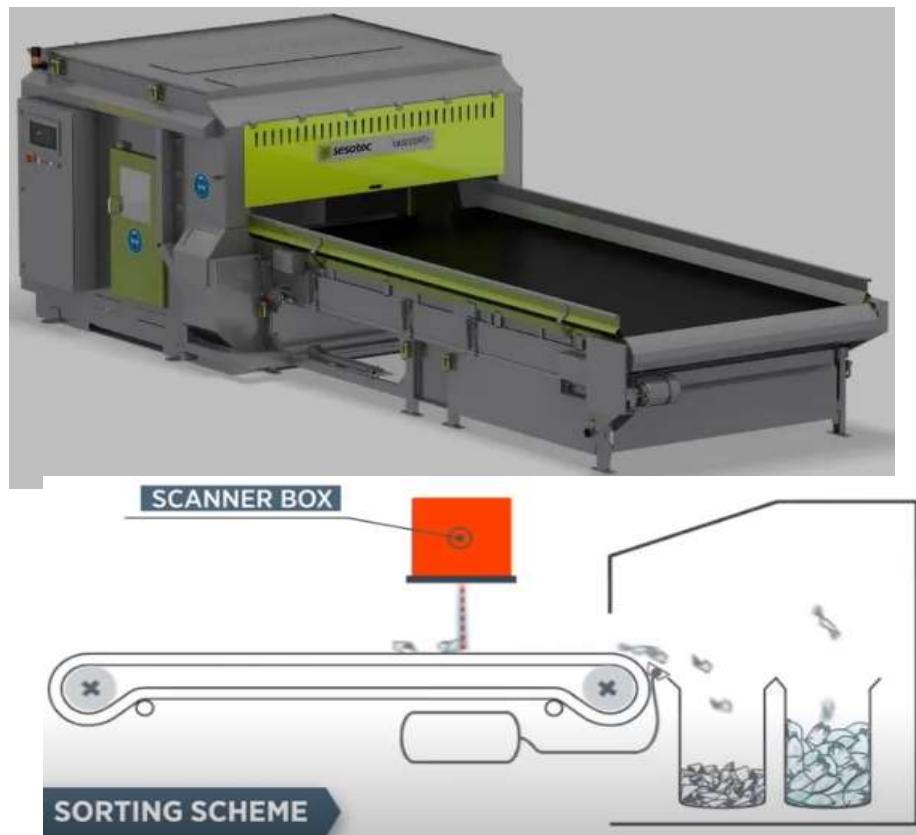
Fuente: Coparm. Separador magnético sobre banda principal de residuos sólidos.

Consultado el 15 de febrero de 2022. Recuperado de <https://www.coparm.es>

2.6.5. Clasificador Óptico

Los Separadores o clasificadores Ópticos son un sistema de diversificación para la recuperación de una amplia gama de materiales de distintos flujos de residuos, mono residuos, envases, envases con etiqueta de residuos domésticos, así como para otras tareas de clasificación en las que se combina color y material. Ver Figura 11.

Figura 11. Clasificador óptico



Fuente: Bianna recycling. *Separador óptico para reciclaje de plásticos*. Consultado el 20 de octubre de 2021. Recuperado de <https://biannarecycling.com/residuo-solido-urbano/>

En este punto, el proceso ha eliminado ya: cartón, papel mezclado, vidrio, aluminio y acero (chatarra o no); todo lo que queda son plásticos mezclados; los plásticos mezclados ahora viajan a las máquinas de separación más rápidas, estas unidades de clasificación automatizadas utilizan alta resolución, sensores avanzados por infrarrojos y de color para así conseguir el mayor desempeño en cuanto a clasificación se refiere. Ver Figura 11.

El rendimiento de separación de plásticos, utiliza un algoritmo para la identificación; estos, al determinar qué tipo de plástico se trata, expulsan un flujo de aire controlado, de tal manera que, con el volumen de aire y la densidad de los objetos, crean la fuerza necesaria para enviar el plástico detectado al apartado exacto diseñado en la manga de descarga, por tipo y por color, las primeras unidades expulsan todo el HDPE, botes de leche y botes de detergente. Seguido, clasifican el PET, las botellas de agua y las botellas de refrescos.

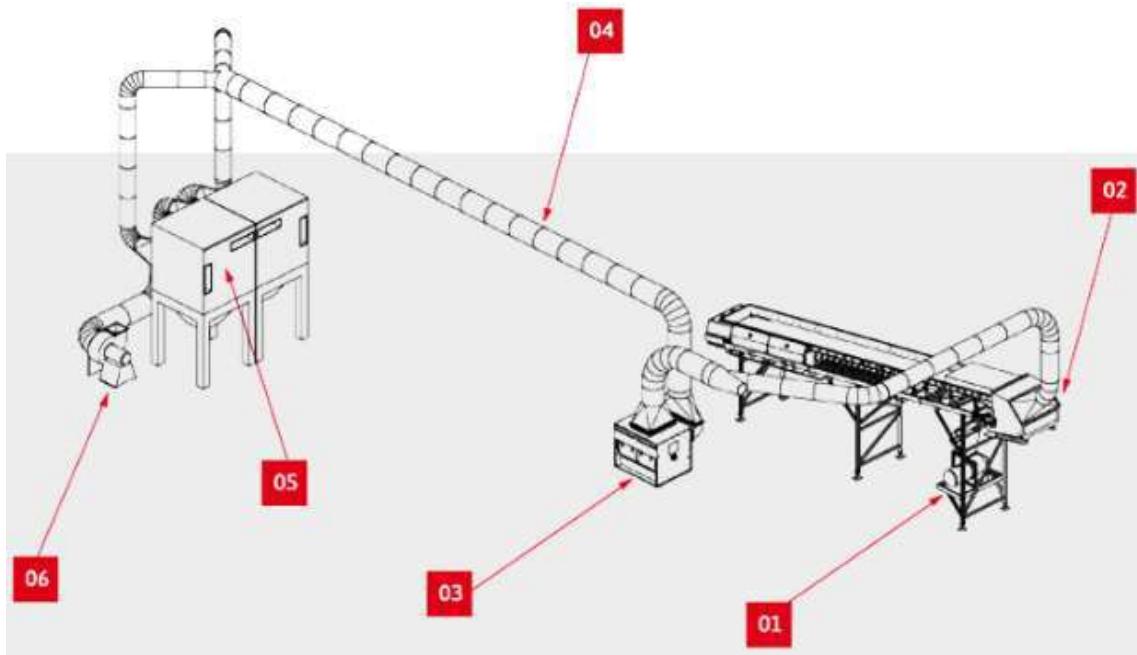
El tercer separador, automáticamente divide los envases de cartón de bebidas, así como cualquier mezcla de plásticos, todos los plásticos se separan ahora por tipo y color y se dirigen a la inspección final. Las estaciones de revisión, donde se verifica que cada material ha sido separado a través del proceso, envían todo el producto debidamente separado hacia una prensa hidráulica, donde se comprime en fardos que se regularizan a volúmenes y pesos de aproximadamente 1,000 kg.

Las plantas de clasificación y selección de envases ligeros tienen como principal objetivo la recuperación de materiales reciclables y la reducción del rechazo enviado a vertedero. Estas instalaciones, como en el caso de los pretratamientos mecánicos de residuos urbanos, pueden ser totalmente automáticas, semiautomáticas o manuales.

2.6.5.1. Sistema de aspiración para polietileno de baja densidad PEBD

Un sistema altamente eficiente y de fácil operación, es la aspiración neumática para polietileno de baja densidad en la recuperación de reciclables dentro de los residuos sólidos.

Figura 12. Sistema de aspiración polietileno baja densidad



01 Ventilador impulsión. 02. Boca de aspiración automática. 03. Disco rotatorio perforado.
04. Tubería de transporte. 05. Filtro de mangas. 06. Ventilador aspiración

Fuente: Bianna recycling. *Sistema aspiración separador óptico*. Consultado el 20 de octubre de 2021. Recuperado de <https://biannarecycling.com/residuo-solido-urbano/>

El sistema está basado en tolvas con deflectores graduables para la canalización correcta de aire; Toberas de impulsión igualmente graduables; válvula alveolar para el manejo de sólidos, la decantación de nylon aspirado y separación del aire; filtro de mangas para la eliminación del polvo; ventiladores de impulsión y aspiración; sistema de transporte por tuberías de acero galvanizado (max. 40 mts). De esta manera con este sistema, se aumenta el rendimiento de separación en comparación con los sistemas manuales; bajos costos de operación y mantenimiento.

Los accesos a la limpieza de todos los puntos críticos (incluye la tubería de transporte); captación, transporte, decantación y limpieza de aire todo en un sistema compacto.

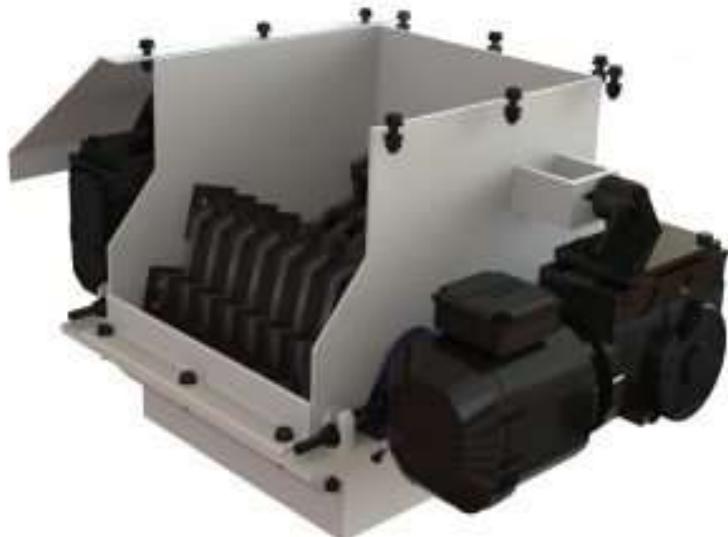
Capacidad máxima del sistema de 7,500 mts³/hr; el ventilador de impulsión trabaja a 1500 rpm y 10,500 mts³/hr con una potencia de consumo de 1.5 kW, tiene un máximo de 24 mangas de descarga; el ventilador de aspiración gira a 3000 rpm con la misma capacidad nominal del sistema y consumo de 1 kW; el compresor opera a 0.80 mts³/min a una presión de 7.5 bar. Figura 12.

2.6.6. Pinchador de botellas

Es un equipo imprescindible para aumentar la eficacia en la compresión de pacas de botellas, Figura 13, usado en plantas de envase para adaptarse a las variaciones del tipo de material de entrada; a cualquiera que sea el producto en el proceso de selección y recuperación de materiales en la línea de proceso.

- Cuchillas: cada soporte dispone de cuatro cuchillas, que además de ser intercambiables, son reversibles por los cuatro lados, optimizando así, su durabilidad.
- El pincha botellas Figura 8. Dispone de un conjunto de púas para la limpieza entre soportes de cuchillas. Soporte de cuchillas: va integrado en los ejes y el número de cuchillas y de soportes, dependerá del modelo del equipo.
- El modelo posee, dos ejes acoplados a 8 soportes de cuchilla, para albergar las 32 cuchillas por cada eje, en total son 64 cuchillas. La boca de entrada de la unidad mide 44 cms. x 44 cms.; cada eje está separado uno del otro en 270 a 300 mm.

Figura 13. **Pinchador de botellas**



Fuente: Bianna recycling. *Sistema pinchador de botellas*. Consultado el 10 de octubre de 2021.

