



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS FINANCIERO PARA EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA  
UTILIZADA EN EL RECICLAJE DE LATAS, EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO  
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

**Byron Walberto Chuquej García**

Asesorado por el Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS FINANCIERO PARA EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA  
UTILIZADA EN EL RECICLAJE DE LATAS, EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO  
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**BYRON WALBERTO CHUQUIEJ GARCÍA**  
ASESORADO POR EL ING. EDWIN JOSUÉ IXPATA REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Oscar Estuardo de León
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **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:

**ANÁLISIS FINANCIERO PARA EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA  
UTILIZADA EN EL RECICLAJE DE LATAS, EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO  
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha abril de 2016.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop followed by several smaller, more intricate strokes.

**Byron Walberto Chuquiej García**

Guatemala, marzo del 2017

Ingeniero

José Francisco Gómez Rivera

DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería Usac

Ingeniero Gómez Rivera

Por medio de la presente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que como asesor del estudiante universitario, Byron Walberto Chuquiej García, con número de carné 201212846, he tenido a la vista el trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS FINANCIERO PARA EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA UTILIZADA EN EL RECICLAJE DE LATAS, EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA** el cual encuentro satisfactorio.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirle.



Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes

Colegiado No. 7128

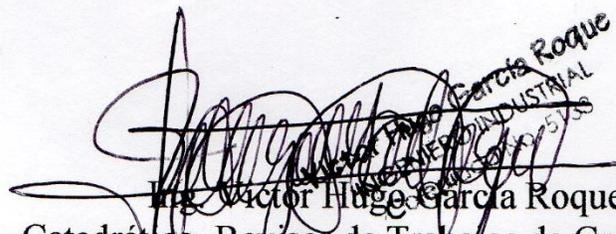
*Edwin Ixpata Reyes*  
Ing. Mec-Industrial  
Colegiado No. 7128

ASESOR



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANALISIS FINANCIERO PARA EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA UTILIZADA EN EL RECICLAJE DE LATAS, EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Byron Walberto Chuquiej García**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Víctor Hugo García Roque  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.104.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS FINANCIERO PARA EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA UTILIZADA EN EL RECICLAJE DE LATAS, EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Byron Walberto Chuquiej García**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

**Ing. José Francisco Gómez Rivera**  
**DIRECTOR a.i.**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, julio de 2017.

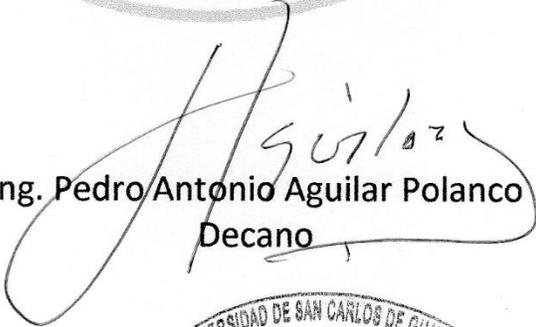
/mgp



DTG. 348.2017

El Decano 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 Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS FINANCIERO PARA EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA UTILIZADA EN EL RECICLAJE DE LATAS, EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA,** presentado por el estudiante universitario: **Byron Walberto Chuquiej García** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, agosto de 2017

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por el regalo de la vida
<b>Mis padres</b>	Eduardo Chuquiej Caña y Ana Carolina García Tuquer, por su apoyo incondicional durante toda la carrera.
<b>Mi hermano</b>	Dr. Tomás Eduardo Chuquiej García, por ser ejemplo a seguir y por el apoyo durante la carrera.
<b>Mis abuelos</b>	Eduardo Chuquiej Monroy, Filomena Caña, Tomás García, que en paz descansen, con ustedes celebro este triunfo.
<b>Mi abuela</b>	Socorro Tuquer, gracias por acompañarme.
<b>Mi familia</b>	Por su apoyo durante todo ese proceso.
<b>Amigos</b>	Por todos los momentos compartidos y por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**La Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios.

**Facultad de Ingeniería**

Por darme la oportunidad de formarme en sus aulas.

**Catedráticos de la  
Facultad de Ingeniería**

Por transmitir sus conocimientos y experiencias.

**Ing. Edwin Ixpata**

Por su asesoramiento en este trabajo de graduación.

**Dr. Rodrigo Buch**

Por permitirme trabajar en la municipalidad que él administra.

**Amigos**

Por compartir conmigo momentos agradables dentro y fuera del estudio.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. GENERALIDAD DE LA INSTITUCIÓN.....	1
1.1. Datos generales .....	2
1.1.1. Historia .....	6
1.1.2. Ubicación geográfica .....	8
1.1.3. Administración .....	9
1.1.4. Misión .....	11
1.1.5. Visión.....	11
1.1.6. Política institucional .....	12
1.1.7. Procesos administrativos .....	13
1.1.8. Recursos.....	15
1.1.8.1. Naturales .....	15
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	19
2.1. Control de desechos.....	20
2.1.1. Vertedero nacional utilizado.....	21
2.1.2. Colectores clandestinos.....	23
2.1.3. Otras prácticas utilizadas.....	24
2.2. Actividades actuales .....	25
2.2.1. Servicio municipal.....	26
2.2.2. Recolección tercerizada .....	26

2.2.3.	Cobertura de recolección .....	27
2.2.3.1.	Municipal .....	27
2.2.3.2.	Tercerizada .....	28
2.3.	Condición social .....	29
2.3.1.	Ornamentación de calles.....	29
2.3.2.	Condiciones de salud de la población .....	31
2.3.3.	Exposición a contaminantes.....	33
2.4.	Condición medio ambiental .....	34
2.4.1.	Afección al suelo .....	34
2.4.2.	Exposición de fuentes de agua potable.....	35
2.4.3.	Contaminación de ríos .....	37
3.	PROPUESTA PARA EL RECICLAJE DE LATAS.....	39
3.1.	Clasificación de la basura .....	40
3.2.	Requerimientos tecnológicos .....	42
3.2.1.	Diseño de maquinaria para el proceso.....	50
3.2.1.1.	Condiciones externas para su funcionamiento .....	75
3.2.1.2.	Consumo energético .....	77
3.2.2.	Mantenimiento preventivo .....	78
3.2.2.1.	Actividades rutinarias .....	78
3.2.2.2.	Actividades programadas .....	80
3.2.3.	Mantenimiento correctivo .....	81
3.3.	Recursos humanos .....	83
3.3.1.	Responsable del proyecto .....	84
3.3.2.	Perfil de trabajadores .....	84
3.3.3.	Condiciones de seguridad industrial.....	88
3.4.	Aspectos industriales .....	95
3.4.1.	Descripción del proceso industrial.....	95
3.4.2.	Diseño de planta .....	97

	3.4.2.1.	Distribución de ambientes.....	97
		3.4.2.1.1. Luz.....	98
		3.4.2.1.2. Ventilación.....	101
	3.4.2.2.	Bosquejo.....	104
3.5.		Aspectos financieros .....	105
	3.5.1.	Costos de implementación.....	105
		3.5.1.1. Espacio físico.....	105
		3.5.1.2. Maquinaria .....	106
	3.5.2.	Costos de operación.....	110
		3.5.2.1. Materia prima.....	110
		3.5.2.2. Mano de obra.....	111
		3.5.2.3. Plan de mantenimiento .....	112
		3.5.2.4. Energía eléctrica.....	113
	3.5.3.	Venta de producto .....	114
		3.5.3.1. Determinación del precio .....	114
		3.5.3.2. Volumen de ventas necesario.....	115
	3.5.4.	Recuperación de inversión .....	116
		3.5.4.1. Valor presente neto .....	117
		3.5.4.2. Tasa interna de retorno .....	119
4.		IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	123
	4.1.	Condiciones para la instalación de maquinaria .....	125
	4.2.	Requerimientos energéticos .....	127
	4.3.	Inducción de trabajadores .....	130
	4.4.	Establecimiento de jornadas de trabajo.....	132
5.		MEJORA CONTINUA.....	135
	5.1.	Evaluación.....	138
		5.1.1. Flujo monetario .....	140
		5.1.2. EBITDA.....	141
		5.1.3. Control de mantenimiento.....	142

5.1.3.1.	Indicadores.....	144
5.2.	Capacitación de personal.....	145
5.2.1.	Metodología de trabajo.....	146
5.2.2.	Planificación de capacitación .....	148
5.2.2.1.	Clasificadores.....	148
5.2.2.2.	Operarios.....	149
5.2.2.3.	Mantenimiento.....	150
5.3.	Tecnologías emergentes.....	151
6.	MITIGACIÓN DE DAÑOS AL AMBIENTE .....	153
6.1.	Control de desechos .....	154
6.1.1.	Sólidos.....	154
6.1.2.	Líquidos.....	156
6.2.	Gases de efecto invernadero .....	157
6.3.	Sensibilización de la población .....	158
	CONCLUSIONES.....	159
	RECOMENDACIONES .....	161
	BIBLIOGRAFÍA.....	163
	ANEXOS.....	165

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Escudo de la municipalidad.....	9
2.	Basurero clandestino localizado a orillas de la carretera del ingreso a la cabecera del municipio.....	23
3.	Basurero clandestino localizado en el sector Tierra Colorada .....	24
4.	Quema de basura .....	25
5.	Ruta de recolección municipal .....	28
6.	Ruta de recolección tercerizada.....	28
7.	Déficit en ornamentación de calles .....	30
8.	Ornamentación de carreteras.....	30
9.	Suelo contaminado con hidrocarburos.....	35
10.	Nacimiento de agua contaminado.....	36
11.	Contaminación de río .....	37
12.	Horno de crisol .....	44
13.	Horno de crisol estacionario.....	45
14.	Horno de crisol basculante.....	46
15.	Horno de inducción .....	47
16.	Horno eléctrico .....	48
17.	Horno de cubilote .....	49
18.	Dientes para trituradora.....	51
19.	Arandela.....	51
20.	Eje para dientes .....	52
21.	Medidas para rosca fina .....	53
22.	Rosca y tuerca para extremos de cada eje .....	54

23.	Orden para ensamblaje de dientes .....	54
24.	Conjunto de ejes, dientes y arandelas .....	55
25.	Engranés de ejes .....	56
26.	Engrane de movimiento .....	60
27.	Engranés de ejes y motor .....	61
28.	Diseño final de trituradora .....	62
29.	Banda transportadora separadora de hierro .....	68
30.	Crisol de 12 kg .....	71
31.	Quemador de 30-60 kW .....	72
32.	Diseño de horno.....	74
33.	Instalación en caja principal para 120 V y 240 V .....	76
34.	Equipo de seguridad para personal de recepción y área de transformación .....	89
35.	Traje térmico .....	90
36.	Regadera de emergencia .....	91
37.	Lava ojos .....	92
38.	Equipo de seguridad para ingreso de visitantes .....	92
39.	Señales de advertencia .....	93
40.	Señalización de rutas de evacuación.....	94
41.	Distribución de ambientes.....	99
42.	Panel LED 14 W .....	101
43.	Ventilación natural por ventanas.....	102
44.	Techo dientes de sierra .....	102
45.	Interior de techos dientes de sierra.....	103
46.	Extractor de aire.....	103
47.	Bosquejo de instalaciones .....	104
48.	Actualización del valor presente .....	117
49.	Hidroeléctrica .....	127
50.	Flipon de acción rápida.....	128