Recuperado de <https://biannarecycling.com/residuo-solido-urbano/>

La potencia de cada motor es de 1.5 kW, en total son 2 motores con reductor integrado. Uno para cada eje. La diferencia es que un motor es fijo y el otro se puede mover para poder ajustar la distancia entre los ejes, mediante un afinador.

2.6.7. Prensa hidráulica

La prensa hidráulica Figura 14, posee detectores u ojos electrónicos de nivel, los cuales indican al operador que el contenedor está lleno y es tiempo de comprimir con la prensa IPS con un gran tornillo rotativo o prensa vertical, situada en la parte superior (puede ser horizontal). Cuando termina la compresión, la compuerta abre para descargar la paca y el producto es almacenado en la bodega o directamente a envío, esto se hace, con el propósito de optimizar los fardos para la logística de transporte y hacer eficiente el proceso de entregas.

Figura 14. **Prensa hidráulica o neumática para pacas**



Fuente: Coparm. Prensa de pacas de residuos sólidos, versión hidráulica.

Consultado el 12 de febrero de 2022. Recuperado de <https://www.coparm.es>

El conductor de banda de hule que conecta la separación final y los elementos de compresión, tiene la capacidad de manejar simultáneamente diferentes productos de pacas que separan papel de primera, metales no ferrosos hasta los plásticos, los cuales, bajo estricto control de compresión, llevan volúmenes de 18 a 70 yardas cúbicas condensadas, de acuerdo al diseño de la prensa requerido; cubos de 45"x 30"x 62" se conforman hasta que son cargados al camión.

Existen sistemas inteligentes autónomos que controlan simultáneamente los diferentes tipos de productos, con una sala de mando; donde en pantallas puede verse el flujo del proceso; tomar decisiones prioritarias y enlazar cadenas de suministro de acuerdo a las condiciones especiales de planta, totalmente independientes con procesadores que no tienen tampoco demasiada complejidad, porque se trata de lazos con algoritmos de priorización.

Todo el producto terminado, sale de la banda de entrega después de ser comprimido, es repartido y acondicionado de acuerdo a la secuencia programada diaria cargada en el sistema, un sistema autónomo no es el objetivo de este proyecto, pero a futuro debe considerarse en la ampliación de la planta.

2.6.8. Servicios varios

Existen en el mercado múltiples empresas que diseñan y construyen equipos clasificadores de residuos, como cualquier marca, éstas ofrecen sus productos y servicios; desde la planificación, puesta en marcha y ejecución total del proyecto, sin importar lo complejo que pueda ser. Desde el momento en que una marca vende su producto o servicio para ser trabajado, debe exigirse cláusulas de cumplimiento de contrato, garantía.

Con el propósito de garantizar desempeños y preservar los equipos en condiciones idóneas de operación y que ofrezcan, su mejor servicio. El montaje para la mecanización de la línea de proceso, es un tema que puede manejarse de una manera más versátil. Se ha dispuesto en la planificación adjunta y según recomendaciones de fabricante, considera que por la capacidad de los equipos; el presupuesto necesario para un grupo de 5 Ingenieros que representan la marca (Beston) a comprar.

Ingenieros que puedan supervisar las labores de montaje e instalación de la maquinaria; éstos, supervisaran a la empresa contratista que se designe.

Otra manera de contratar el servicio de montaje es, asesoría a distancia; ingenieros de la marca supervisando la labor con un mínimo de personal in situ y la contratación local de profesionales que puedan ejecutar un proyecto en condiciones previamente consensuadas, es decir, la empresa local, se hará cargo de las labores de montaje, bajo la dirección de la empresa fabricante, con las condiciones mínimas para no perder la garantía que fabrica requiere, en tiempo real.

El mantenimiento puede manejarse de 2 maneras, el presupuesto es lo más importante para decidir; la contratación del servicio de fábrica y una planilla de mantenimiento local in situ. El mantenimiento de fábrica se considera un plan para los equipos o planta de clasificación como la mejor manera de garantizar:

- Seguridad de los trabajadores y equipos
- Mayor durabilidad de los equipos
- La disponibilidad permanente de equipos
- Un alto nivel de productividad y rentabilidad

Toda fábrica de plantas de separación, ofrece diversos planes de mantenimiento que se adaptan particularmente al trabajo de cada equipo y al número de horas de trabajo:

- Visitas Preventivas Periódicas

- Servicio rápido preventivo y correctivo (básico)
- Servicio rápido preventivo y correctivo (intermedio)
- Servicio rápido preventivo y correctivo (avanzado)

Para las reparaciones como para el mantenimiento local de la planta, se considera una planilla de (2) mecánicos que puedan hacerse cargo de las labores de prevención y fallas de los equipos; puede ser la forma más económica de operar la planta.

Al momento de ejecutar el proyecto y analizar cada renglón de trabajo, se hará una solicitud al oferente del equipo por adquisición de servicios de mantenimiento, éstos deben garantizar una planta de cero paros no programados; de esta manera, con certeza, se tomará la decisión si económica y financieramente conviene una planilla de personal propio o servicios de fábrica.

La asistencia técnica se puede negociar desde el primer contacto con fábrica, los costos dependerán, de la distancia de fábrica a Guatemala y la velocidad de respuesta.

Los ingenieros de planta deberán recibir y coordinar cualquier labor de mantenimiento y reparación para la planta; el jefe de planta será el encargado de programar las visitas y coordinar con fábrica todo lo referente a la eficiente operación y disponibilidad de los equipos.

El jefe de planta buscara integrar la respuesta inmediata a los equipos existentes y coordinar con los respectivos niveles gerenciales que se necesite.

2.6.9. Costo equipos de separación residuos sólidos

El costo de los equipos se calcula de la siguiente manera: basado en la caracterización y proporción de residuos Figura 3. Por ausencia de datos locales, se toma como referencia el volumen promedio generado de residuos sólidos en la ciudad capital, contabilizado durante un año, inciso 2.4.

Con el cálculo poblacional y volumen de residuos referencia (capital), se extrae y proyectan datos poblacionales del último censo 2018 referenciados ahora al departamento de Sacatepéquez, viene de la Tabla I.

Con los nuevos datos obtenidos, se tiene el volumen de residuos sólidos que se necesitan darle tratamiento final en el lugar deseado y en el tiempo requerido.

Es importante notar que el equipo que se encuentra cotizado es un precio global del fabricante de los equipos desde China. La maquinaria Beston se cotiza en el mercado asiático por medio de empresas offshore, en línea o directamente en fábrica; los mejores precios son los encontrados en fábrica, por contacto directo y sin intermediarios; de momento el precio cotizado es el precio en línea.

El haber solicitado una oferta on line, es un servicio no personalizado y no pueden solicitarse muchos detalles: descuentos, equipo por equipo y características especiales, por eso, esta oferta tiene un precio global por la línea de proceso básica, ideal para el propósito de separación de los productos a reciclar; que el precio global FOB China de todo el equipo es de US\$338,000.

El equipo saldrá desde fábrica en Shangqiu, ciudad prefectura en la provincia de Henan, República Popular China; viajara aproximadamente 380 kms. Vía terrestre en 12 contenedores de 40' largo, se cobrará en total por el concepto de flete US\$18,000. El flete incluye, flete terrestre y carga desde tierra al barco en el puerto de Lianyungang; el destino del equipo vía marítima, arribará a puerto Quetzal 30 a 40 días después de embarcarse, dependiendo la naviera y países en tránsito.

Tabla III. Costos equipo separación. FOB China US\$

Descripción del equipo	Cant.	Peso	Potencia
		kg	kW
Alimentador principal	1	2,100	15.3
Banda de alimentación y accesorios	2	3,000	4.4
Pantalla de clasificación	1	8,700	15.0
Banda de salida	1	2,786	2.2
Separador balístico	1	6,900	5.0
Banda de salida	1	763	2.2
Separador magnético	2	700	3.0
Separador de corriente	1	3,800	7.7
Plataformas manuales	1	8,700	4.4
Sistema separador de plásticos	1	4,500	22.0
Prensa automática	2	11,500	15.0
Gabinete de control	1	160	
		53,609	96.24
Costo total del equipo		US\$ 338,000	

Fuente: elaboración propia realizado con Word

Para el pago de flete marítimo, se cobraban (antes de la crisis) US\$3,240 por contenedor de 40' y US\$1,600 por uno de 20'; Ahora el precio cambio a US\$10,200 por contenedor de 40'; en total se pagará por flete marítimo, incluye descarga en puerto y honorarios de liberación de aduanas US\$122,400.

Para los aranceles de importación, en la lista de desgravación arancelaria de Guatemala, tabla SAT rubro 84791000 (SAT, 2021); respecto a máquinas y aparatos para obras públicas y trabajos análogos; está considerado como categoría A y libre de arancel.

Tabla IV. **Costo total de equipos de separación en obra**

Descripción de costos	25 T/hr.
Costos de maquinaria en China	US\$
Maquinaria marca Beston ex Works	320,000
Flete Maquinaria marca Beston FOB a puerto China	18,000
Maquinaria marca Beston FOB en barco China	338,000
Costos de maquinaria en Transito Fabrica a Obra	
Aranceles de maquinaria en Guatemala	0
Flete marítimo puerto chino a guatemalteco + honorarios	122,400
Impuesto al valor agregado maquinaria IVA	38,400
Costo de maquinaria puesta en Guatemala	498,800
Flete terrestre Guatemala y descarga en obra	6,892
Costo de maquinaria puesta en Obra	505,692

Fuente: elaboración propia realizado con Word

Todo proyecto debe considerar imprevistos que se presentan, éste no es la excepción. Se considera un valor de 5 % para este rubro, monto que podrá disponerse por cualquier incremento en los ítems cotizados y que no pueda cumplirse el sostenimiento de oferta por el fabricante. En lo referente a impuestos de importación de todo el equipo necesario, se pagará US\$38,400 de IVA.

Aun faltaría el equipo liberado, tenerlo completamente descargado en obra; para trasladarlo de puerto a obra.

La estimación del flete terrestre se calcula precio de plataforma de 40', Q18/km de plataforma por viaje, la descarga de grúa en obra para los contenedores, corresponde a US\$ US\$6,892. En total la suma de todos estos costos se resume en la Tabla 4 a US\$505,692. La cotización de este tipo de maquinaria fue hecha a finales de enero del año en curso en el mercado asiático, en el portal de alibaba, fue enviada por fabricante chino, marca Beston con la cotización BFX-200 Proposal. Después de haber contactado a varias empresas como Leblan, Coparm, Bianna recycling.

Estos equipos deben mostrar una disposición firme e interés para la compra, de otra manera los distribuidores regionales de las diferentes marcas, únicamente dan información básica en cotización y detalles técnicos, pero suficientes para poder estructurar un proyecto con costos y especificaciones que ayuden a la toma de decisión de este tipo de emprendimiento.

Es por ello que la única oferta firme y por escrito fue realizada por el fabricante de Beston, que mantiene la oferta de 2 a 3 meses, como cualquier otro fabricante, de allí las consideraciones que se hacen por variaciones en el costo de maquinaria como en el flete marítimo, especialmente la crisis de contenedores en China donde existe variación de precio, costos considerados en la cuantificación general de proyecto.

3. COSTOS DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y FLUJOS FINANCIEROS

3.1. Maquinaria para trasiego de producto

La movilización de residuos es uno de los rubros importantes para hacer eficiente el proceso de reciclaje en la planta, está ligado a la limpieza que saca todo residuo sólido del patio de maniobras y en espera para ser separado. Ver en la Figura 15.

Los montículos de residuos sólidos que caen de los camiones, se empujan con la ayuda de un cargador frontal, pueden variar las marcas que existen en el mercado, desde Caterpillar, Komatsu o Volvo y dependiendo del costo de adquisición. Para hacer movimientos más pequeños de limpieza, se dispondrá de un bobcat, que tiene menor costo económico y operacional para disminuir la inversión y su retorno.

Todas las pacas que se obtendrán después del proceso de compresión, saldrán de la prensa hidráulica y listas para ser dispuestas al piso de operación o a los camiones que aguardan su carga; para ello se requiere de un montacargas de 1.5 a 2.0 t. de capacidad que se utilizara para el movimiento de producto terminado y la carga al transporte de entrega.

El rubro referente al combustible de los equipos está considerado en la operación del mismo, posteriormente se razonará la estrategia y gastos que se consideran determinantes.

El costo de cada unidad es: US\$145,000 para un cargador frontal, US\$40,000 de un bobcat y montacargas de US\$48,000. Precios obtenidos por Gentrac y Magsa a inicio de año 2022.

Figura 15. **Maquinaria y equipo pesado**



Fuente: Gentrac. *Maquinaria pesada movimiento de tierras.*

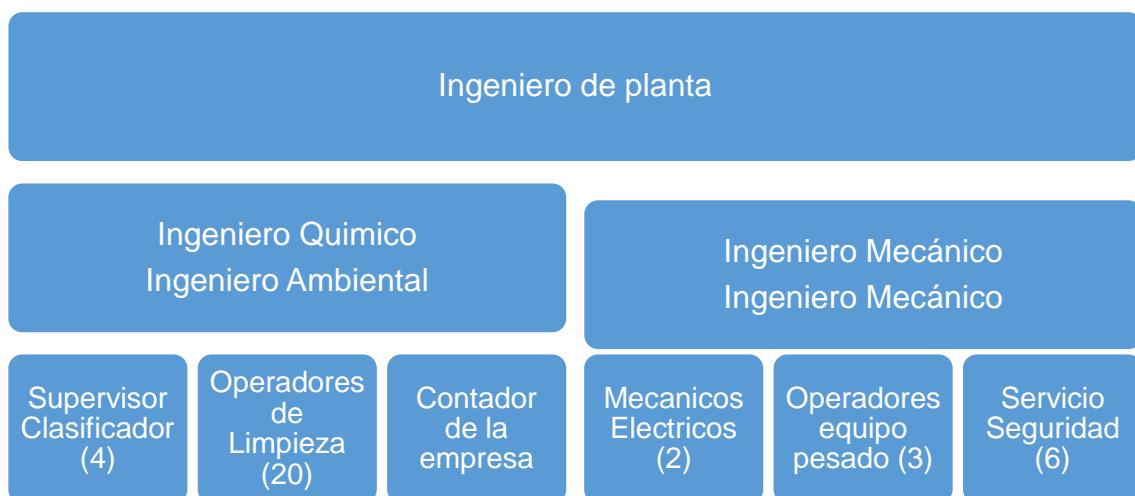
Consultado el 12 de febrero de 2022. Recuperado de <https://www.gentrac.com.gt/>

3.2. Planilla de operación

Para consolidar una operación exitosa, es necesario tener el personal calificado para los requerimientos de la planta; un líder, que dirija, supervise y que informe a los socios de la empresa, municipal o privada. Se nombra un gerente general como el administrador de la planta. A continuación, se detallan los cálculos para salarios por rangos y las correspondientes prestaciones laborales, Y en qué consisten.

Sera necesario para desarrollar la operación diaria y coordinar turnos o la logística que la empresa requiera, cuatro Ingenieros con formaciones complementarias. Ver organigrama en la Figura 16.

Figura 16. **Organigrama de la empresa**



Fuente: elaboración propia 2022, realizado con WordArt

Se presentó el organigrama de la empresa, con la sugerencia del fabricante del equipo y como recomendación profesional para una operación confiable.

Un Ingeniero que tenga la especialidad de Ingeniería química, dos Ingenieros mecánicos y un Ingeniero ambiental. Disponibles para los horarios ordinarios y días festivos; la razón, poca disponibilidad de espacios en la planta, será necesario no acumular desechos por higiene sanitaria y volumen operativo, así que quedan sujetos a las disposiciones de gerencia.

La forma de pago para el administrador e ingenieros tendrá un salario ordinario y prestaciones laborales, sumado a una bonificación que incluirá el correspondiente impuesto del IVA, el valor de cambio actual de Q7.80/>. El administrador tendrá un salario base de \$641.03, prestaciones de \$268.18 y la bonificación de \$1,923.08 sumado el IVA de \$230.77; IVA que tendrá que facturarse; equivale a un total mensual de \$3,063.06.

A los ingenieros se les paga con la misma estructura salarial que al administrador, un salario base o nominal de \$641.03, le agregamos prestaciones de \$268.18 y la bonificación de \$1,538.46 sumado el IVA de \$184.62 eso equivale a un total mensual de \$2,632.29 por ingeniero, un total de cuatro ingenieros son \$10,529.20.

Los operadores de limpieza se les paga con un salario nominal o base afecto a las prestaciones de ley, no devengan ningún tipo de bonificación especial; si en la marcha se decidiera mejorar el rendimiento, podrá considerarse un bono de productividad o por meta.

El salario devengado por operador será de \$512.82, le agregamos prestaciones de \$214.55 eso equivale a un total mensual de \$727.36 por operador, un total de veinte operadores son \$14,547.17 mensuales.

Los operadores de limpieza apoyaran las labores diarias de separación en las líneas y en toda la planta para que se conserve en condiciones óptimas. Los operadores clasificadores, el operador de bobcat, el operador de montacargas y los mecánicos; ganaran igual.

Tendrán el mismo salario base o nominal afecto a las prestaciones de ley, no devengan ningún tipo de bonificación especial. El salario devengado por operador será de \$641.03 mensual, le agregamos prestaciones de \$268.19 eso equivale a un total mensual de \$909.21 por operador. Así que para los operadores clasificadores que suman cuatro personas el total será de \$3,636.85. Para el operador de bobcat y montacargas el total será el mismo de \$909.21. Para los dos mecánicos el salario total será de \$1,818.42.

Para que, tanto equipo como maquinaria pesada opere correctamente, se requiere de dos mecánicos de planta disponibles para los mantenimientos y la reparación de todos los equipos y maquinaria, los mecánicos y operadores estarán bajo la supervisión del departamento de ingeniería.

Para calcular el salario del operador de cargador frontal, se ha estimado \$769.23 mensual, le agregamos prestaciones de \$321.82 que equivale a un total mensual de \$1,091.05 por operador. Los operadores de maquinaria pesada, tendrán como responsabilidad primordial, ingresar a la línea todo el producto ingresado en el patio de operación por los camiones de basura, recoger el producto derramado a través de la línea y retornarlo para su respectiva separación.

El sueldo para contador o firma contable se calcula un pago mensual de \$641.03 sumado a un IVA de \$76.92 para un total de \$717.95.

Finalmente, en lo que se refiere al cuidado de activos de la planta, se tendrán ocho guardias en total, en dos turnos de cuatro agentes cada uno. Los servicios de seguridad contratados o propios, se ha estimado un salario por cada agente de seguridad de \$384.62 con el correspondiente IVA de \$46.15 igual a \$430.77, para el total de agentes asciende a \$3,446.19 en la planilla.

Tabla V. Presupuesto planilla de operaciones

Planilla de operaciones mensual	Cant.	Salario con Prestación \$
Descripción del puesto		
Administrador de la planta	1	3,063.07
Ingeniero mecánico	2	5,264.60
Ingeniero químico	2	5,264.60
Operadores de limpieza	20	14,547.17
Operadores clasificadores	4	3,636.85
Operador de cargador frontal	1	1,091.05
Operador de bobcat	1	909.21
Operador de montacargas	1	909.21
Mecánico	2	1,818.42
Contador	1	717.95
Seguridad	8	3,446.19
Total planilla operación mensual Q		40,668.45

Costo total planilla operación mensual **US\$ 40,668.45**

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Word

La suma de todos estos costos corresponde a los \$40,668.45 de la planilla de operación y mantenimiento de la planta. Ver Tabla V.

Los operadores clasificadores estarán disponibles para las áreas de revalorización de productos. Tendrán a su cargo la logística de recolección y separación de residuos; como la entrega de producto terminado, destinado, al reciclaje.

La planilla de trabajadores estará sujeta a las prestaciones de ley, que el país aplica (social, 1992), y que se detalla a continuación:

Tabla VI. Prestaciones laborales de ley para el trabajador

10.67%	IGSS patronal
4.83%	IGSS trabajador (no suma a prestación de ley)
1.00%	INTECAP
1.00%	IRTRA
8.33%	(Bono 14, aguinaldo e indemnización = cada uno)
4.17%	Vacaciones
41.837%	Sumado al salario nominal afecto.

Fuente: Ministerio de trabajo y prevención social. *Prestaciones laborales de ley Guatemala*.

Consultado el 21 octubre de 2022. Recuperado de <https://www.mintrabajo.gob.gt>

El resumen de puestos y salarios se detalla en la misma Tabla VI.

Conforme la operación avanza, lo hace también la separación de residuos. Cada espacio de clasificación se llenará de acuerdo al tipo de producto a revalorizar.

Las áreas operativas desplazan el producto terminado y lo mueven al área de transporte, donde se dispone a trasladarse en pacas comprimidas para su destino final, el cliente. Los ingenieros y mecánicos, programaran las labores de mantenimiento preventivo en horarios adecuados que no interfieran con la operación y pueda realizarse continua, fluida y libre de imprevistos. En lo que respecta a las labores administrativas, apoyando al gerente general e ingenieros, estará un contador encargado de pagos y compromisos fiscales de la empresa.

Con esta planilla de operación, la planta tendrá la capacidad de cumplir su función, recibir la materia de residuos sólidos, transformarla para recuperar productos reciclables, revalorizarlos y obtener crecimiento económico y beneficio ambiental que retorne en inversión social y económica.

3.3. Planilla de mantenimiento y reparación

Todos los costos para mantenimiento y reparación, pueden verse en la Tabla VII. Para establecer los valores de depreciación, mantenimiento y reparación se utiliza el criterio profesional, para asignarles un valor a cada partida presupuestaria. El mantenimiento mecánico y eléctrico del edificio y circundantes, incluyen los servicios y lo referente a la empresa en general. Para este rubro se tiene asignado un valor de \$40,000 anuales o US\$3,333.33 mensuales. Para gasto de insumos y repuestos necesarios que garantizan la operación y funcionamiento de infraestructura, recomendaciones de fábrica.

Se considera una partida para la reposición del equipo a lo largo de su vida útil, estimado por el fabricante, que indica, 20 años puede ser un valor razonable para depreciar técnicamente el equipo, un presupuesto mensual para el ahorro de US\$ 2,107.05 (depreciación del equipo de separación).

Este monto es calculado como el monto total de la maquinaria de separación con valor de \$505,692 en un periodo de 20 años, destinado al remplazo total del equipo adquirido, recomienda fábrica.