51.	Banco de capacitores.....	129
52.	Iceberg de los costos de calidad .....	137
53.	Flujo monetario entre familias y empresas.....	140
54.	Purificación de agua por flotación .....	156
55.	Campana de extracción de gases.....	157

## TABLAS

I.	Matriz FODA, municipalidad de San Pedro Sacatepéquez .....	14
II.	Materiales para trituradora .....	63
III.	Materiales para banda separadora de hierro .....	69
IV.	Especificaciones de crisol .....	71
V.	Especificaciones de quemador .....	73
VI.	Materiales para horno de crisol móvil.....	74
VII.	Consumo eléctrico de maquinaria.....	78
VIII.	Actividades rutinarias de mantenimiento.....	79
IX.	Actividades programadas de mantenimiento .....	80
X.	Mantenimiento correctivo .....	81
XI.	Perfil de colaborador para el área de recepción.....	85
XII.	Perfil de colaborador para el área de transformación.....	86
XIII.	Perfil de supervisor.....	87
XIV.	Perfil de contador .....	88
XV.	Costo de maquinaria .....	106
XVI.	Sueldos .....	111
XVII.	Costos del plan de mantenimiento .....	112
XVIII.	Costo energético .....	113
XIX.	Valor presente neto.....	118
XX.	Valor Presente Neto, factor de actualización de 18% .....	120
XXI.	Valor Presente Neto, factor de actualización de 40% .....	121

XXII.	Herramientas para mejorar la calidad .....	138
XXIII.	Flujo de ingresos y egresos .....	141
XXIV.	Cálculo de EBITDA .....	142
XXV.	Hoja de chequeo para el cumplimiento del plan de mantenimiento ....	143
XXVI.	Planificación para capacitación de clasificadores .....	148
XXVII.	Planificación para capacitación de operarios .....	149
XXVIII.	Planificación para capacitación de mantenimiento .....	150

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Ph</b>	Alcalinidad
<b>Al</b>	Aluminio
<b>HP</b>	Caballos de fuerza
<b>cm</b>	Centímetros
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>KWh</b>	Kilo Watt hora
<b>Kw</b>	Kilo Watts
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>km</b>	Kilómetros
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>mm</b>	Milímetros
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q.</b>	Quetzal
<b><math>\omega</math></b>	Velocidad angular
<b>Vt</b>	Velocidad Tangencial
<b>V</b>	Voltios
<b>W</b>	Watt



## GLOSARIO

<b>Acero</b>	Aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono que adquieren gran dureza y elasticidad.
<b>Aluminio</b>	Material no ferromagnético, ligero, de color blanco, buen conductor eléctrico, principal material para fabricación de latas de bebidas.
<b>Coefficiente de fricción</b>	Oposición al deslizamiento que ofrecen las superficies de un cuerpo en contacto.
<b>Concreto</b>	Mezcla de materiales utilizada para la construcción, es la unión del cemento, agua, arena y piedras.
<b>Diésel</b>	Hidrocarburo líquido, compuesto por parafinas y utilizado como combustible.
<b>Electrólisis</b>	Proceso químico por medio del cual una sustancia o un cuerpo se descomponen por la acción de una corriente eléctrica.
<b>Engrane</b>	Encaje de ruedas dentadas que transmiten movimiento entre ellas.
<b>FODA</b>	Herramienta de estudio de la situación de una organización, analizando sus debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades.

<b>Imán</b>	Cuerpo con un nivel de magnetismo que atrae metales ferromagnéticos.
<b>Rondana</b>	Pieza circular, utilizada para asentar tuercas o cabezas de tornillos.
<b>Sedimentos</b>	Son materiales sólidos que se depositan en el fondo de un depósito de agua.
<b>Triturar</b>	Moler una materia sólida en trozos pequeños sin convertirlo en polvo.
<b>Viruta</b>	Residuo de un material con forma de lámina.

## RESUMEN

El medio ambiente atraviesa por diversos fenómenos relacionados con el cambio climático, generado principalmente por las actividades y prácticas irresponsables de los humanos. Como consecuencia, el medio ambiente sufre un deterioro generalizado que desencadena desastres naturales.

La municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, consciente de esta problemática, ha decidido desarrollar proyectos que generen beneficios para el medio ambiente y para los habitantes del municipio. De ahí parte la idea de proponer un proyecto de inversión auto sostenible económicamente y que genere ganancias que puedan invertirse para mejorar el ornato y la salud de la población ya que mediante este proyecto se liberarían las calles y basureros de tantos desechos que pueden ser aprovechados al darles un nuevo valor mediante el reciclaje.

El reciclaje de latas de aluminio es un proceso mediante el cual este material se tritura; luego, en un horno se lleva hasta su punto de fusión para pasarlo del estado sólido al líquido. Este material líquido obtenido se deposita en moldes para adquirir su forma final. En tal virtud, se ha diseñado la maquinaria y se han especificado las condiciones externas para implementar este proyecto.

Actualmente, estas prácticas se han popularizado, porque evitan la contaminación que se produciría al extraer materiales nuevos de la corteza terrestre, fomentan la actividad de reciclaje y se reduce el uso de materiales para su extracción de las minas.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el análisis financiero en el diseño y mantenimiento de maquinaria utilizada en el reciclaje de latas, en la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.

### **Específicos**

1. Establecer el proceso industrial a seguir para el reciclado de latas.
2. Diseñar la maquinaria necesaria para el proceso de reciclaje de latas.
3. Definir los pasos para el plan de mantenimiento que deberá aplicarse a la maquinaria procesadora.
4. Diseñar la distribución de los ambientes en la planta de producción que se propone.
5. Definir los costos de operación y mantenimiento que conlleva el funcionamiento de la planta.
6. Determinar el flujo monetario, para garantizar que el proyecto sea auto sostenible.



## INTRODUCCIÓN

El reciclaje como práctica social y económica ha adquirido trascendencia mundial, debido a la responsabilidad de las organizaciones internacionales que manejan los desechos sólidos.

Las latas de gaseosa constituyen un contaminante muy común en la basura. Una lata de aluminio, por lo general inicia su degradación 10 años después de ser desechada. En condiciones de humedad, ese material genera gran cantidad de óxido que desintegra las moléculas de aluminio, hasta convertirlas en parte de la tierra. Este proceso contamina los mantos terrestres.

Reciclar el aluminio de las latas reduce en 95% la contaminación producida durante su fabricación; la cual parte desde la extracción de los minerales de la corteza terrestre, hasta la fundición en hornos industriales para su procesamiento. Este recorrido ocasiona daños significativos al medio ambiente, en todos sus aspectos. Por otra parte, el reciclado requiere solo el 10% de la energía necesaria para producir aluminio desde su medio natural.

El resultado de esta investigación será una propuesta auto sostenible, generadora de ingresos para la implementación de nuevos proyectos de beneficio de la comunidad, por medio de la municipalidad. Se buscará determinar los aspectos tecnológicos necesarios para el procesamiento de latas, partiendo desde la selección, pasando por la trituración, limpieza y su traslado al horno donde la materia prima adopta la forma de lingotes de aluminio, útil para diversas industrias que requieren de este material para la elaboración de otros artículos. Se realizará un diagnóstico sobre la recolección

de residuos en el municipio, en la actualidad, lo cual generará una propuesta para el manejo de las latas, incluyendo un plan para la implementación, seguimiento y mejora, sin descuidar la responsabilidad ambiental que conlleva el proceso de transformación de los materiales.

## **1. GENERALIDAD DE LA INSTITUCIÓN**

La municipalidad es una institución autónoma, que forma parte del Estado pero no depende de él. Su responsabilidad es el gobierno del municipio desde donde administra los servicios que requiere una población.

Guatemala posee 338 municipios y la misma cantidad de municipalidades.

Cada municipalidad está conformada por un Consejo Municipal, a veces, llamado también Corporación Municipal. Este órgano toma las decisiones relacionadas con los asuntos municipales. Para ejercer la autonomía, está integrada por el alcalde, síndicos y concejales.

El gobierno municipal es electo en forma directa y popular para un período de cuatro años o bien lo pueden reelegir, a través de las elecciones generales, de conformidad con la ley de la materia.

Las funciones principales de la Municipalidad son la planificación, evaluación y control del desarrollo y crecimiento de la población. También se involucra en la resolución de problemática social que coadyuve en la mejora de la calidad de vida de los vecinos.

Las fuentes de ingresos económicos de las municipalidades son los arbitrios, boleto de ornatos, Impuesto Único Sobre Inmuebles y tasas que se cobran por previo acuerdo.

Desde 1986 el Estado debe otorgar un aporte constitucional a todas las municipalidades del país para contribuir con la autonomía de los gobiernos locales, los cuales deben fortalecerse para que suceda lo mismo con el país. Las municipalidades creen en la necesidad de la descentralización, como parte de una estrategia para el fortalecimiento municipal.

### **1.1. Datos generales**

La municipalidad administra el municipio de San Pedro Sacatepéquez, que pertenece al complejo montañoso del altiplano central, también llamado Sierra de Chuacús.

- Población

Para el año 2002, se calculó que la población era de 33 054 habitantes distribuidos en el área urbana y rural.

La población del municipio está distribuida en 59,8% en el área rural y 40,2% en el área urbana. Se cuenta, en promedio, con 82,7% de población indígena perteneciente al grupo Kachiquel y el otro 17,3% ladina.

Se tiene una tasa de natalidad del 29,9% y una tasa de fecundidad de 115 nacimientos por cada 1 000 mujeres. Esto indica que la población seguirá en crecimiento, así como la necesidad de contar con servicios básicos como el agua potable, caminos, seguridad, educación y salud.

La población joven, con rango entre 0 a 34 años de edad abarca el 69,67%, el 25,43% corresponde al grupo entre 35 y 64 años y, quienes tienen de 65 años en adelante abarcan el 4,90%.

La densidad poblacional del municipio es alta, puesto que existen 1 335 habitantes por kilómetro cuadrado. Esto se debe a que la mayoría de las personas se concentra en la cabecera municipal dada su cercanía con la ciudad capital.

- Localización

Se localiza en la parte oeste del departamento de Guatemala, región metropolitana. Su terreno es quebrado con algunas planicies y pequeños valles. Desde la cabecera municipal hasta la capital de la república existe una distancia de 25,3 kilómetros sobre la Ruta Nacional 5.

- Dirección de la municipalidad

3ra calle y 6ta avenida, Zona 1, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, Guatemala.

- Cultura e identidad

En las celebraciones patronales, se tiene la tradición de realizar danzas folklóricas denominadas Danzas de los moros.

Su fiesta titular se celebra el 29 de junio, en honor al patrono San Pedro Apóstol. Ese día el pueblo viste sus mejores galas para acompañar a la procesión de la imagen por las principales calles de población. En esta procesión, los mayordomos y las tenanzas llevan las insignias y los incensarios en señal de gratitud por el trabajo que se tiene en la población.

El pueblo, en general, acompaña esta procesión, y durante su trayecto se queman cohetes y bombas, además, se escucha la música del tambor y la chrimía, en señal de fiesta. Las notas de las marimbas permiten que todos formen parte de la fiesta. El güipil de la mujer resalta con su multicolor belleza, en los distintos eventos que se realizan.

En el parque central de la localidad, se ven las ventas de pan de Patzún, roscas, algodones de azúcar, juguetes, ollas de barro, *choco milk* y elotes locos. Además de la disponibilidad de juegos mecánicos que son la atracción niños y grandes.

El Día de los Muertos es una celebración que se realiza en honor a los difuntos, comienza el 1 de noviembre y coincide con las celebraciones católicas de día de los Fieles Difuntos y Todos los Santos.

Una de las celebraciones más conmemoradas por la población es la fiesta celebrada el día 2 de noviembre, cuando todos llegan al cementerio de la localidad para recordar a los seres queridos que han fallecido. Las familias sampedranas hacen todos los preparativos para esta fecha, para evocar a las personas con quienes un día convivieron momentos felices.

- Industria

La mayor producción había sido la fabricación de camisas que, posteriormente, trajo la maquila. Esto generó la fabricación a gran escala de playeras, ropa deportiva, ropa interior, pantalones y suéteres, entre otros. Actualmente, es una población totalmente industrial. Diariamente, surgen nuevas empresas de maquila que ofrecen variedad de productos relacionados con el vestuario. La producción se comercializa, actualmente, en toda la república y en el extranjero. Se lleva a cabo por medio de negociaciones entre

empresarios y con ayuda de la municipalidad por medio de la promoción de los productos por medio de ferias de ventas de ropa para mayoristas realizadas en el parque municipal.

La fabricación de candelas y de tejidos típicos manuales, como servilletas, güipiles y tapados son industrial de menor magnitud como fuentes de ingresos económicos.

- Economía

Las industrias de maquila, candelas y trajes típicos propician el desarrollo local de San Pedro Sacatepéquez.

Para fomentar el ingreso de nuevos clientes al mercado, la municipalidad ha realizado distintas ferias y promociones que abren la oportunidad para que las fábricas ofrezcan sus productos a los visitantes.

- Empleo

La maquila ha sido la industria con mayor auge en el pueblo. Como consecuencia se han creado miles de empleos y han surgido nuevos empresarios. Esta industria también es fuente de empleo para habitantes y poblaciones vecinas, como San Juan Sacatepéquez. Santo Domingo Xenacoj, y Santiago Sacatepéquez.

- Mercado

El mercado extranjero es de los principales objetivos que tienen las maquilas del municipio, una parte de la producción se comercializa en los departamentos de la república.

Los demás productos manufacturados en San Pedro Sacatepéquez, utilizan el mercado municipal donde se comercializan distintos bienes o servicios. Esta actividad es fuente de trabajo de, aproximadamente, 100 personas. En el mercado se ofrece una variedad de mercancías, como comestibles, verduras, frutas, carnes, comida preparada, flores, electrodomésticos y enseres de casa.

- Servicios

En el municipio se cuenta con algunos sitios para formular proyectos de turismo y ecoturismo, entre ellos está el área sagrada llamada San Francisco, donde la mayoría de la población realiza ceremonias mayas. También se cuenta con dos áreas arqueológicas llamadas Castillo y la Zanja, sin embargo, no reúnen las condiciones para utilizarlos. Sin embargo, al restaurar estos sitios, pueden ser un potencial económico y formar parte de un eje de desarrollo a través de la cultura.

### **1.1.1. Historia**

Escritores sugieren que el municipio se fundó en diciembre del año 1769, aunque como poblado, ya existía desde hacía muchos años.

La cabecera actual fue reconocida como “Ucubil”, debido a su elevación, que se ubica al pie de un cerro alto.

“La Historia de San Pedro Sacatepéquez departamento de Guatemala, durante la época prehispánica ha sido brevemente reconstruida a través de algunos manuscritos coloniales. Se sabe que el nombre Kaqchiquel de este pueblo es Chajomá (Los del Ocote) el grupo Chajomá probablemente provino del área de Joyabaj, donde migraron del siglo XV para sentarse del valle del Jilotepeque y Sacatepéquez, desde Mico Viejo hasta San Pedro Ayampuc. Actualmente solo conservan el nombre de Sacatepéquez, los municipios de San Juan, San Pedro, San Lucas y Santiago.

Este municipio es de origen pre-colonial. Los españoles lo conquistaron en el año 1524, con fuerzas que comandaba Antonio de Salazar, lo refiere el historiador Juarros, que estando ya para rendirse los indígenas tras sufrir continuas derrotas. Un indígena de baja estirpe, pero de clara inteligencia llamado “Choboloc”, se introdujo al consejo que celebraban los caciques, informándoles que él, llevado por su curiosidad y subido en una eminencia, pudo observar que los nativos peleaban de muy distinta manera que los españoles, puesto estos lanzaban sus tropas por secciones, no todos de una vez y si así lo hicieren los nativos, podrían alcanzar la victoria, pues contaban con suficiente gente. Aceptado fue el consejo de Choboloc, al siguiente día los Sacatepéquez lanzaron al combate sólo una parte de sus tropas, relevándolas sucesivamente, consiguiendo así poner en aprietos a los españoles, quienes temiendo ya su derrota, simulaban su retirada para tenderles una emboscada.

Los Sacatepéquez sintiéndose vencedores, olvidaron el consejo de Choboloc y se lanzaron en su persecución desordenadamente, cayendo en la celda, pues fueron atacados por todos los flancos de los españoles, que tras fiero lucha les derrotaron, haciendo prisioneros a los caciques y principales, quedando desde entonces los Sacatepéquez bajo la dominación española.

En el antiguo cabildo Kaqchiquel, el municipio de San Pedro Sacatepéquez fue fundado en Diciembre de 1769, cuando los vecinos de este municipio entregaron en la Caja Real, la cantidad de 326 pesos y 22 213 maravedíes, valor de 422 caballerías de tierras que compraron a la corona, más una legua de éjidos, terreno que se redujo al formarse los nuevos municipios circunvecinos en los años sub siguientes. Al ser decretada la Constitución Política del Estado de Guatemala, el 11 de octubre de 1825, fueron declarados los pueblos que comprende el territorio del estado dividiéndolo para el efecto en 11 distritos y varios circuitos. En el distrito 8°, correspondiente a Sacatepéquez y en “circuito de San Juan”, figura San Pedro Sacatepéquez.”<sup>1</sup>

### **1.1.2. Ubicación geográfica**

El municipio de San Pedro Sacatepéquez del departamento de Guatemala, se localiza a 25 km de la ciudad capital, sobre la ruta nacional número 5.

- Colindancia

Norte: Municipio de San Juan Sacatepéquez y San Raymundo

Sur: Municipio de Mixco y Santiago Sacatepéquez

Este: Municipio de San Juan Sacatepéquez y Ciudad Capital

Oeste: Municipio de Santo Domingo Xenacoj, Sacatepéque

- Coordenadas

Latitud: 14°41'06”

Longitud: 90°39'32”

Altitud: 2 101,66 metros sobre el nivel del mar

---

<sup>1</sup>OXCA, Ruben. *“Historias y leyendas de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala”*. 2014, p.11-12.

### 1.1.3. Administración

La municipalidad pertenece al municipio de San Pedro Sacatepéquez del departamento de Guatemala, en él se administra todo lo relativo a los servicios públicos para el beneficio y bienestar de la población.

Figura 1. **Escudo de la municipalidad**



Fuente: Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.

El consejo municipal de San Pedro Sacatepéquez ha ejercido sus funciones desde el año 2012, culminando con el periodo en el año 2016. La corporación, encabezada por el alcalde Dr. Rodrigo Buch, ha renovado su período por otros cuatro años. Es preciso aclarar que el Dr. Buch es el primer alcalde en reelegirse en la historia del municipio. La reelección se llevó a cabo durante las elecciones generales celebradas en septiembre de 2015.

La administración actual está conformada de la siguiente forma, aunque, parcialmente, es la misma corporación que asumirá para el período 2016 - 2020:

Alcalde	Dr. Rodrigo Buch Granados
Síndico Primero	Mario René Tepeu Canel
Síndico Segundo	Domingo Monroy Sinay
Primer Concejal	Alejandro Boror Tunche
Segundo Concejal	Ambrosio Palma Vásquez
Tercer Concejal	Tomás López Ajcuc
Cuarto Concejal	Carlos Manuel Monroy Chuquiej
Quinto Concejal	Nemecio Vit Pajoc
Primer Concejal suplente	Henry Procopio Vásquez
Segundo Concejal suplente	Edgar David Subuyuj Apixola
Tercer Concejal suplente	Julián Quina Morales

- Administración local

La administración pública del municipio está a cargo de la Corporación Municipal, encabezada por el alcalde, seguida por dos síndicos y cinco concejales. En San Pedro Sacatepéquez no se cuenta con una descentralización en las aldeas, lo cual es un reto para la administración.

Actualmente, la municipalidad cuenta con la dirección Municipal de Planificación, Administración financiera, oficina del Alcalde Municipal, Vice-Alcaldía, Alcaldías Auxiliares, Secretaría Municipal, Departamento de Agua Potable y Departamento de Contabilidad.

- Consejos de desarrollo rural y urbano

Existen 9 Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE) los cuales representan el 70% de la población. El Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE) también trabaja por el mejoramiento del territorio. Durante sus reuniones da seguimiento a los proyectos implementados.

- Organización comunitaria

Las organizaciones comunitarias representan a las áreas rurales y urbanas del municipio, entre ellas están el Grupo de jóvenes, Alcohólicos anónimos, grupos de jóvenes de las iglesias católicas y evangélicas, grupos de apoyo a enfermos y Cooperaciones internacionales que apoyan a niños y niñas.

#### **1.1.4. Misión**

“Somos una municipalidad democrática que promueve los valores y fortalece la organización y desarrollo de las comunidades urbanas y rurales, en la línea de gestión y autogestión, incidiendo en las decisiones políticas, económicas, sociales y culturales a nivel local y nacional, para mejorar la calidad de vida de la población.”<sup>2</sup>

#### **1.1.5. Visión**

“Ser un gobierno municipal moderno, transparente, eficiente, auto sostenible, democrático, representativo de los intereses de la población del municipio, con capacidad técnica, administrativa y financiera para promover la participación comunitaria de forma organizada e integral.”<sup>3</sup>

---

<sup>2,3</sup> Contraloría general de cuentas. “Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de Guatemala auditoría financiera y presupuestaria período auditado del 01 de enero al 31 de diciembre de 2012”. 2013, p.32.

### **1.1.6. Política institucional**

En el municipio de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, el gobierno local impulsa y fortalece el desarrollo integral de sus habitantes y ha logrado mejorar el nivel y calidad de vida de los habitantes al establecer un gobierno local participativo, en el que los ciudadanos plantean de manera activa las necesidades y posibles soluciones a los problemas que les aquejan y, con base de ellos, se elaboran los planes de gobierno local y su presupuesto respectivo. La Política de Administración Municipal contempla la atención a las necesidades planteadas por los vecinos por medio del uso adecuado, eficiente y transparente de los recursos generales.