Tabla VII. Planilla de mantenimiento y reparación

Planilla de mantenimiento y reparación	
Rubros de gastos mensuales	Total US\$
Mantenimiento mecánico eléctrico edificio y línea	3,333.33
Depreciación maquinaria línea operativa (20 años)	2,107.05
Uniformes para la operación (overall y EPP operación)	2,853.85
Capacitación a empleados en general (1 o 2 al año)	833.33
Combustible cargador, bobcat y montacargas	10,435.38
Mantenimientos (bajas reparaciones equipo nuevo)	3,000.00
Depreciación cargadores y montacargas (15 años)	1,294.44
	23,857.39

Costo total mantenimiento y reparación **US\$ 23,857.39**

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Word

Con los equipos de maquinaria pesada, la misma analogía de la maquinaria de separación, calculado como el monto global de la maquinaria pesada con valor de \$233,000 en un periodo de 15 años, tendrá un valor de reposición periódica de US\$1,294.44 mensuales. Si consideramos valores futuros, es necesario revisar el inciso 3.5.3., de flujos financieros, en esta tabla se calcula el valor del dinero en el tiempo. Para la operación de la planta, todo el personal, especialmente los operadores estarán debidamente identificados y portarán trajes que les den la protección adecuada para la manipulación de materiales contenidos en los residuos sólidos.

Los operadores tendrán overall completo, guantes protectores, mascarilla de carbón activado para proteger inhalaciones orgánicas, lentes industriales y protectores faciales debidamente identificados.

El equipo personal de protección se provee para cubrir necesidades básicas sanitarias como de seguridad industrial del trabajador, el rubro por trabajador mensual para su equipo de protección personal EPP y uniformes, estimado en \$2,853.85 mensual. Desglosado en: mascarillas de carbón activado, guantes de cuero, gabachas de cuero, guantes desechables, casco de protección, lentes de seguridad, que suman Q530/mensual por los 42 miembros de la planta de operación.

Todo trabajador deberá ser capacitado por la empresa, es importante que mantenga al personal en condiciones idóneas en el manejo operativo de la planta. Con la finalidad de que el personal resuelva inconvenientes que puedan darse, el conocimiento diario de su quehacer, es el aval más valioso para especializarse en su trabajo.

Se tiene considerado un presupuesto anual de \$10,000 para capacitaciones dos por año en diferentes grupos. Para capacitaciones se dispone mensualmente de US\$833.33, con que se educará a toda la empresa, alta gerencia y operadores, para garantizar un proceso de primera línea y un crecimiento de acuerdo a las necesidades actuales y futuras. Con el objetivo de alcanzar los requerimientos necesarios para certificar la planta y estar en un alto nivel de competencia.

El funcionamiento de los equipos de maquinaria pesada, estará condicionado por el consumo de combustible, esta línea específica: cargador frontal 4 galones/hora; bobcat 3 galones/hora y montacargas 2.5 galones/hora.

Se estiman 7.14 horas promedio de trabajo hasta que la demanda lo permita, estas horas de trabajo incrementaran con el tiempo y la demanda según estimaciones contempladas en Tabla II pag. 55. El tiempo de vida útil de proyecto por los treinta días laborables del mes. El combustible se calcula a un valor promedio de Q40/galón, en la actualidad, que genera un total mensual de US\$ 10,435.38. Tomando en consideración que se tiene un equipo nuevo, tanto en el equipo de producción como en maquinaria pesada, se estimó un valor mensual global de US\$3,000.00 que se dispondrá para mantenimientos de la maquinaria en general.

Detalle de todos los costos, están incluidos los estudios de factibilidad e ingeniería conceptual, tal como el que se plantea en este trabajo; los estudios de ingeniería de asesorías, planos, licencias y la compra de activos tales como: terreno, obra civil, mecánica y eléctrica para el edificio, instalaciones y complementarios, así como la compra del equipo de producción y maquinaria pesada; sin olvidar la organización de la administración y la operación para la puesta en marcha. Se puede ver el detalle en Tabla VII.

Deben considerarse todos los costos implícitos en el desarrollo, presentes y futuros, incluyendo la reposición del equipo que se devalúa a través del tiempo, devaluación necesaria para establecer el periodo de reposición del activo (vida útil) y seguir operando.

El sostenimiento de oferta, el detalle de cotizaciones y fechas ofertadas, están detalladas en los rubros donde se detalló el desglose de contenido. Los costos de producción son importantes para generar ganancia financiera o económica, tiene que establecerse; salarios de empleados, incluyendo sus prestaciones laborales y bonos de rendimiento.

3.4. Resumen de costos de inversión y gastos de operación

La integración de costos de inversión que se presentan en la Tabla VIII. Están calculados para cubrir las dos alternativas, la inversión pública y privada. La diferencia entre uno y otro costo es, la consideración del valor del terreno que la iniciativa privada debe proveer por compra o arrendamiento, para la realización del proyecto. En ese contexto, si se calcula la inversión pública, se resta el valor del terreno calculado en \$ 780,000; a la inversión total de \$ 1,599,345; este precio se justifica en el inciso 2.5.1. De ser inversión privada, la misma tabla, considera ese costo, lo suma y lo integra en los valores del flujo financiero de la Tabla XIII. Página 111.

Los costos pre operativos o de inversión inicial, son todos aquellos en los que se incurre desde que la idea original del proyecto, nace en la medida que la investigación y análisis requieren, dando resultados en los flujos financieros, ambientales o sociales. El resumen de costos totales, se puede ver a continuación en la Tabla IX; la integración de los costos que darán vida al proyecto puede verse al nivel de detalle que representan.

Detalla todos los costos, incluidos los estudios de factibilidad e ingeniería conceptual, como el que se plantea en este trabajo; los estudios de ingeniería, asesorías, planos, licencias y la compra de activos como: terreno, obra civil, mecánica y eléctrica para el edificio, instalaciones y complementarios, así como la compra del equipo de producción y maquinaria pesada; sin olvidar la organización de la administración y la operación para la puesta en marcha.

Tabla VIII. Integración total de costos de proyecto

Descripción y detalle de costos	Costo US\$
Costo de la maquinaria marca China	505,692
Compra del terreno. (1 manzana mínimo) total	780,000
<u>Movimiento de tierras, dependiendo topografía</u>	
Corte de capa vegetal 0.30 mts.	4,615
Relleno de selecto 0.30 mts.	11,077
Diseño de cálculo estructural edificio	24,000
Construcción piso estructural 4000 psi reforzado edificio	83,077
Fabricación estructura metálica edificio (32 x 75) mts.	422,400
Ingeniería de montaje e instalaciones Guatemala	33,000
Instalaciones elect.: Iluminación edif. (fuerza 92.34kW)	81,359
Ingeniería y Asesoría fabricante China	60,000
Cargador frontal marca Komatsu WA150-6 de 1.7 mts3	145,000
Mini Cargador marca Bobcat S590	40,000
Montacargas Marca Komatsu de 1.50 t.	48,000
Asesoría y Dirección para instalación y operación	8,000
Boletos aéreos de Ingenieros Chinos	10,000
Hotel Ingenieros Chinos	23,077
Alimentación Ingenieros Chinos	15,385
Transporte Ingenieros Chinos Hotel a Obra	1,538
Campamento en Obra	2,000
Dirección técnica del proyecto de Ingeniería RSM	81,125
	2,379,345

Costo total del proyecto **US\$ 2, 379,345**

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Word

Deben considerarse todos los costos implícitos en el desarrollo, presentes y futuros, incluyendo la reposición del equipo que se devalúa a través del tiempo, necesaria para establecer el periodo de reposición del activo (vida útil) y seguir operando.

La oferta, el detalle de cotizaciones y fechas ofertadas, están detalladas en el desglose de contenido. Los costos de producción son importantes para generar ganancia financiera o económica, además de; salarios de empleados, incluyendo sus prestaciones laborales y bonos de rendimiento.

Los gastos de administración, repuestos y mantenimiento de los bienes de capital, así como los generales también se consideran en los costos globales. Es importante asignar parte de los ingresos para cubrir gastos programados, si se contrajeron por medio de préstamos, al inicio del proyecto. Mientras que los costos de inversión son esenciales para funcionar a largo plazo, los operativos, permiten que el proyecto funcione a corto plazo.

Un detalle importante en el cálculo de la inversión es, identificar debidamente el tipo de costos; tener la certeza del momento del gasto, de esa manera no existirá diferencias en los fondos, para evitar falta de liquides y paralización de la obra u operación por falta de efectivo. Debe identificarse a través del flujo de efectivo, los diferentes desembolsos por capital ajeno o propio, que solventen estas amortizaciones y que puedan generar intereses altos por una mala planificación.

El aporte municipal se calcula en base al porcentaje poblacional de cada uno de los municipios que estarán en el proyecto, ver la Tabla X.

Tabla IX. Resumen de inversión inicial y gastos financieros

Sub totales de inversión y gastos	Total US\$	Total US\$
	Única vez	Mensual
Inversión compra de predio	780,000	
Inversión inicial Ingeniería, maquinaria y edificio	1, 599,345	
Global de operaciones de la planta		40,938
Global de mantenimiento y operación		23,857
	2,305,073	64,795
Costo total de la inversión US\$	2, 379,345	64,795

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Word

3.5. Aporte para la inversión inicial, operativa y participación de proyecto

La participación de las comunidades estará determinada por el acceso al servicio que tengan en la planta de procesamiento; se tiene que visualizar como un todo y cada uno de los municipios contraerá un compromiso económico y financiero en la fundación de la planta de separación de residuos sólidos.

En la Tabla X, se muestran los municipios que integraran la mancomunidad de la sociedad para establecer la planta de separación; en la columna de participación, se presentan los porcentajes directos de aportación de cada municipio integrante, en la inversión inicial, se establece el aporte municipal del terreno a coste cero, columna (Con aporte).

Tabla X. **Participación municipal en el proyecto del diseño modelo**

No.	Municipio	Participa	Sin aportar	Con aporte
		%	Terreno	Terreno
1	Antigua Guatemala	14	331,584	222,884
2	Sumpango	11	268,268	180,324
3	Ciudad vieja	10	240,513	161,668
4	San Lucas Sacatepéquez	7	168,255	113,097
5	Jocotengango	7	155,928	104,812
6	Santa María de Jesús	7	157,952	106,172
7	San Juan Alotenango	7	172,697	116,083
8	Pastores	5	128,259	86,213
9	Santo Domingo Xenacoj	4	89,293	60,021
10	Santa Lucia Milpas Altas	5	112,103	75,353
11	Magdalena Milpas Altas	4	85,362	57,379
12	Santiago Sacatepéquez	9	210,511	141,501
13	San Miguel Dueñas	4	91,410	61,444
14	San Antonio Aguas Calientes	3	81,697	54,915
15	San Bartolomé Milpas Altas	2	56,274	37,826
16	Santa Catarina Barahona	1	29,239	19,654
		100	2, 379,345	1, 599,345
Total de inversión por municipio Q			2, 379,345	1, 599,345

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Word

En el caso que, la mancomunidad aporta el terreno municipal, cualquiera sea el sitio; entonces, la Antigua Guatemala actualmente con una población de 46,054 habitantes, que representa el 14 % del total poblacional 330,469a participar en el proyecto de inversión, y en la generación de residuos.

\$1,599,345es el total del proyecto, Antigua Guatemala tendrá que aportar, de acuerdo a la estructura de aportes, \$222,884; al integrar cada vez más municipalidades, minimiza costos operativos como de inversión, y maximiza el volumen de residuos sólidos procesados.

Se determinará si las ventas por concepto de productos reciclables, llenan las expectativas de comercializarlos y cubrir el monto de las inversiones en un tiempo razonable y si el proyecto será auto sostenible en el tiempo.

3.5.1. Recuperación de inversión a través de venta de reciclables

La venta de reciclables en Guatemala puede realizarse de diferentes maneras; la más efectiva, de mayor rentabilidad y de mejor garantía en cuanto a tiempos de contrato; son las empresas de las mismas marcas.

Es decir, no se tiene que crear un departamento de ventas o mercadeo para comercializar los productos revalorizados, se trata de ofrecer los envases de productos depositados a la basura recurrentemente por sus clientes y pertenecientes a sus propias marcas. La oferta por venta de reciclables puede verse en (libre, 2020, p. 1) compradores a mayoristas.

Hoy día las empresas buscan ahorro energético, sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

Las empresas matrices que son de carácter transnacional, generan incentivos e imponen sanciones globales cuando sus indicadores de ahorro energético están a la baja, el solo hecho de aumentar el consumo, es medido y reportado periódicamente para corregir.

La venta de reciclables genera mensualmente, ver Tabla XI, un valor de \$ 4,412.11, este concepto corresponde a la revalorización que se le dará a la materia prima en la línea de separación de residuos sólidos, sin considerar el valor del compostaje; este tema se considera por separado como un proyecto paralelo o futuro; únicamente se evalúa la capacidad y disponibilidad económica inmediata para la financiación del proyecto.

En la Tabla XI, se calculan los ingresos por concepto de venta de reciclables, los cuales son el resultado del cálculo del volumen total de materia prima recolectada. El volumen total de residuos (100 %) que ingresa diariamente al proyecto de separación de residuos, corresponde a 178.45 t/día ver la Tabla II.

Si consideramos la composición del plástico rígido PET en los residuos con 9% en su composición Figura 2, se tiene una fracción de 16.06 Ton/día para recuperar; de ese subtotal recuperado, el valor comercial o de mercado puede venderse a (Q40/qq) \$5.13/qq; el total en ventas por este rubro es \$ 1,816.24/día. De esa forma se integra el concepto de ingresos por venta de reciclables.

Tabla XI. Ingresos proyectados por concepto de reciclables

Composición de residuos	%	Fracción	Revalorar	Total diario
		T/día	\$/qq	\$
Materia orgánica	53	94.58	0.64	1,334.41
Desperdicios sanitarios	9			
Plástico rígido y PET	9	16.06	5.13	1,816.24
Papel y cartón	6	10.71	2.56	604.42
Vidrio	2	3.57	1.28	100.74
Electrónicos	1			
Metales ferrosos	1.5	2.68	19.23	1,136.12
Desperdicios peligrosos	1	1.78		
Envases de aluminio	1	1.78	19.23	754.59
Textiles	5	8.92		
Combustibles varios	3	5.35		
No combustibles varios	2	3.57		
Finos	1	1.78		
Diversos	5	8.92		
	100			
Venta total de reciclables				4,412.11
Venta total de reciclables + Compostaje				5,746.52

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Word

3.5.2. Venta en el mercado y precios estimados

Es importante hacer el comparativo que anticipa los montos totales de inversión, versus los dos escenarios que se puedan presentar y se explican a continuación, es decir, la recuperación de capital a través del tiempo.

El segundo valor que aparece en la Tabla 10 de \$ 5,746.52 representa el aporte que la venta del Compost deja al proyecto, este es un valor determinante para bajar el tiempo de recuperación de capital y los intereses abonados al pago del mismo, esto puede visualizarse en la Tabla 9. Solo referencia sin considerar el costo.

Creados los dos escenarios, podrá determinarse de acuerdo al ingreso de capital; producto de las ventas de reciclables; el tiempo en que se recupera la inversión inicial, de acuerdo a las características y condiciones del proyecto.

3.5.3. Flujos financieros

En el régimen municipal capítulo VII artículo 257 de la constitución política de la república de Guatemala, ampara a las municipalidades y reconoce una asignación presupuestaria del 10% obligatoria de carácter constitucional. Este porcentaje deberá ser distribuido en la forma que la ley determine, y destinado por lo menos en un noventa por ciento para programas y proyectos de educación, salud preventiva, obras de infraestructura y servicios públicos que mejore la calidad de vida de los habitantes; el restante 10% lo autoriza para funcionamiento. Podemos considerar que, si el presupuesto nacional para el 2022 fue de Q 103,992 millones, entonces.

Se tienen recursos disponibles estimando que La Antigua Guatemala en el 2022 le fueron asignados 25.5 millones de quetzales; Sumpango 9.8 millones, Ciudad Vieja recibieron 10 millones y Santiago 9 millones de quetzales; entre los 4 municipios se conforma el 33% de la integración del proyecto, juntos suman 54 millones de quetzales cada año; esto quiere decir que, si decidieran hacerlo con fondos propios lo financiarían con el 8.4% de este presupuesto.

Debe tenerse claro que los ingresos municipales pueden variar, de acuerdo al presupuesto autorizado, la captación de impuestos a través de la SAT, consideraciones especiales de pandemia, recesión mundial 2021, inflación calculada por banco de Guatemala.

Considerando un préstamo bancario al 10 % a 4 años para no descapitalizarse y el predio es propiedad municipal, por ende, coste financiero cero; sin dejar de atender proyectos en tránsito de la administración anterior; los socios deberían aportar un 10.3 % del total constitucional otorgado por ley. El mismo valor de intereses de un préstamo bancario, puede aportarse del ingreso constitucional de los socios sin el pago de intereses y con capital municipal propio, autofinanciado.

Si el proyecto de inversión lo ejecuta la iniciativa privada, tendrá que pagar el préstamo (predio + infraestructura) ver Tabla XIII. Ese nivel de endeudamiento, no permite que el período de recuperación de capital baje de 10 años. De tener el mismo caso, pero con inversión pública (municipal) ver Tabla X; el aporte de cada uno de los socios llegaría al 20.8 % del aporte constitucional otorgado a las municipalidades; éste caso, hipoteca la inversión municipal y limita cualquier proyecto en tránsito que pudieran tener. Por eso es importante otorgar un terreno municipal para financiar parte del proyecto, viabilizarlo y rentabilizarlo.

Cada uno por separado, iniciativa privada y municipalidades, debe analizar sus capacidades, la disposición y disponibilidad de endeudamiento por vía bancaria o por institucional; INFOM u otras entidades que incentivan la inversión para infraestructura o proyectos de desarrollo urbano y rural. A continuación, se hará un breve análisis de los flujos y la comparación de dos alternativas, las más asequibles para viabilizar el proyecto.

Número de períodos (años)
Tasa de descuento anual

5.00 **Evaluación económica del proyecto VAN, TIR, B/C y PAYBACK**
0%

	Capital	Total + Intereses	Cuota	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos								
Venta total x reciclables	0			1,588,732	1,588,732	1,588,732	1,588,732	1,588,732
Venta total x compostaje	0	■ Sin aporte de valor		2,069,890	2,069,890	2,069,890	2,069,890	2,069,890
Total Ingresos				1,588,732	1,588,732	1,588,732	1,588,732	1,588,732
Egresos								
Costo total de la maquinaria	505,692	505,692	101,138	101,138	101,138	101,138	101,138	101,138
Costo del terreno o predio	0	0	0	0	0	0	0	0
Movimiento Tierras confe	4,615	4,615	923	923	923	923	923	923
Movimiento Tierras relleno	11,077	11,077	2,215	2,215	2,215	2,215	2,215	2,215
Diseño cálculo estructural	24,000	24,000	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800
Construcción piso estructural	83,077	83,077	16,615	16,615	16,615	16,615	16,615	16,615
Fabricación estructura metálica	422,400	422,400	84,480	84,480	84,480	84,480	84,480	84,480
Ingeniería de montaje	33,000	33,000	6,600	6,600	6,600	6,600	6,600	6,600
Instalaciones eléctricas (fue, jlu)	81,359	81,359	16,272	16,272	16,272	16,272	16,272	16,272
Ingeniería y Asesoría Fabricante	60,000	60,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Cargador frontal trasiego	145,000	145,000	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000	29,000
Mini Cargador trasiego	40,000	40,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Montacargas de 1.50 toneladas	48,000	48,000	9,600	9,600	9,600	9,600	9,600	9,600
Asesoría y Dirección Instalación	8,000	8,000	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
Boletos aéreos China - Guat	10,000	10,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Hotel Ingenieros Chinos	23,077	23,077	4,615	4,615	4,615	4,615	4,615	4,615
Alimentación Ingenieros Chinos	15,385	15,385	3,077	3,077	3,077	3,077	3,077	3,077
Transporte Ingenieros Chinos	1,538	1,538	308	308	308	308	308	308
Transporte en Obra	2,000	2,000	400	400	400	400	400	400
Inginería y diseño del proyecto	81,125	81,125	16,225	16,225	16,225	16,225	16,225	16,225
Mantenimiento y reparación planta	0		286,289	286,289	286,289	286,289	286,289	286,289
Plantilla Operaciones	0		488,021	488,021	488,021	488,021	488,021	488,021
Total Egresos	1,599,345	1,599,345	1,094,179	1,094,179	1,094,179	1,094,179	1,094,179	1,094,179
Flujo de caja económico	-1,599,345		494,552	494,552	494,552	494,552	494,552	494,552
VA =			2,472,762				B/C = 2,472,762	
Inversión			-1,599,345					Payback
VAN =			873,417	TIR =	16.53%	54.61	5 años	
Proyecto Silva				Mayor a Inv. Privada		Cent/US\$ Invertido		

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Excel y Word

Tabla XIII. Financiamiento privado del proyecto (predio y capital)

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Excel y Word

Con los resultados obtenidos en los flujos financieros, para la inversión pública municipal Tabla 10, se puede deducir lo siguiente: El valor actual neto VAN al ser positivo con un valor de \$ 873,417, indica que el proyecto es viable, porque a partir de ese período de 5 años, se termina de solventar el préstamo bancario, generando una tasa interna de retorno TIR de 16.53 %. Con esa tasa interna de retorno, bastante atractiva; superior a lo que un banco pagaría por un depósito a plazo fijo por ese capital; en ese mismo periodo entre 5 % y 6 % de interés a partir de 3 millones de quetzales. Se puede inferir entonces, que la inversión pública, genera buenos resultados financieros para la inversión bajo estas condiciones.

Al analizar los resultados del ejercicio de inversión privada Tabla XIII, el valor actual neto VAN es positivo también con \$ 137,940 lo que indica que, en el décimo año, dejo de finiquitar el préstamo bancario y le genera una tasa interna de retorno TIR de 11.44 %, atractiva además comparada con la tasa bancaria de plazo fijo. Este ejercicio es un indicador que la inversión privada es una buena vía de inversión, al igual que la pública, con la diferencia del período de recuperación.

La inversión pública (municipal) tiene más ventaja sobre la inversión privada, porque el tiempo de recuperación de capital baja de 10 a 5 años. A partir de estos períodos, resulta en una buena inversión por las utilidades marginales futuras, que representan los \$ 700,000 anuales después del pago de la inversión y el finiquitar compromisos financieros.

Estas utilidades de capital pueden utilizarse para re inversión en el compostaje como negocio paralelo, re invertirse en otro tipo de negocio, compra de deuda pública nacional o simplemente para ahorro.

4. SINTESIS DEL PROYECTO Y ANALISIS DE RESULTADOS

Después de haber elegido cada uno de los componentes de la maquinaria de separación de residuos sólidos, detallar el funcionamiento de cada equipo propuesto, caracterizarlos de acuerdo al uso que en el proceso de industrialización y además, determinar el monto de la inversión necesaria para ejecutar el proyecto modelo; se presenta en un gráfico, como se diseña el modelo final para la mejor disposición del equipo instalado, dentro de un edificio de estructura metálica, según las características de 2.5.1. Figura 1 y 2.

En este capítulo se hará la evaluación del análisis financiero del proyecto, la interpretación de los resultados y, se mostrará el esquema del proyecto modelo de los equipos de separación, con el propósito de mostrar un orden mecánico, como el que se encuentra dispuesto en la Figura 8.