Los ejes estratégicos se han establecido en función de políticas del gobierno central. Para ello se han tomado en consideración los pactos Seguridad, Justicia y Paz, Hambre Cero, Fiscal y de Competitividad. La inclusión de estos organismos se asume como la formulación conjunta de decisiones y normas generales de acción, que establecen la posición institucional sobre determinado tema o que se encuentran encaminadas a orientar la Administración de la institución. Se ejecutan por medio de la institucionalidad pública y cuyo propósito es influir en el entorno con el fin último de satisfacer demandas, necesidades e intereses.

Además, uno de los objetivos de la municipalidad es que los servicios públicos municipales sean prestados con eficiencia y eficacia en los ámbitos administrativo y operativo.

El desarrollo socio-económico de las familias sampedranas se logra creando oportunidades laborales, promoción de estrategias para la prevención contra la

mujer, integración de la juventud en proyectos, e impulso de la identidad cultural.

La municipalidad trabajará por mejorar la red vial para tener mayor desarrollo económico y social, impulsar el uso responsable de los recursos naturales, dotar de más y mejor infraestructura para las escuelas, impulsar el manejo adecuado del agua y su saneamiento, crear espacios para la recreación y esparcimiento.

#### **1.1.7. Procesos administrativos**

Las funciones que realiza la municipalidad son con las que la ley orgánica le permite, por ejemplo, las formulaciones, aprobaciones, ejecuciones, evaluaciones, supervisiones y control de los planes de desarrollo local. Todo lo anterior es revisado y aprobado por medio del concejo municipal.

Los servicios que se otorgan para el bienestar de la población son: agua potable, limpieza, alumbrado público, mercados, alcantarillados, registros civiles, mercados y centros de salud.

La municipalidad ha centrado su atención en realizar proyectos que contribuyan con la mejora de la economía del municipio apoyando a productores locales, realizando ferias donde fabricantes venden sus productos a mayoristas provenientes de diversas regiones. También realiza proyectos culturales para atraer la atención de jóvenes, como la pintura, escuela de marimba, teatro, canto y deportes. Preocupados por el desarrollo de la población, también se han otorgado cursos gratuitos para el aprendizaje de oficios, como la repostería, decoraciones, floristas, entre otros.

Tabla I. **Matriz FODA, municipalidad de San Pedro Sacatepéquez**

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cercanía a la ciudad capital.</li> <li>• Es un municipio industrial de fabricación textil.</li> <li>• El diseño y ordenamiento del mercado es adecuado y eficiente.</li> <li>• La corporación municipal tiene capacidad de organización.</li> <li>• Hay disposición de la municipalidad para colaborar en proyectos de beneficio para la comunidad.</li> <li>• Se cuenta con el apoyo de comunitarios, específicamente de jóvenes para la realización de proyectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen organizaciones que han coordinado distintas campañas de vacunación por medio de donaciones.</li> <li>• Organizaciones han realizado campañas de limpieza en las calles del municipio.</li> <li>• Se han realizado campañas de reforestación por medio de grupos de personas coordinadas.</li> <li>• Existen instituciones o grupos de personas que coordinan unto a la municipalidad, campañas para la mejora de salud de los habitantes.</li> </ul>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de comunicación entre las comisiones que integran la municipalidad y los diferentes sectores.</li> <li>• El personal de la municipalidad manifiesta poco interés en la colaboración.</li> <li>• Poca habilidad en la resolución de conflictos entre los pobladores.</li> <li>• No existen temas directos en el mejoramiento del medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Centro de Salud carece de vehículos para cubrir las necesidades de las aldeas.</li> <li>• Hace falta recurso humano y equipo técnico para brindar educación.</li> <li>• Hace falta edificios educativos.</li> <li>• El local de la PNC es deficiente e inadecuado; además su ubicación no es la ideal.</li> <li>• Existe sobrepoblación en los distintos niveles de educación.</li> <li>• El saneamiento para las calles y el ambiente de la comunidad no es el apropiado para dotar de buenas condiciones de vida a los pobladores.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### **1.1.8. Recursos**

El municipio se encuentra a 22,5 km de la ciudad capital en dirección hacia el occidente. Posee unas maravillosas vistas sobre el valle de Guatemala y las montañas del norte. Aproximadamente el 95% de su población es indígena.

#### **1.1.8.1. Naturales**

En el municipio se localizan los ríos: El Murciélago, Las Flores, Cimarrón, y Piedra de Fuego. Todos con caudal escaso.

Puede observarse que en distintos sectores existen manantiales a la altura del suelo, lo que beneficia la salud y provee bienestar para los habitantes.

Este municipio está comprendido dentro del complejo montañoso de la sierra de Chuacús. Este complejo montañoso abarca considerables alturas cubiertas de vegetación, donde abundan grandes árboles de ciprés, pino, encino y otras maderas.

Los suelos de San Pedro Sacatepéquez, cuentan con 24,71% de arbustos y matorrales, 21,75% para la agricultura, 31,03% de bosque natural y el restante 22,51% lo constituye los centros poblados.

Es un municipio dotado de privilegiados recursos naturales, debido a su posición geográfica, entre las sub-cuencas de captación pluvial. Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, el municipio está compuesto por tres zonas de vida:

- Bosque húmedo montañoso bajo subtropical

- Bosque húmedo subtropical
- Templado-frío

Se cuenta con 31 fincas, las cuales ocupan una superficie de 30,60 manzanas, dedicadas a la agricultura.

El municipio cuenta con una topografía que forma parte de las tierras altas del altiplano central y la cadena volcánica con montañas, cuenta con dos regiones, una superficie plana y la otra con superficie alta.

#### **1.1.1.1. Físicos**

La extensión territorial de San Pedro Sacatepéquez es de 48 km cuadrados, dividiéndose el casco municipal en 5 zonas.

- Zonas

Las zonas que conforman el centro de la población, se denominaron con un nombre como se muestra a continuación, sin embargo, con el pasar del tiempo los nombres fueron sustituidos popularmente por un número específico de zona.

Zona 1, Morazán

Zona 2, San José

Zona 3, Ermita

Zona 4, Barrios

Zona 5, Laguna seca

- Aldeas

El municipio cuenta con 3 aldeas, las cuales se dividen en caseríos.

- Vista Hermosa

Caseríos: Las Limas, San Francisco 1, San Francisco 2, San Martín, Los Reyes, Cruz de Piedra, El Aguacate, Cantón Central y Colonia Bosques de Vista Hermosa.

- Chillaní

Caseríos: Lo de Boc Y Los López.

- Buena Vista

Caseríos: Los Vásquez o Xenacoch, Los Ortiz, La Presa, Laguna Seca y Sector Central.

- Fincas

El Escudero, Bethania, Las Conchas, Las Vegas y La provincia.

- Parajes

La Cruz, Las Tres Cruces



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

La generación de desechos sólidos es inherente a las actividades de todo ser humano, los residuos son generados a partir de una amplia gama de actividades tanto industriales, como domésticas y agrícolas. Los residuos generados pueden ser de naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa.

Si no se cuenta con las medidas para el manejo apropiado, debido a la composición de los residuos, los desechos pueden presentar riesgos a la salud humana y al ambiente por sus características corrosivas, reactivas, tóxicas o explosivas.

El control inadecuado de los desechos causa contaminación de cuerpos de agua, del aire y del suelo. Esto se debe a que se carece de las técnicas adecuadas para su recolección, el transporte adecuado y el tratamiento que se le dará en su destino para la eliminación.

En el municipio de San Pedro Sacatepéquez, existe una empresa de recolección de basura privada. Los vecinos que deseen contar con el servicio deben pagarlo. Sin embargo, la contratación no es obligatoria y, dada la cantidad de clientes y su escasa capacidad, solo brinda atención a las calles principales del municipio.

Puede observarse que las áreas donde se encuentran terrenos baldíos se han utilizado como vertederos clandestinos. A pesar de los esfuerzos para evitar este tipo de actividades, es una práctica común entre las personas que

no cuentan con el servicio de recolección privada porque se los impide su escasa economía o por la carencia de cultura de higiene y conciencia sanitaria.

La municipalidad cuenta con un servicio de recolección. Para ello, cuenta con un camión que recorre las principales instituciones municipales, como la escuela, mercado, cementerio, centro de salud, entre otros.

## **2.1. Control de desechos**

El control de los desechos implica todas las actividades relacionadas con el adecuado manejo de los residuos. Existen diversas alternativas para garantizar que la disposición final no afectará al medio ambiente, las cuales se mencionan a continuación.

- **Reciclaje**

Es la alternativa más productiva en la que se siguen un proceso específico que convierte los residuos en materia prima que puede utilizarse después en otro proceso productivo distinto.

- **Destrucción**

Consiste en seleccionar y reducir los residuos en partículas que pueden ser manipuladas y estabilizadas en un lugar bajo las condiciones apropiadas, donde no causen contaminación.

- **Confinamiento**

Este método se usa, principalmente, en el control de los desechos tóxicos o desechos médicos generados por los hospitales, sanatorios o clínicas de atención a la salud. Consiste en separar y concentrar los residuos peligrosos en volúmenes reducidos, sometiéndolos a condiciones apropiadas para su estabilización, con esto se evita la generación de lixiviados.

La alternativa más utilizada en el país es el depositar los residuos en un vertedero, que no es más que un amplio terreno otorgado por las autoridades competentes para el depósito de la basura, en el que se colocan en montañas.

En las zonas principales del casco municipal, se utiliza la recolección de basura tercerizada que realiza por una empresa dedicada a este fin.

Se observa que, a diferencia del casco municipal, en la periferia, algunas personas no han adquirido el servicio. Esto se debe a que la ruta de recolección no cubre sus domicilios dada la lejanía del centro del pueblo o, en otros casos, no desean pagarlo. Cuando no se cuenta con una recolección sistemática, las personas optan por llevar la basura a terrenos baldíos, donde en ocasiones, la queman, la entierran, o la dejan expuesta, a pesar de las señalizaciones para evitar éstas prácticas.

### **2.1.1. Vertedero nacional utilizado**

Los vertederos son extensiones de tierra seleccionados para acumular la basura generada por la población. Los desechos depositados contribuyen al calentamiento global, ya que la materia orgánica genera gas metano durante su proceso de descomposición. El gas metano no es peligroso para el ser humano, pero sí para el calentamiento global ya que genera una barrera que impide que la salida de los rayos del sol de la atmósfera.

Los desperdicios que se acumulan generan líquido que suda la basura. Este líquido se filtra por la tierra, hasta llegar a los mantos acuíferos subterráneos donde contamina las aguas.

La salud de las familias que residen alrededor del vertedero es vulnerable a cualquier daño ocasionado por la liberación de partículas tóxicas de la basura. Además, se ubican en terrenos inapropiados ya que se exponen a sufrir accidentes derivados de los desastres naturales.

Tanto el servicio municipal de recolección de basura como la recolección tercerizada, utilizan el basurero de la Zona 3 de la ciudad capital como depósito de los desperdicios. El servicio privado también utiliza el relleno sanitario de Villa Nueva.

El basurero de la Zona 3 es un vertedero y relleno sanitario que pertenece a la ciudad de Guatemala y se ubica en un barranco que divide las zonas 3 y 7. En 1879 se inició el uso de este vertedero y en 1953 se comenzó a tratar sanitariamente. Se estima que recibe diariamente 3 000 toneladas de desechos que no han sido clasificados.

El vertedero de Villa Nueva se ubica en el km 22 Carretera CA-9 hacia el sur, jurisdicción de Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala.

En ambos basureros, familias en extrema pobreza exponen su vida y salud para recuperar de la basura algunos recursos con los cuales puedan sobrevivir. Popularmente a estas personas se les llama “guajeros” y, además de aprovechar algunos desperdicios, también colaboran para la clasificación de desechos.

### **2.1.2. Colectores clandestinos**

Estos colectores son un vertedero que, sin consideraciones medioambientales, económicas, sociales y ambientales, son elegidos por algún grupo humano para depositar sus desechos sólidos. Estos son fuente de contaminación, enfermedades y otros problemas que se agravan en la época lluviosa.

La práctica de tirar basura en cualquier terreno abandonado se ha generalizado, ya que multiplicidad de espacios se utilizan como basureros, sin ninguna autorización. Las figuras muestran basureros clandestinos ubicados en la cabecera municipal.

Figura 2. **Basurero clandestino localizado a orillas de la carretera del ingreso a la cabecera del municipio**



Fuente: Zona 5, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.

Figura 3. **Basurero clandestino localizado en el sector Tierra Colorada**



Fuente: primera avenida final, Zona 1, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, sector Tierra Colorada.

### **2.1.3. Otras prácticas utilizadas**

Algunas personas que tienen terrenos en el perímetro de la cabecera municipal, optan por incendiar la basura que han recolectado. Con ello, liberan grandes cantidades de tóxicos y hacen caso omiso de los efectos que causan estas partículas en el medio ambiente porque se ha constituido en una práctica común.

Otros han adoptado la costumbre de enterrar la basura en un depósito que hacen en la tierra. Esta práctica propicia que la basura libere líquidos tóxicos que son filtrados por la tierra, hasta llegar a los mantos acuíferos. En el municipio de San Pedro Sacatepéquez, se cuenta con diversos nacimientos y

pozos de agua, por lo que se corre el riesgo de contaminar fácilmente estas reservas.

Figura 4. **Quema de basura**



Fuente: <http://270c81.medialib.glogster.com/media/44/445a1455ca53ec169efb2d19b405680acd2eaa0d63457c2fe8ea9d68b57df175/basura-jpg.jpg>. Consulta: noviembre de 2015.

## **2.2. Actividades actuales**

Actualmente, una empresa recolecta los desperdicios por medio de camiones que recorren las principales calles del casco urbano del municipio. Además, la municipalidad, por medio de un camión, recolecta la basura generada por las instituciones que administra.

Estas acciones abarcan, principalmente, la cabecera municipal, mientras que los vecinos que viven alejados del centro del pueblo carecen del servicio.

Por esta razón recurren a las prácticas de quema de basura o a la invasión de terrenos para crear tiraderos clandestinos.

### **2.2.1. Servicio municipal**

El servicio municipal abarca las instituciones que administra, entre ellas está la Escuela Justo Rufino Barrios, Centro de Salud, Salón de usos múltiples, Polideportivo, instalaciones del edificio municipal, Cementerio y mercado.

Los encargados de limpieza de cada una de las instituciones preparan los desechos en bolsas plásticas para colocarlos en el camión recolector que los llevará al vertedero correspondiente.

El servicio municipal cuenta con personal equipado con palas, mascarillas, botas y guantes. Se identifican con una playera y gorra proporcionada por la municipalidad.

Puede observarse que los recolectores cuentan con las medidas necesarias para evitar el contacto y contaminación con la basura, lo que beneficia su salud.

### **2.2.2. Recolección tercerizada**

El servicio prestado por la entidad privada, recorre las principales calles de la cabecera municipal. Los lunes, miércoles y viernes son los días de recolección. El recorrido comienza a las 2:00 horas y finaliza a las 11:00 horas, cuando trasladan los desechos al vertedero correspondiente. A pesar de ser un servicio por el que se debe pagar, el personal carece del equipo necesario para el manejo de la basura. Su única herramienta es un costal abierto donde introducen los desechos. Luego, se colocan en la espalda y lo llevan al camión,

donde lo depositan. En ocasiones entran en contacto con la basura y con elementos cortantes, como vidrio, lo que les produce cortaduras que no son tratadas. Este servicio carece de unidades especializadas para la recolección de desechos hospitalarios originados en las clínicas médicas y de odontología del municipio. Los recolectores transportan estos sin ninguna prevención, por lo que también se exponen a enfermedades peligrosas.

### **2.2.3. Cobertura de recolección**

La recolección de la basura no abarca la totalidad del municipio. Algunas personas prefieren no pagar por el servicio y, en algunos casos, sus domicilios están en terrenos inaccesibles para los camiones recolectores. También hay personas que carecen de medios económicos para pagar el servicio.

#### **2.2.3.1. Municipal**

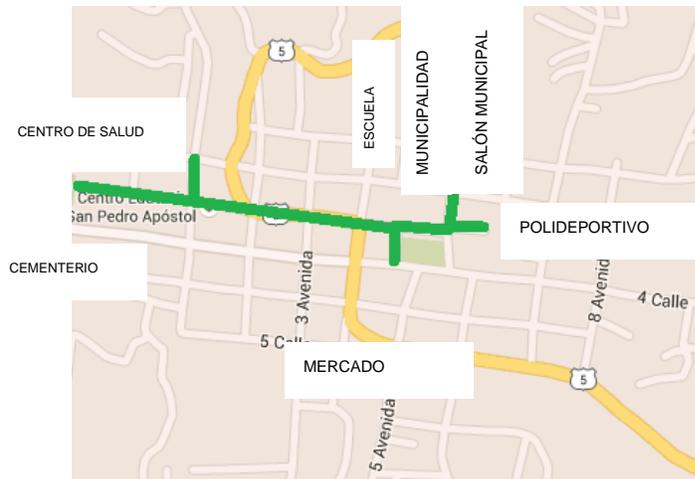
Las instituciones han acordado colocar la basura en bolsas plásticas en las afueras de sus edificios. Sin embargo, el depósito designado para el mercado se satura con desperdicios. Esto permite que los contaminantes entren en contacto con los alimentos. Además, alrededor de la basura se concentran perros callejeros que, en ocasiones, atacan a los transeúntes y rodean las ventas de comida, vegetales y frutas situadas en ese sector.

Se especifica la ruta que sigue el servicio municipal, pasando por las instituciones que administra, la ruta y el horario de recolección se determina según acuerdo previo con las entidades involucradas.

Cuando se realizan actividades, como desfiles patrios, procesiones en Semana Santa, días de feria, entre otros eventos, la municipalidad con apoyo

de los vecinos, extiende su servicio de recolección hasta los puntos donde las calles necesitan ornato.

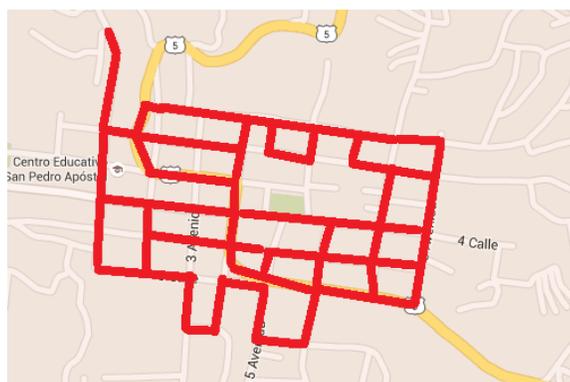
Figura 5. **Ruta de recolección municipal**



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3.2. Tercerizada

Figura 6. **Ruta de recolección tercerizada**



Fuente: elaboración propia.

Los vecinos que desean del servicio de recolección, pero su domicilio está fuera de la ruta planificada, generalmente, optan por llevar la basura hasta la esquina más cercana para que el camión la recoja a su paso.

### **2.3. Condición social**

La ausencia de un control estricto en el manejo de los desechos ha ocasionado diversas situaciones que afectan la salud de la población, no permiten la ornamentación de las calles y expone a las familias al contacto con contaminantes que representan un peligro tóxico o biológico.

La municipalidad ha organizado jornadas conjuntamente con organizaciones religiosas o educativas, cuya finalidad es generar en los pobladores una cultura de ornamentación y conciencia sobre el medio ambiente. Además, se han instalado letreros para generar conciencia acerca de no depositar desperdicios en los basureros clandestinos. Algunas veces, los vecinos respetan estas recomendaciones, en otras hacen caso omiso de ellas.

#### **2.3.1. Ornamentación de calles**

El terreno del municipio es quebrado y montañoso. Esto permite el ingreso de corrientes de aire que esparcen la basura hacia varias calles. Sin embargo, nadie se encarga de la limpieza de estos desperdicios. Por otra parte, los visitantes de otras regiones o los pobladores del municipio que transitan por las calles del pueblo tiran la basura desde sus automóviles o desde los autobuses, la cual tampoco recoge nadie. Las escenas como la presentada a continuación, son comunes en el pueblo.

Figura 7. **Déficit en ornamentación de calles**



Fuente: primera avenida, cero calle, zona 1, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.

Figura 8. **Ornamentación de carreteras**



Fuente: Cantón "El Aguacate", km. 23 Ruta hacia San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.

### **2.3.2. Condiciones de salud de la población**

Debido a la exposición con los contaminantes, los habitantes han presentado diversos problemas de salud, entre los más comunes están:

- Síndromes diarreicos agudos

Consiste en deposiciones frecuentes de consistencia líquida.

Los síntomas de este síndrome son náuseas, vómitos, decaimiento, irritabilidad y en algunos casos, fiebre.

- Parasitosis

Enfermedad causada por parásitos, principalmente se contagia por medio de los alimentos o del agua contaminada. Inicia con molestias leves, sin embargo puede ser mortal.

En el municipio de San Pedro Sacatepéquez, varias familias utilizan los ríos que pasan cerca de su casa para abastecerse de agua, lo que representa una potencial fuente de contagios de enfermedades por parásitos.

- Problemas respiratorios

Debido a la contaminación del aire se producen enfermedades, como el asma, la bronquitis y la neumonía, además de provocar enfermedades virales como la fiebre amarilla o la hepatitis.

La contaminación del aire puede, incluso, provocar un 20% de riesgo de padecer cáncer de pulmón.

- Chikungunya

Es una enfermedad viral que es transmitida al ser humano por un mosquito que esté infectado. Los síntomas que se presentan son, fiebre, dolores de cabeza, cansancio, náuseas, dolores articulares y erupciones cutáneas.

Algunos signos clínicos de los infectados son similares al dengue, es una enfermedad cuyo tratamiento se basa en aliviar los síntomas, aún no se cuenta con medicinas que puedan curarlo.

- Dengue

Esta es una infección que transmiten los mosquitos. Causa síntomas gripales, en algunas ocasiones puede pasar hasta un cuadro potencialmente mortal denominado dengue grave.

Para esta infección no existe un tratamiento específico, pero la atención inmediata y la detección oportuna, disminuyen la tasa de mortalidad por debajo del 1%.

- Problemas dermatológicos

La contaminación es generadora de enfermedades en la piel, como el acné, manchas, envejecimiento prematuro, entre otras.

Para evitar este tipo de problemas es recomendable evitar el contacto con la basura en estado de descomposición.

- **Enfermedades vectoriales**

Constituye en la propagación de enfermedades por medio del contagio de organismos vivos que pueden transmitir la infección entre personas.