4.1. Evaluación económica del proyecto con aporte de terreno

La mejor alternativa comparativa, es la inversión pública (municipal), el análisis financiero refleja en sus costos, que el impacto financiero más grande lo determina el costo del terreno para la compra; no se evaluó el arrendamiento o leasing con opción a compra, que pudo haber sido otra alternativa.

La ventaja de adquirir un terreno en leasing con opción a compra, o incluso arrendamiento a largo plazo, hace bajar considerablemente los costos y el tiempo de recuperación de la inversión también disminuye.

La desventaja del no tener en propiedad un terreno; se refleja en el riesgo de la inversión inicial; el haber invertido en infraestructura y maquinaria de separación, hace vulnerable el proyecto, porque de existir alguna disputa legal, por no poder seguir ocupando el terreno en cuestión, el proyecto estaría forzado a trasladarse a otra ubicación junto al edificio completo, la maquinaria de separación y abandonar la obra civil existente. Esto hace que el proyecto este forzado a tener un terreno en propiedad.

En cuanto a la inversión privada, el esperar diez años para que un proyecto pueda pagarse, es un riesgo alto no por lo poco atractivo del proyecto, sino por la inestabilidad del ambiente externo, las recesiones regionales, la inflación. El proyecto es atractivo posterior al onceavo año. Si en la Tabla X, eliminamos todos los gastos iniciales de única vez y consideramos los gastos perennes, tendremos aproximadamente \$ 700,000 disponibles como utilidad marginal; es cierto que el invertir más de \$ 2, 379,345 es un alto riesgo; pero después de 13.5 años; las utilidades marginales habrán sido iguales al valor de inversión inicial, éste es un proyecto de mucho riesgo, pero de muy buenas ganancias.

Al iniciar las estimaciones de costos, se esperaba poder mecanizar el proyecto y sostenibilizarlo al menos ambientalmente. La parte financiera se presumía rentable, pero sin certeza, los resultados esperados se pensaron que podrían generar cierta utilidad, pero en un tiempo muy largo y con cierta utilidad. En los primeros hallazgos se pensó en crear una empresa rentable. Todo esto se formuló de manera empírica, ahora que la investigación avanza a tal grado que se hizo con carácter científico, se pueden corroborar las hipótesis y predecir con certeza la viabilidad de las variables a ejecutar: desarrollar el proyecto modelo, sostenibilizarlo social, ambiental y financieramente, diseñar un proyecto auto sostenible. Todas estas variables encontraron respuesta en las descripciones, cálculos, resultados y lo tendrán en las conclusiones y recomendaciones.

Financiamiento municipal del proyecto (Predio y Capital)

Esta es la opción más recomendada, de acuerdo a los indicadores económicos generados por los flujos financieros de las Tablas XII y XIII. Se pueden verificar dos escenarios, los cuales se analizan con parámetros financieros que a continuación se comparan.

La inversión pública (municipal) a través del capital de proyecto, es financiada por la mancomunidad, la recuperación de la inversión inicial se logra en 5 años con un retorno de inversión TIR del 16.53 %, atractiva comparada con la inversión privada; un valor actual neto, que dista de la alternativa privada; el valor actual neto VAN de US\$873,417 generando 54.61 centavos/US\$ invertido como la relación beneficio costo.

El proyecto se analiza con la perspectiva más económica, sin intereses contraídos por préstamo bancario y financiado por inversión municipal. Este interés generado por la tasa interna de retorno TIR del 16.53 % reditúa en corto plazo (5 años) un proyecto sostenible y con utilidades que generarán más obra municipal o privada, depende la escogencia de la inversión.

Esta evaluación, demuestra que la hipótesis de realizar exitosamente el proyecto y otorgar una independencia importante para cualquier área geográfica de nuestro país, se recomienda utilizar este modelo de proyecto para mecanizar los residuos sólidos municipales, porque es un proyecto ambiental, social y económicamente necesario, rentable y auto sostenible.

La utilidad esperada se genera si y solo si, los reciclables se venden como mínimo a los precios descritos en esta investigación, ver Tabla XI; después de que el proyecto finiquito todos sus compromisos económicos internos.

Las utilidades marginales estarán en US\$700,000 anuales después del pago de costos de proyecto; monto equivalente otorgado anualmente por el estado a las municipalidades. La municipalidad de Alotenango año con año recibe este equivalente económico; La generación de esta utilidad ocurrirá al estar libre del pago de hipotecas o prestamos, diseños y construcciones de ingeniería, equipos e instalaciones y equipos de maquinaria pesada.

Debe tenerse en consideración, los rubros de finalización de proyecto después de cinco años; el movimiento de tierras para el re capeo de la materia orgánica, asesorías de ingeniería local como del fabricante, rutinas de mantenimiento desde china después del vencimiento de garantía de los equipos.

Todos los costos que representan las reparaciones e inspecciones también deben integrarse. Desde el inicio de las operaciones se incluyeron los costos de la planilla de operaciones, administración, mantenimiento y reparaciones; estas últimas cuatro, han sido contempladas desde el inicio de las operaciones y puesta en marcha de la planta.

4.2. Evaluación económica del proyecto sin aporte de terreno

Financiamiento privado del proyecto (Predio y Capital)

Esta opción fue analizada, dando como resultado un tiempo mayor para recuperar la inversión, 10 años, pero que tampoco puede despreciarse; con una tasa interna de retorno TIR del 11.44 %, autosustentable para inversión social.

Esta inversión que se recuperará en 10 años, el doble del tiempo de la primera opción de inversión pública, es causada por la compra del terreno, aunado al financiamiento completo del proyecto, presenta un valor actual neto VAN de \$ 137,940 mayor a cero o positivo.

Presenta una TIR de 11.44 % arriba de la tasa de descuento bancario actual del 5%, genera 5.80 centavos/US\$ invertido en el beneficio costo. Es un proyecto en el que aún no se evalúa el riesgo político y macroeconómico, pero se estima alto, debido al ambiente de factores externos como la inestabilidad de los intereses en un largo plazo: recesión mundial, dependencia equipos, contracción económica. Se concluye que es un proyecto prioritario y atractivo por las utilidades marginales futuras después de 10 años del que vale la pena invertir, aunando el incuantificable valor ambiental que se agregará.

4.3. Síntesis de proyecto modelo

De la maquinaria pesada que se necesita, se puede elegir la opción más barata, porque se busca reducir el impacto económico. Se opta por un solo cargador frontal que tenga la potencia suficiente para mover los montículos de desechos que queden sobre el piso de operación. Ver el proceso completo en la Figura 9.

La rampa principal se diseña (1), con la inclinación idónea para que el conductor principal que capta los desechos beneficie al cargador frontal (2) en el número de ciclos que utiliza para bajar el consumo de combustible, auxiliado, además, por un mini cargador denominado bobcat para labores de menor movimiento de residuos. Entre la maquinaria pesada se suma un montacargas que trasladara las pacas de reciclables ya comprimidas de la línea operativa, directo sobre los camiones ó, a la espera de ser cargadas para despacho final.

La separación manual (3) continúa su camino, justo después de la recepción de todo el material residual. Se ejecuta dentro de espacios confinados que impiden expandir olores al entorno de la planta. En ese preciso lugar se encuentra la línea de operadores que clasifica los materiales contenidos en los sólidos, así como aquellos susceptibles de no seguir en la línea de separación de reciclables y tener un destino diferente al de reciclables.

Cuando los residuos sólidos salen de la línea de proceso pasan por el abre bolsas (4) y fardos que se encarga de abrir las bolsas plásticas con contenidos sólidos; esto permite disgregar el contenido y hacer que transite por la banda transportadora para ser separado correctamente al lugar o destino de clasificación que le corresponda.

Cuando la línea de proceso pasa por el separador (5) de vidrio, papel y cartón, comienza la trituración de los envases de vidrio debajo del equipo, que por inercia son quebrados y se alojan en la parte más baja del separador (6), los fragmentos, caen sobre una banda transportadora que los separa hacia un contenedor de vidrio quebrado; el resto de material; papel y cartón de diversas categorías, pasan por la primera línea de cribado del separador, alejando cada vez más una categoría de la otra, hasta ser trasladado el cartón y papel para posteriormente ser dividido en categorías de reventa y reciclaje.

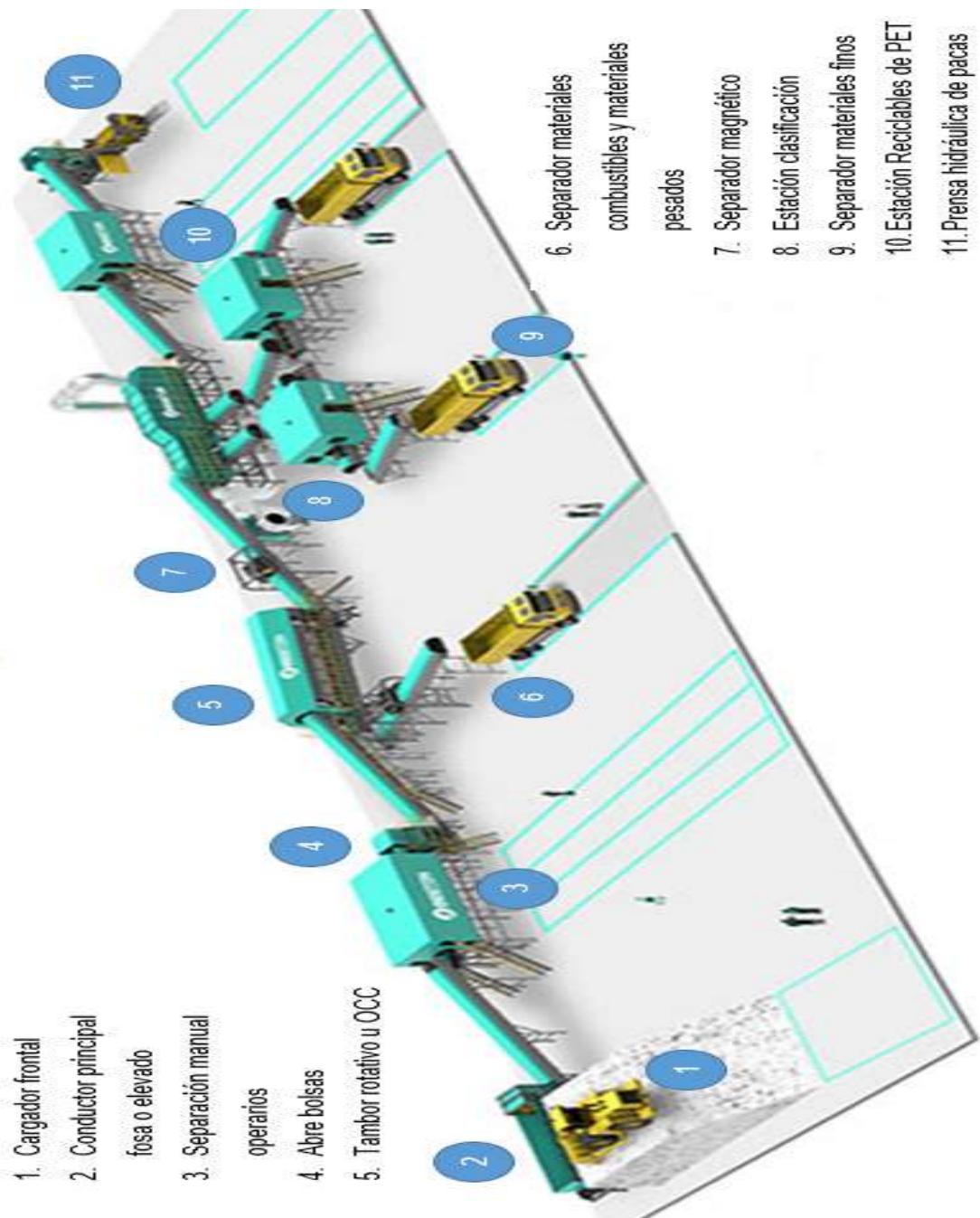
Cuando la línea de proceso lleva aun material de hierro o, al menos chatarra y sus equivalentes, se energiza el separador magnético (7), el cual atrapa toda partícula pequeña o de mayor tamaño que no pudo filtrarse en la separación manual, entonces todo material atrapado bajo el conductor, se deposita bajo en la tolva de descarga de material de hierro.