Los vectores más comunes son, garrapatas, moscas, pulgas, caracoles, entre otros insectos. Se propaga cuando ingieren microorganismos junto con la sangre de un portador infectado; posteriormente lo introducen al organismo de un nuevo portador donde depositan la sangre que han ingerido.

### **2.3.3. Exposición a contaminantes**

En algunos sectores existen basureros cerca de lugares habitados, en calles y en ríos. La población ha hecho caso omiso de los riesgos que representa poniendo en peligro la salud de las familias.

En otros sectores depositan la basura en bolsas plásticas y la colocan en un lugar determinado a la espera del paso del camión recolector. Los perros que deambulan por el sector, con frecuencia, rompen las bolsas en busca de alimentos y diseminan la basura en la calle. En estas circunstancias, el camión no la recoge y permanece como foco de contaminación.

## **2.4. Condición medio ambiental**

El medio ambiente es el conjunto de valores naturales, químicos, biológicas y físicos que influyen en la vida del ser humano, comprende seres vivos, el agua, los suelos, aire y como se interrelacionan entre sí.

El medio ambiente se ha deteriorado por el manejo inadecuado de los desechos generados por la población. Como consecuencia, los seres humanos viven en ambientes poco favorables para su salud.

### **2.4.1. Afección al suelo**

Cuando los desperdicios permanecen en un mismo lugar durante mucho tiempo, parte de la basura se filtra y contamina el suelo con hongos, bacterias y otros organismos productores de enfermedades.

Las aguas superficiales y las subterráneas también se contaminan con los residuos y generan la interrupción de los ciclos biogeoquímicos. Con ello, las cadenas alimenticias también se contaminan, modificando, de esta forma, la interrelación de los seres biológicos con el medio ambiente.

En ocasiones, el suelo sufre agresiones de tal magnitud que lo imposibilitan para el cultivo de vegetales o árboles. Estos ecosistemas benefician únicamente a la generación y propagación de enfermedades por medio de insectos.

Figura 9. **Suelo contaminado con hidrocarburos**



Fuente: <http://www.panoramio.com/photo/62868462>. Consulta: noviembre de 2015.

#### **2.4.2. Exposición de fuentes de agua potable**

Según la Organización Mundial de la Salud, el agua se considera contaminada en el momento que su composición se altera y carece de las condiciones necesarias para que el humano se beneficie de ella.

El agua puede modificarse hasta el punto de que la salud del ser humano corre peligro si la consume. Esto sucede cuando entra en contacto con las partículas tóxicas que se hay en los desperdicios. De igual forma el agua contaminada puede afectar a la industria, las actividades recreativas y para los animales.

Las aguas superficiales son, en general, más vulnerables que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana.

El municipio de San Pedro Sacatepéquez cuenta con abundante agua. Existen varios nacimientos que están al nivel del suelo. Los vecinos resguardan algunas de estas fuentes para evitar su contaminación. La municipalidad aprovecha otros nacimientos para extraer el agua desde el manto acuífero, por medio de un pozo mecánico. Otras fuentes son olvidadas y el agua recorre las calles sin que se aproveche.

Estas fuentes de agua se contaminan si se deposita basura en los terrenos. Como consecuencia de los fenómenos naturales, especialmente de la lluvia, que arrastra los desperdicios hacia las calles o los nacimientos de agua se mezclan con el lodo, con lo cual es imposible aprovechar el agua.

La utilización descontrolada y sin protocolos establecidos de insecticidas, fertilizantes y plaguicidas tóxicos es otro factor que afecta el resguardo de las fuentes de agua. Estos productos se esparcen en los cultivos y parte de ellos van hacia las fuentes acuíferas. Además, el uso descontrolado de compuestos destruye los ecosistemas ya que provocan la muerte de especies acuáticas y terrestres.

Figura 10. **Nacimiento de agua contaminado**



Fuente: Carretera que conduce hacia la aldea Buena Vista, San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.

### **2.4.3. Contaminación de ríos**

La contaminación del agua proviene de la liberación de residuos originados de las actividades humanas que se drenan a las escorrentías que conducen a ríos.

Las industrias cercanas a los ríos utilizan estas corrientes de agua para derramar sus desechos. Ante esta práctica, es evidente la ausencia de control de las instituciones encargadas de velar por el medio ambiente. En tal virtud, esta práctica pasa a ser cotidiana.

La contaminación de los ríos data de hace mucho tiempo. Es uno de los primeros componentes del ambiente que ha sufrido este flagelo. Sin embargo, en la actualidad el volumen de desperdicios se ha incrementado ante la proliferación de la industria y núcleos habitacionales. Indudablemente, las aguas han cambiado su composición afectando tanto a la fauna como a la flora.

**Figura 11. Contaminación de río**



Fuente: río ubicado en el cantón “El Aguacate” km 23. Ruta hacia San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.



### 3. PROPUESTA PARA EL RECICLAJE DE LATAS

Las latas son un recipiente metálico usado como envase para líquidos y productos alimenticios conservados. Los materiales más utilizados para su fabricación son el aluminio y la hojalata, que es una lámina delgada de acero.

Actualmente, los productos enlatados abarcan un gran parte del mercado. El aluminio se utiliza también para cables, embalajes, elementos de construcción, vehículos, puertas, ventanas, entre otros.

La mayoría de latas se fabrica con aluminio, debido a sus beneficios.

- Ligereza, debido a su delgado espesor
- Protección contra la luz, oxígeno, aire y bacterias
- Resistencia a la rotura
- Opción de decoración por medio de impresión
- Reciclaje

La lata es uno de los recipientes más utilizados para comercializar líquidos. A raíz de la implementación de la anilla abre fácil, se incrementó el uso de la lata la cual, además es de fácil distribución. La industria alimentaria se ha aprovechado de estas ventajas para ampliar su mercado

El proceso para el reciclaje de latas de aluminio comienza con la recolección del material, se traslada hacia la planta de reciclaje donde se limpia y aplasta para formar bloques que se funden en hornos. Con el material fundido se selecciona el proceso que se realizará, dependiendo de los requerimientos del

material, puede ser una pieza fundida o laminada para la creación de perfiles, recipientes o cables.

### **3.1. Clasificación de la basura**

Se considera basura a todo material desechado y que se necesita eliminar. Normalmente, la basura se recolecta y lleva hacia vertederos, donde se espera que sea tratada y controlada para evitar problemas ambientales.

La basura puede clasificarse según su composición.

- **Residuo orgánico**

Son restos biodegradables de plantas, frutas, verduras y animales. Actualmente, se ha generalizado la práctica del reciclaje de estos residuos para la fabricación de fertilizantes eficaces y beneficios para el medio ambiente, producción de energía por medio de generadores de metano y biodiesel.

Los residuos orgánicos son recursos valiosos y, reutilizados sabiamente, representan beneficios. La transformación del material orgánico para la elaboración de un fertilizante o compost se realiza a través de un proceso en el que se descompone el material de forma natural o creando condiciones para acelerar su descomposición. Los residuos que puede utilizarse en este proceso son el pan, café, huevo, restos de frutas y verduras, estiércol, papel, aserrín, té, ceniza y hojas de árboles.

- **Residuo inorgánico**

Todo material que se considera como basura, pero que no es biodegradable es considerado un residuo inorgánico. En esta están las latas, vidrios y plásticos.

A diferencia de los residuos orgánicos que provienen de seres vivos como las plantas o animales, los residuos inorgánicos han sido creados mediante un proceso industrial.

Los materiales orgánicos, generalmente, se utilizan para crear abonos orgánicos. Actualmente, mediante diferentes técnicas de reciclado es posible reutilizar la mayoría de basura inorgánica, minimizando la cantidad de residuos que están en contacto con el medio ambiente. Para aprovechar los residuos orgánicos es preciso separarlos de los inorgánicos, que son los que deterioran el ambiente.

- Residuos peligrosos

Son residuos creados mediante un proceso artificial y al finalizar su vida útil presentan un riesgo para los humanos y para el medio ambiente. Un residuo peligroso se caracteriza por su toxicidad, inflamabilidad, reactividad, radioactividad, explosividad, entre otros.

Estos residuos suelen ser producidos por hospitales, fábricas textiles, farmacéuticas, fábricas de químicos, industria petrolera, productores de químicos para la agricultura y agropecuaria.

Los principales desechos peligrosos son los ácidos, solventes, soluciones de metales, desechos de tintas, solventes, desechos de benceno, cosméticos y baterías.

### **3.2. Requerimientos tecnológicos**

El aluminio es un metal no ferromagnético, cuyo símbolo es Al, con número atómico 13. Es el tercer elemento hallado en mayores proporciones en la corteza terrestre. El contenido medio en la corteza terrestre es de 8,1%, está por encima del hierro con un 5% y por debajo del silicio con 27,7%. El oxígeno se encuentra en un 46,6% por lo cual es el elemento que presenta mayores proporciones en la corteza terrestre.

El primer paso para hacer al aluminio utilizable es la extracción del mineral llamado bauxita, extraído principalmente en los países tropicales. La bauxita está ligada a moléculas de oxígeno que deben romperse con electrólisis para producir aluminio puro. Por medio de un proceso químico se logra extraer la alúmina para luego eliminar su humedad. A partir de 5 toneladas de bauxita se producen 2 toneladas de alúmina que producen 1 tonelada de aluminio.

Las aleaciones principales que se realizan con el Aluminio son con el magnesio (Mg), cobre (Cu), Silicio (Si), zinc (Zn), plomo (Pb) y Manganeseo (Mn). El objetivo de las aleaciones es mejorar su dureza y resistencia.

Es el metal más utilizado después del acero debido a sus propiedades, su baja densidad de  $2700 \text{ kg/m}^3$ , su resistencia a la corrosión, su alta capacidad para la conducción de electricidad y calor, lo convierte en un metal muy útil en la ingeniería de materiales.

La fabricación de latas de aluminio parte de una lámina de donde se obtienen pequeños recipientes que son la base de las latas. Después pasa a un perforador o ariete que estira las paredes de la base para obtener el cuerpo de la lata, se rocía en el interior con una capa de químicos para evitar que la

bebida que contendrá, absorba el sabor al aluminio. Por último, se realiza la tapa a la que se le adhiere el abre fácil y luego es enviada a la empresa donde se llenará del producto.

Las latas se reciclan para que cumplan varias funciones, entre las más comunes está la decoración y la reutilización, previo proceso de fundición del material.

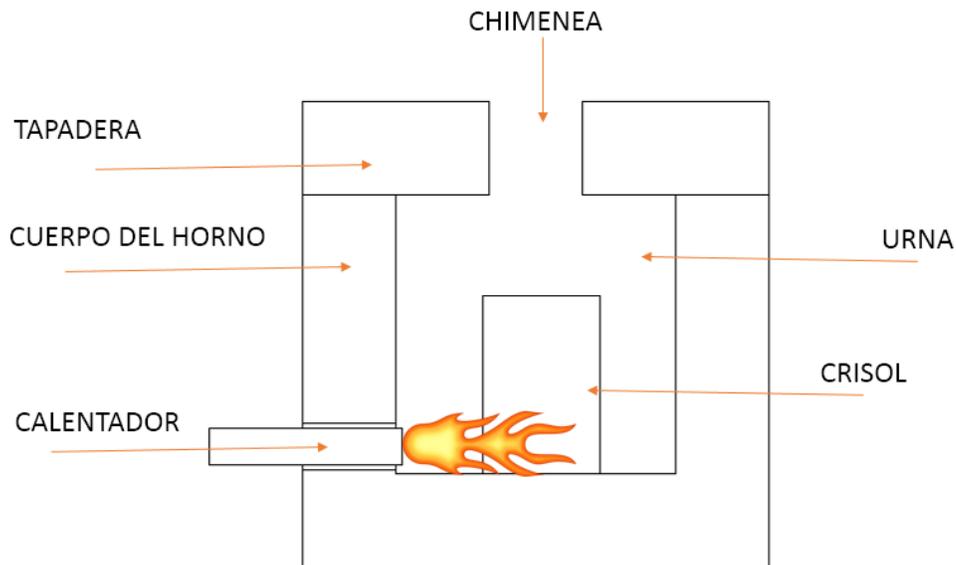
La fundición o fusión consiste en incrementar la temperatura del metal dentro de un horno hasta el punto en que se convierta en líquido. El aluminio la se funde a 660,3 °C. El material fundido se deposita en moldes para formar lingotes disponibles para las fábricas procesadoras, donde recibe su tratamiento final para la elaboración de sus productos.

A través del tiempo se han creado diferentes hornos para derretir el material. Esta maquinaria se selecciona de acuerdo con la magnitud del material que se procesará y la fuente de energía que se utilizará. Entre los más utilizados están:

- Horno de crisol

Estos hornos utilizan un recipiente conformado por material refractario, principalmente de arcilla, grafito o de acero aleado. Su fuente de energía se origina por una llama dirigida al recipiente, generalmente, se utiliza la combustión de un aceite, gas o carbón pulverizado.

Figura 12. **Horno de crisol**



Fuente: Elaboración propia.

Existen 3 tipos de hornos de crisol:

- Crisol móvil

El crisol se coloca dentro del horno y al obtener la fundición del metal, se retira levantándolo y sacándolo del horno, luego se vacía en los recipientes o moldes. Este tipo de horno se ilustra en la figura 12.

- Crisol estacionario

En este tipo de horno el crisol no se mueve y, para vaciarlo, se usa una cuchara que recolecta el material y lo traslada al recipiente que lo contendrá.

Figura 13. **Horno de crisol estacionario**



Fuente: [http://www.nabertherm.es/produkte/details/es/giesserei\\_schmelz-und-warmhalteofen](http://www.nabertherm.es/produkte/details/es/giesserei_schmelz-und-warmhalteofen). Consulta: febrero de 2017.

- **Crisol basculante**

Al igual que el crisol estacionario, el crisol y el quemador se encuentran adheridos al horno, al obtener el material fundido el horno se voltea para vaciar el líquido en los moldes.

Figura 14. **Horno de crisol basculante**



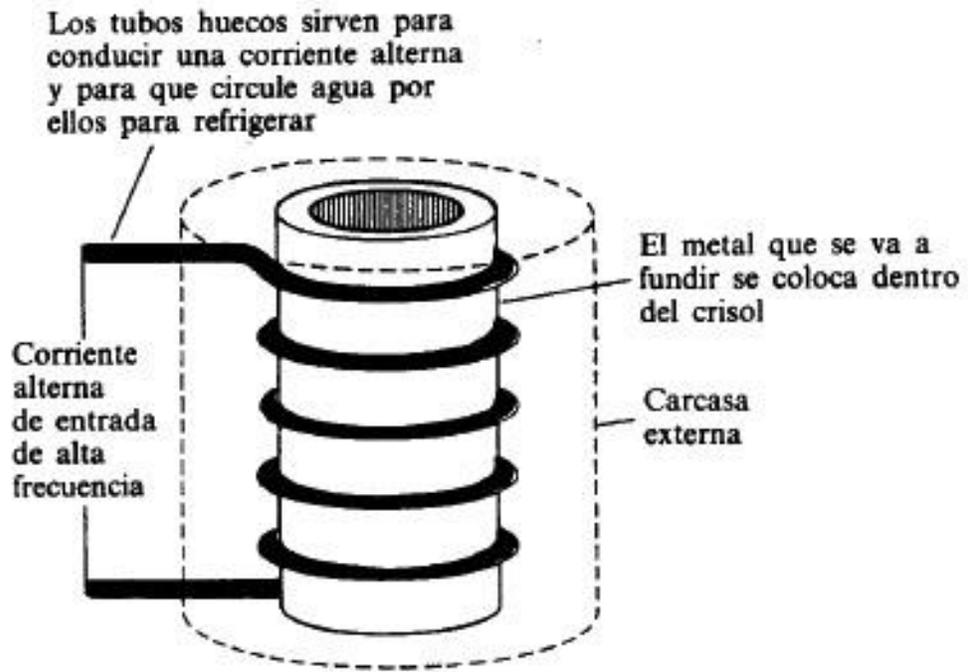
Fuente: <http://www.emison.com/2084.htm>. Consulta: febrero de 2017.

- Horno de inducción

Este tipo de horno utiliza corriente eléctrica alterna que fluye a través de una bobina que genera un campo magnético en el metal, la corriente que se induce produce un calentamiento y la fusión del metal.

La ventaja de este horno es que la fundición es de alta calidad y pureza, debido a que el campo magnético que se genera por medio de la corriente eléctrica evita el contacto entre el metal y la fuente calorífica.

Figura 15. **Horno de inducción**



Fuente: <http://tiposdehornos-procesos.blogspot.com/2015/05/blog-post.html>. Consulta: febrero de 2017.

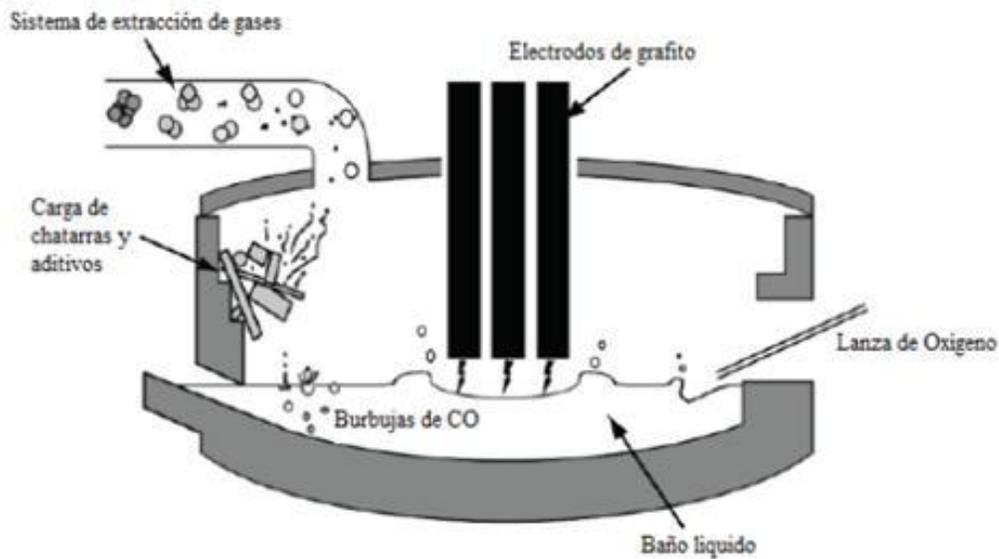
- Horno de arco eléctrico

Estos hornos se cargan por la parte de arriba y el vaciado se realiza inclinando el horno. Está constituido por 3 electrodos de grafito que se pueden ajustar de acuerdo con la cantidad de metal presente, dentro de este horno se coloca el metal y los demás elementos aleantes.

El tiempo para fundir el material depende de las necesidades. El horno se alimenta de corriente eléctrica y cuando se ha logrado fundir el material los electrodos se elevan para vaciar el metal en recipientes que, luego se trasladan

a los moldes. El horno eléctrico tiene capacidad para procesar de 60 a 90 toneladas de metal.

Figura 16. **Horno eléctrico**



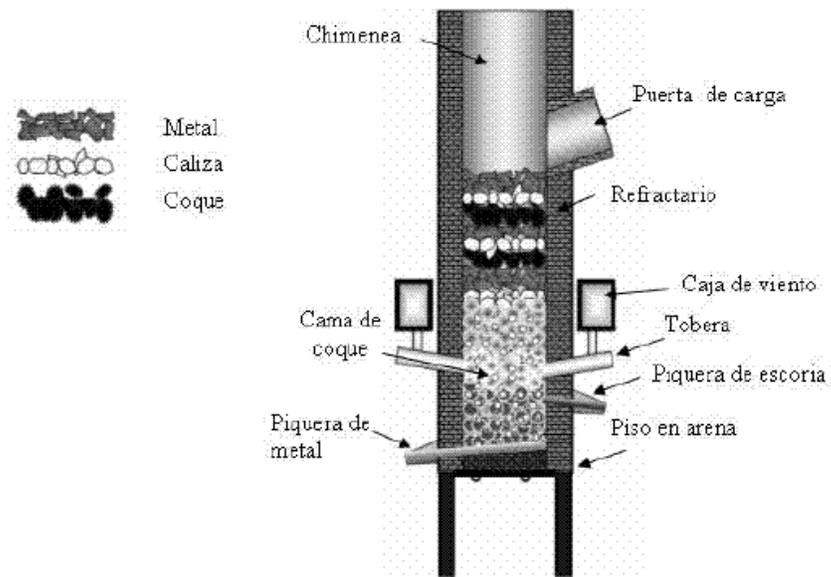
Fuente: <http://www.mailxmail.com/curso-reciclado-polvos-acerias-oxido-zinc-procesos-hidrometalurgicos/polvos-aceria-horno-electrico-arco-1-2>. Consulta: Febrero de 2017.

- Horno de cubilote

Es un horno en forma de cilindro vertical de acero, principalmente, se utiliza para fundir hierro. Para la producción de acero se carga de hierro, coque y elementos de aleación, el combustible utilizado por este horno es el coque adicionando con aire forzado.

Los hornos de cubilote producen grandes cantidades de metal líquido de forma continua y a gran velocidad de fusión.

Figura 17. Horno de cubilote



Fuente: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-62302006000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302006000200006). Consulta: febrero de 2017.

La elección del horno adecuado para la producción requerida involucra el costo económico, costo de operación y mantenimiento, costo de combustibles, tipo de material a fundir, capacidad y rapidez de producción.

Para el proyecto, se propone el uso de un horno de crisol móvil debido a que las latas de aluminio trituradas no representan un gran volumen. Además, puede producir cantidades relativamente pequeñas de material y su operación y construcción son fáciles.

El aluminio proveniente de latas, antes de fundirse, debe ser triturado en un molino para convertir la lata en partes más pequeñas, luego, el material triturado debe transportarse por una banda que pase debajo de un imán para separar cualquier partícula de hierro ya que este altera considerablemente la estructura del aluminio y disminuye la calidad del producto. Finalmente, el material está listo para ser depositado en el crisol haciendo uso de todo el espacio disponible. Luego, para luego se lleva al interior del horno donde se fundirá.