Este procedimiento se ejecuta durante toda la operación hasta finalizar y vaciar la línea de descarga. Igualmente son separados los gruesos de los finos en otra etapa más de la línea de proceso, la cual tiene perfectamente diversificada cada sección.

En la estación de clasificación posterior donde aún falta la separación de plásticos, PET y todo el material grueso de reciclado, se separa por proceso electro óptico (8), tal como se describiera en el capítulo de equipo 2.6.5.

Al pasar por el filtro final, este material de reciclaje es enviado a una banda transportadora que vacía toda la carga en la prensa hidráulica o neumática (11) que comprimirá la paca de plásticos, chatarra, aluminio o el material que se le haya asignado, para comprimirla y llevarla con el montacargas, sobre los camiones que transportaran el producto o al espacio provisional de almacén transitorio donde posteriormente se despachara el producto.

Figura 17. **Proyecto modelo. Mecanización para la separacion de residuos solidos**



Fuente: CP Group (2020). *Waste Sorting machine*. Consultado el 18 de agosto de 2022.

Recuperado de <https://www.bestongroup.com/solid-waste-management-plant-cost/>

CONCLUSIONES

1. El proyecto modelo propuesto y desarrollado para mecanizar el proceso de disposición final de los residuos sólidos; es ejecutable a través de la rentabilidad financiera y el tiempo de recuperación de manera sostenible, ambiental y financieramente eficiente; reduce la contaminación ambiental en el municipio de Sacatepéquez, y además genera oportunidades de desarrollo económico social para el municipio y el país.
2. El diseño de proceso para mecanizar la disposición final de los residuos sólidos planteado, permite comercializarlos efectiva y eficientemente a través de una producción de reciclables sostenible. En dos escenarios: el primero; inversión privada, mejora el tiempo de recuperación de la inversión y segundo; la inversión pública.
3. La industrialización del proceso para la disposición final de los residuos sólidos con la finalidad de mejorar la situación económica social y ambiental del departamento de Sacatepéquez, genera puestos de trabajos estables y locales, contribuyendo al desarrollo departamental y nacional.

4. La propuesta de un proyecto modelo sostenible y ambientalmente atractivo para la inversión pública y privada es totalmente posible, la sostenibilidad inicia después del quinto y décimo año respectivamente, donde se terminan los pagos de deudas de capital, por lo que los ingresos por venta de reciclables mantienen la operación, mantenimiento y reposición de todos los equipos. Este proyecto es totalmente replicable en cualquier parte del país, dado que el modelo permite cambiar variables, cuantificar el presupuesto y calcular el periodo de reposición de acuerdo a los costos inherentes de proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Desarrollar este proyecto modelo: Con Inversión municipal al 100 % (predio y capital); generará tiempo de recuperación de 5 años y tasa interna de retorno TIR de 16.53% con VAN de US\$ 873,417 calculado; considerando la reposición de equipos, capacitaciones, mantenimientos y reparaciones de la planta en general; transformándose en un proyecto auto sostenible
2. Es contraproducente garantizar la venta de reciclables a clientes en la primera línea de compra, evitando tercerizar las ventas, porque se arriesga la viabilidad del proyecto. Es importante anticipar y garantizar contratos con compradores de reciclables, entregas periódicas que produzca la planta sin comprometer su capacidad y considerando el respectivo crecimiento anual. Con el propósito de vender a los mejores precios, garantizar la post venta y tener certeza en la recuperación de la inversión
3. Replicar el proyecto por cualquiera de los dos tipos de inversión la pública y privada en cualquier parte del país. Para mejorarla inversión privada, se debe re invertir utilidades futuras en el proyecto de compostaje, paralelo al de separación de residuos sólidos. Realizarlo dará un impacto significativo en el desarrollo económico y social, así como en las ganancias. Aprovechar la materia prima, presente en los residuos municipales.

4. La ejecución pública o privada del proyecto, dará sostenibilidad financiera en ambos casos, en períodos de recuperación distinta, lo convierte en un atractivo para la inversión, cumpliendo el objetivo propuesto. Al disponer de capital directo, para obra pública, permitirá el crecimiento económico industrial y social local, además, será una fuente de empleo directo y diversificará empleos indirectos para desarrollar el departamento.

REFERENCIAS

1. Aguiar, I., & Díaz, N. L. (2006). Finanzas corporativas en la practica. Madrid, España: Delta Publicaciones.
2. Ambiental, A. d. (24 de abril de 2020). Recuperado de:
<https://ejatlas.org/conflict/waste-pickers-face-insecurity-and-toxic-conditions-at-guantes-zona-3-dumpsite-guatemala/?translate=es>
3. Ambiente, R. t. (s.f.). Planta tratamiento RSU de ultima generacion . Recuperado de:
<https://www.retema.es/actualidad/categoría/residuos>
4. Barrientos, I. C. (2005). Centro de Produccion + Limpia. Guatemala. Recuperado de: <https://cpl.org.gt/>
5. Bowling, R. B. (2014). Fuentes de financiamiento para el cambio climatico. CEPAL, 21.
6. Cepal. (2 de febrero de 2016). Recuperado de: cepal.org/es/noticias. Revista mensual.
7. CEPAL. (2018). Medicion de la pobreza por ingresos. ONU. Recuperado de: cepal.org/es/noticias. Revista mensual.

8. Change, U. N. (2022). Emissions Trading. Recuperado de:
<https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/emissions-trading>
9. civil, O. n. (2 de Julio de 1992). Recuperado de: <https://mcd.gob.gt/wp-content/uploads/2013/07/bono-14-decreto-42-92.pdf>
10. Dominguez, R., León, M., Samaniego, J. L., & Sunkel, O. (2019). Recursos Naturales, medio ambiente y sostenibilidad. CEPAL.
11. Drucker, P. F., & Sánchez, C. (2008). Gestión del capital humano. Barcelona: Ediciones Deusto.
12. Eficiencia Financiera. (13 de Marzo de 2018). Recuperado de:
<https://rpp.pe/campanas/contenido-patrocinado/que-es-y-como-se-logra-la-eficiencia-financiera-noticia-1110108>
13. Espinoza, S. F. (2007). Los Proyectos de Inversión. Costa Rica: Editorial Teconologica.
14. Europa, M. (2020). Sorting plants for recyclables, MSW, Industrial Waste. Recuperado de: <http://www.macpresse.com/en/prodotti/sorting-plants/>
15. Fernando Giner de la Fuente, M. d. (2013). Emprender con ideas innovadoras. España: Rotocaylo.
16. GAGO, L. G. (2022). Gestión de recursos humanos. España: McGraw-Hill.

17. Gonzalez, V. (8 de Noviembre de 2016). Proyecto de planta de tratamiento sera el mejor de latinoamerica. Recuperado de: <https://lavozdequeretaro.com/queretaro/proyecto-de-planta-de-tratamiento-sera-el-mejor-de-latinoamerica/>
18. Guatemala, C. d. (2010). Ley de proteccion y mejoramiento del medio ambiente.
19. Guzmán, C. A. (2006). Matematicas financieras para toma de decisiones empresariales. Prentice.
20. INAPI, I. n. (2018). Patentes. Recuperado de: <https://www.inapi.cl/portal/institucional/600/w3-article-744.html>
21. Industrial, B. S. (4 de noviembre de 2019). Eficiencia global de los equipos. Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/eficiencia-global-de-los-equipos-oe/>
22. INFOM, I. d. (1 de Julio de 2020). Recuperado de: <http://www.infom.gob.gt/archivos/LAIP/2021/Decreto-25-2018/art20/2.%20PEI%202017-2025.pdf>
23. libre, P. (5 de abril de 2020). Reciclados Guatemala. Prensa libre edicion dominical
24. Lima, L. (1 de octubre de 2020). Conflicto basura Honduras y Guatemala "el rio de desechos". BBC news mundo.

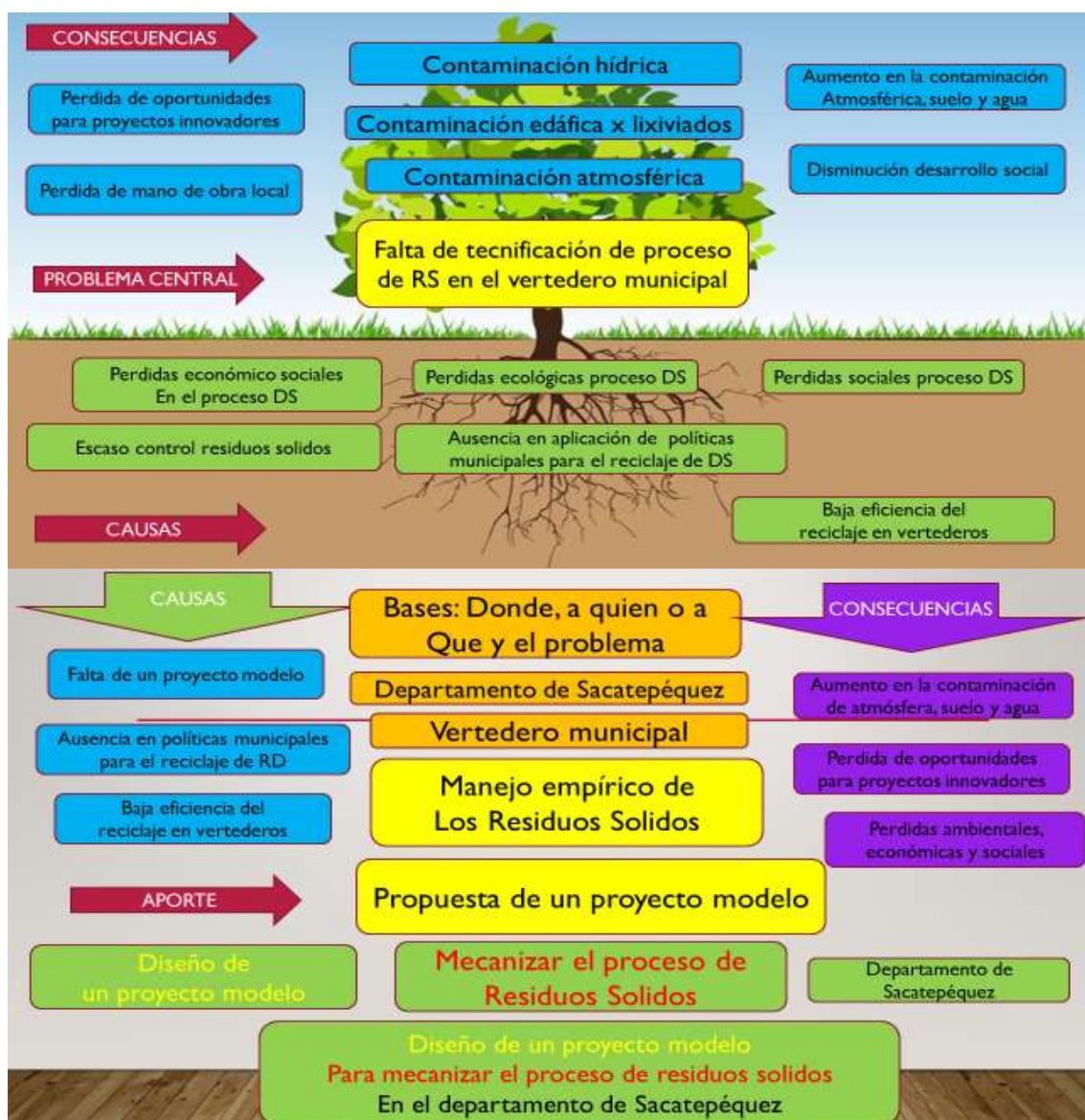
25. Macpresse Europa. (s.f.). Sorting plants for recyclables, MSW, industrial waste. Recuperado de:
<http://www.macpresse.com/en/prodotti/sorting-plants/>
26. Maldonado, A. d. (2003). Los segregadores de desechos solidos (guajeros) en la ciudad de guatemala, CEUR. Guatemala: USAC Guatemala.
27. MARN, M. d. (2021). Acuerdo gubernativo Numero 164-2021. Guatemala.
28. MARN. Council, Guatemala Green Building. (s.f.). Recuperado de:
<https://www.guatemalagbc.org/sala-de-prensa/>.
29. Mcpresse. (s.f.). Balers and plants for waste treatment. Recuperado de:
<http://www.macpresse.com/en/settori/waste/>
30. Mexico, G. d. (26 Julio del 2021). Reforma.
31. Muller, o. d. (1991). Agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible. Apuntes para el marco conceptual.
32. Mundial, B. (20 de Septiembre de 2018). Comunicado prensa, Banco Mundial. Recuperado de:
<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>

33. naturales, M. d. (7 de julio de 2020). Noticias del MARN. Recuperado de: <https://www.marn.gob.gt/prevencion-de-residuos-plasticos-en-centro-america-y-el-caribe-caribe-circular/>
34. Naturales, M. d. (9 de agosto de 2021). Recuperado de: <https://sgp.gob.gt/wp-content/uploads/2021/08/AG-164-2021.pdf>
35. Orozco, J. d. (2005). Evaluacion financiera de proyectos. Eco ediciones.
36. Recycling, B. (marzo de 2022). Bianna. Recuperado de: www.biannarecycling.com
37. Rodas, S. M. (5 de febrero de 2022). Incendio relleno Km22.
38. SAT. (2021). Lista de desgravacion arancelaria de guatemala. Recuperado de: http://www.sice.oas.org/tpd/col_norte/text/T-ListasGuatemala.pdf
39. Smith, A. (1977). La ciencia economica en adam smith. Chile.
40. social, M. d. (2 de julio de 1992). Recuperado de: https://www.mintrabajo.gob.gt/images/Documentacion/Leyes_Ondarias/Decretos/Ley_de_Bonificacion_Anual_Para_Trabajadores_d el_Sector_Privado_y_Publico_Decreto_42-92.pdf
41. Stadler. (Julio de 2021). Orizon Valorizcao. Recuperado de: <https://www.residuosprofesional.com>
42. Sustainability concepts. (2013). Recuperado de: <https://www.gdrc.org>

43. Technology, B. (2018). Waste to Electricity solution delivered to Pohang, Republic of Korea. Recuperado de:
<https://www.bmh.fi/references/waste-to-electricity-solution-delivered-to-pohang-republic-of-korea/>
44. trabajo, M. d. (2021). Recuperado de:
<https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/igt/calcu-de-prestaciones>
45. Valle, C. M. (9 de Marzo de 2022). La Antigua presume nuevo vertedero, en realidad es un espacio habilitado en el que ya funciona. pág. 1.
46. Valle, C. M. (9 de marzo de 2022). ojoconmipisto.com. pág. 1.
47. Vecente Coll Serrando, O. B. (s.f.). Evaluacion de la eficiencia mediante el analisis envolvente de datos . España: Universidad de Valencia.
48. Villarreal, G. G. ((1821-1970)). El proceso de industrialización en la ciudad de México . México: El colegio de México.

APENDICES

Apéndice 1. Árbol del problema



Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Power Point y Word

Apéndice 2. Árbol del problema

Variable a operacionalizar	Conceptualización	Dimensiones	
V1. Proyecto modelo (dependiente)	<p>Se propone desarrollar un proyecto modelo, con el propósito de hacer eficiente el proceso de separación de residuos sólidos en el vertedero; sostenibilizarlo para hacerlo comercial, ambiental y financieramente eficiente</p> <p>Industrializar el proceso de residuos sólidos; innovando con equipos de separación, promoviendo fuentes de trabajo locales y comercializando reciclados, para auto financiar el proyecto de inversión y reducir la contaminación ambiental circundante</p>	<p>✓ Desarrollo de un modelo</p> <p>✓ Eficiencia en el proceso</p> <p>✓ Desarrollo sostenible</p> <p>✓ Sostenibilidad comercial, ambiental y financiera</p>	<p>D1</p> <p>D2</p> <p>D3</p> <p>D4</p>
V2. Mecanización del proceso (Independiente)		<p>✓ Industrializar el proceso</p> <p>✓ Innovación de equipo</p> <p>✓ Comercializar reciclables</p> <p>✓ Financiar el proyecto de inversión</p> <p>✓ Reducir la contaminación ambiental</p>	<p>D5</p> <p>D6</p> <p>D7</p> <p>D8</p> <p>D9</p>

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Excel y Word

Apéndice 3. Variables y dimensionamiento

Variable a operacionalizar	Cruce Variables - Dimensiones	
	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanización del proceso y desarrollo de un modelo 	V2D1
V1. Proyecto modelo (dependiente)	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanización y eficiencia en el proceso 	V2D2
	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanización del proceso y desarrollo sostenible 	V2D3
	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanización del proceso y sostenibilidad 	V2D4
	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto modelo para industrializar el proceso 	V1D5
	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto modelo con innovación de equipo 	V1D6
V2. Mecanización del proceso (Independiente)	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto modelo para comercializar reciclables 	V1D7
	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto modelo para financiar el proyecto de inversión 	V1D8
	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto modelo para reducir la contaminación ambiental 	V1D9

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Excel y Word

Apéndice 4. Matriz de operacionalización.

Variable 1: Proyecto modelo

Dimensions	Indicadores	Pregunta	Fuentes	Instrumento	Medida
Desarrollo de un modelo	<ul style="list-style-type: none"> Ø Economía circular Ø Expectativas de desarrollo Ø Estabilidad política y jurídica para la inversión 	Se desarrollará un modelo basado en economía circular? Permitirá la estabilidad política y jurídica obtener resultados a corto plazo?	Investigación. Validar el modelo por análisis de ingeniería	Google académico Bibliografía Investigación	Modelación
Eficiencia en el proceso	<ul style="list-style-type: none"> Ø Eficiencia de reciclado Ø Eficiencia en la separación Ø Eficiencia global 	<p>La eficiencia global a alcanzar, será superior a la convencional?</p> <p>Podrá establecerse la eficiencia en la separación y reciclado?</p>	<p>La planta de industrialización del proceso</p>	<p>Calculo de volúmenes de reciclables</p>	<p>Kilogramos RSM</p>
Desarrollo sostenible	<ul style="list-style-type: none"> Ø Índice de desarrollo sostenible Ø Indicador social Ø Costo económico Ø Costo ambiental 	<p>Podrá tenerse un elevado índice social y de desarrollo?</p> <p>Podrá sostenibilizarse el proyecto y desarrollarse con sus costos operativos y recuperar inversión?</p>	<p>Entrevistas e investigación de costos relacionados a la inversión de un proyecto</p>	<p>Calculo costos de inversión, costos financieros y operativos</p>	<p>habitantes Tiempo Quetzales</p>
Sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> Ø Eficiencia comercial Ø Eficiencia ambiental Ø Eficiencia financiera 	<p>Este proyecto modelo:</p> <p>Podrá medir impactos ambientales?</p> <p>Tendrá una eficiente comercialización?</p> <p>Se podrá calcular el retorno financiero?</p> <p>Podrá subsistir como proyecto modelo con costos operativos?</p>	<p>Investigación. Validación de índices y referenciarlo a un vertedero convencional</p>	<p>Venta reciclables Venta proyecto Costos ambientales y financieros</p>	<p>% Emisiones CO₂ Emisiones Contaminantes Quetzales</p>

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Excel y Word

Apéndice 5. Matriz de operacionalización. Variable 2:

Mecanización del proceso

Dimensions	Indicadores	Pregunta	Fuentes	Instrumento	Medida
Industrializar el proceso	<ul style="list-style-type: none"> Ø Producción industrial Ø Capital humano Ø Modernización equipo 	<p>A que firma trabajará la industria?</p> <p>Necesitará operarios especializados?</p> <p>El equipo nuevo será un gasto o una inversión?</p>	<p>Investigación.</p> <p>Validar el modelo por análisis de ingeniería</p>	<p>Google académico</p> <p>Bibliografía Investigación</p>	<p>Modelación</p> <p>KPI's</p> <p>Desarrollo</p>
Innovación de equipo	<ul style="list-style-type: none"> Ø Presupuesto de equipo Ø Patente registrada Ø Gestión: Recursos/ideas innovadoras 	<p>De donde se sacaran los recursos para la compra?</p> <p>Para que se necesita una maquinaria patenté, de necesitarla?</p> <p>El funcionamiento del equipo dará un valor agregado?</p>	<p>El mercado internacional de maquinaria</p> <p>ofertas de equipo de separación.</p> <p>Ofertas de varios contratistas</p>	<p>Catálogos comparativos y</p> <p>Legal Jurídico</p> <p>Kilogramos RSM</p> <p>Intangibles</p>	<p>Quetzales</p>
Comercializar reciclables	<ul style="list-style-type: none"> Ø Materia prima reciclada Ø Producto terminado Ø Venta de reciclables 	<p>Cuantas toneladas se recibirán de cada clase?</p> <p>Como se organizará el producto terminado?</p> <p>Las ventas apalancarán la inversión?</p>	<p>La planta de industrialización del proceso</p>	<p>Mercado de reciclables.</p> <p>Población atendida.</p>	<p>Toneladas</p> <p>% Recicables</p> <p>kg/hab/día</p>
Financiar el proyecto de inversión	<ul style="list-style-type: none"> Valor actual neto VAN Tasa interna de retorno TIR Período de recuperación de la inversión T Inversión costo beneficio B/C 	<p>La inversión retornará?</p> <p>En cuanto tiempo?</p> <p>Si existe retorno, podrá auto sostenerse la operación?</p> <p>El proyecto es exclusivo del sector público?</p>	<p>El análisis de costos de inversión y financieros</p>	<p>Monetario</p> <p>Relación Periodo</p>	<p>Quetzales</p> <p>Años</p>
Reducir la contaminación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Ø Índice de bienestar económico sostenible IBES Ø Índice de sostenibilidad ambiental ISA Ø Huella ecológica HE Ø Huella de carbono HC 	<p>Habrá un bienestar económico con proyecto?</p> <p>Habrá menos contaminación?</p> <p>Se emitirán menos gases efecto invernadero?</p>	<p>La planta de industrialización del proceso</p>	<p>Calculo económico</p> <p>financiero.</p> <p>Descripción de contaminación</p>	<p>Emisiones CO₂</p> <p>Quetzales</p> <p>%</p> <p>Años</p>

Fuente: elaboración propia 2022, realizado con Excel y Word