### **3.2.1. Diseño de maquinaria para el proceso**

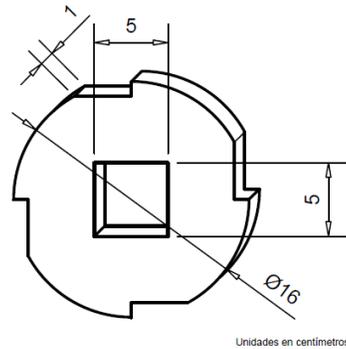
Para el proceso de reciclaje de latas se requiere de tres máquinas específicas:

- Molino triturador de latas

La parte principal del molino consiste en dos grupos de dientes de acero que giran sobre un eje cada conjunto en sentido contrario, los dientes del molino se realizarán de placa de acero de 1 centímetro de espesor.

Partiendo del diseño de los dientes se toma una placa de acero y se realiza un disco de 16 cm de diámetro. A cada disco se le cortan 4 secciones para formar los dientes situados en cada uno de los extremos. Cada diente deberá tener una inclinación diferida por 3 grados con respecto a la anterior para asegurar el agarre de todos los dientes.

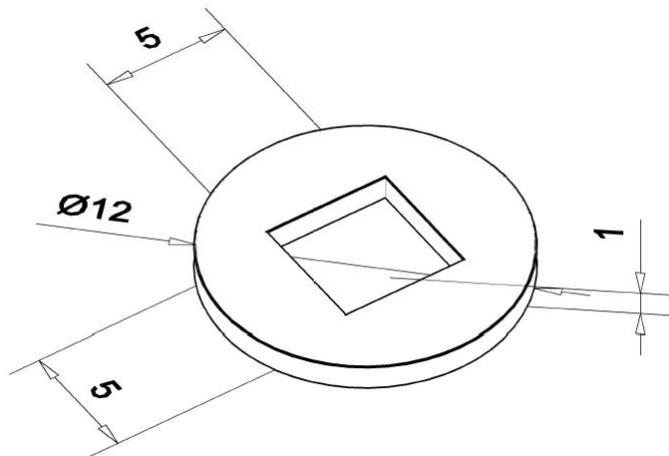
Figura 18. **Dientes para trituradora**



Fuente: elaboración propia, realizado en Autocad versión 2013.

Se debe separar cada diente por medio de una arandela fabricada de acero de un centímetro de espesor. La rondana debe tener un diámetro de 12 centímetros y el centro debe ser cuadrado, de 5 centímetros cada lado. Para el final de cada eje se debe fabricar una arandela de igual diámetro pero con el centro circular de 3,9 centímetros y espesor de 3 milímetros.

Figura 19. **Arandela**



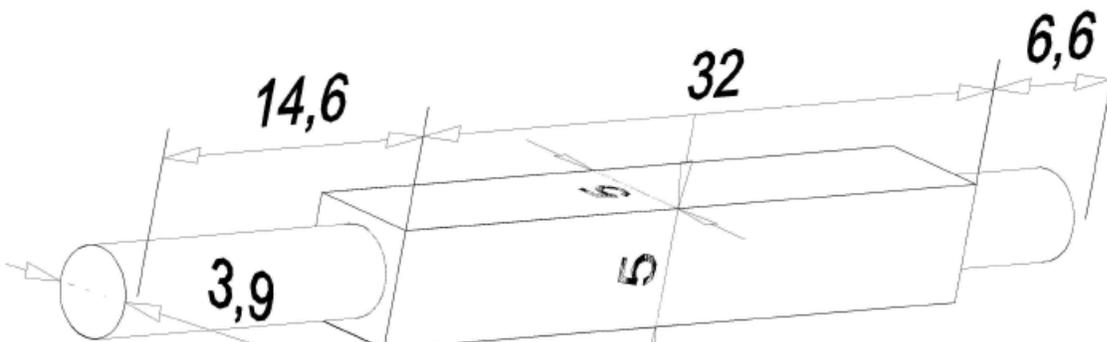
Fuente: elaboración propia, realizado en Autocad versión 2013.

Cada grupo de dientes y arandelas deben ser montados sobre un eje cuadrado para asegurar que los dientes no dejarán de moverse cuando se sometan a la fuerza para desgarrar el aluminio. Como se mencionó, el sistema para triturar el aluminio está formado por dos grupos de dientes y arandelas, cada uno, montado en un eje distinto.

Los extremos del eje deben de ser circulares para que permitan conectar el sistema de movimiento, que incluye engranes debidamente lubricados y conectados con el segundo conjunto de dientes. El movimiento lo generará un motor acoplado a una caja reductora, que conducirá el movimiento por medio de un engrane conectado a los ejes que sostendrán los dientes y arandelas.

Cada eje deberá de ser capaz de cargar con 15 pares de dientes cada uno, además debe contar con el espacio necesario para colocar arandelas y tuercas que sostendrán todo el mecanismo, por la fuerza a la que se someterá para desgarrar el aluminio, el eje debe de ser de acero sólido, se muestra el bosquejo del eje que es igual para cada uno de los mecanismos de trituración.

Figura 20. Eje para dientes



Fuente: elaboración propia, realizado en Autocad versión 2013.

Cada extremo del eje debe tener un espacio de 4 centímetros de rosca, debido al trabajo que se somete la rosca y al diámetro de la parte cilíndrica del eje de 3,9 centímetro, es recomendable utilizar la rosca fina, por lo que obteniendo los valores de la figura número 21 se determina que el paso es de 3 milímetros, con diámetro medio de 3,71 centímetros. También se obtienen las dimensiones para la tuerca que se fabricará.

Figura 21. Medidas para rosca fina

ROSCAS METRICAS FINAS M.B.						
Diámetro mm.	Paso mm.	Diámetro medio mm.	TORNILLO		TUERCA	
			Diámetro al fondo mm.	Area en mm. <sup>2</sup>	Diámetro mayor mm.	Diámetro menor mm.
1	0.2	0.870	0.72	0.41	1.02	0.74
1.2	0.2	1.070	0.92	0.66	1.22	0.94
1.4	0.2	1.270	1.12	0.98	1.42	1.14
1.7	0.2	1.570	1.42	1.58	1.72	1.44
2	0.25	1.838	1.65	2.13	2.03	1.68
2.3	0.25	2.138	1.95	2.98	2.33	1.98
2.6	0.35	2.373	2.11	3.49	2.64	2.15
3	0.35	2.773	2.51	4.94	3.04	2.55
3.5	0.35	3.273	3.01	7.10	3.54	3.05
4	0.5	3.675	3.30	8.53	4.05	3.35
4.5	0.5	4.175	3.80	11.32	4.55	3.85
5	0.5	4.675	4.30	14.50	5.05	4.35
6	0.75	5.513	4.94	19.20	6.08	5.03
7	0.75	6.513	5.94	27.75	7.08	6.03
8	1	7.350	6.59	34.14	8.11	6.70
9	1	8.350	7.59	45.28	9.11	7.70
10	1	9.350	8.59	57.99	10.11	8.70
12	1.5	11.026	9.89	76.81	12.16	10.05
14	1.5	13.026	11.89	111	14.16	12.05
16	1.5	15.026	13.89	152	16.16	14.05
18	1.5	17.026	15.89	198	18.16	16.05
20	1.5	19.026	17.89	251	20.16	18.05
22	1.5	21.026	19.89	311	22.16	20.05
24	2	22.701	21.19	353	24.22	21.40
27	2	25.701	24.19	459	27.22	24.40
30	2	28.701	27.19	580	30.22	27.40
33	2	31.701	30.19	716	33.22	30.40
36	3	34.051	31.78	793	36.32	32.10
39	3	37.051	34.78	950	39.32	35.10
42	3	40.051	37.78	1121	42.32	38.10
45	3	43.051	40.78	1306	45.32	41.10
48	3	46.051	43.78	1505	48.32	44.10
52	3	50.051	47.78	1793	52.32	48.10
56	4	53.402	50.37	1993	56.43	50.80
60	4	57.402	54.37	2322	60.43	54.80
64	4	61.402	58.37	2676	64.43	58.80
72	4	69.402	66.37	3460	72.43	66.80
80	4	77.402	74.37	4344	80.43	74.80

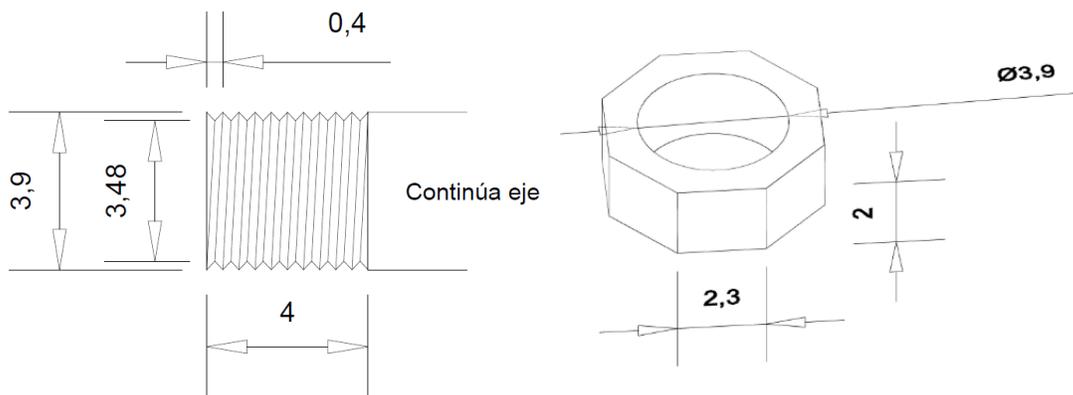
Para roscar con macho. Fórmula:  
 $Z = \text{Diámetro del tornillo} - \text{Paso}$   
Ejemplo: Tornillo 16 mm. diámetro. Paso 1,5  
Diámetro broca 14,5 mm.

Fuente: <http://2.bp.blogspot.com/>-

4glT\_Hngko/UKLWhiapzUI/AAAAAAAAMU/HtWYjaoaMk4/s1600/tablas.jpg. Consulta: febrero de 2017.

Se especifican las características que deben poseer la rosca y tuerca que se le darán al eje en cada uno de los lados, partiendo desde el borde de cada extremo hacia adentro.

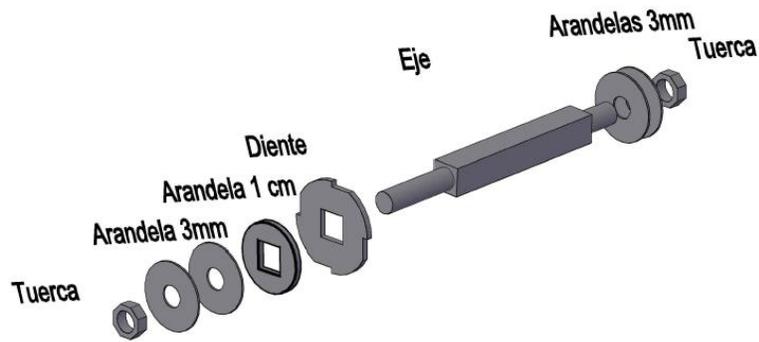
Figura 22. **Rosca y tuerca para extremos de cada eje**



Fuente: elaboración propia, realizado en Autocad versión 2013.

Todas las partes antes mencionadas deben fabricarse con acero sólido para garantizar la durabilidad. A continuación se muestra el orden en que deben colocarse en el eje.

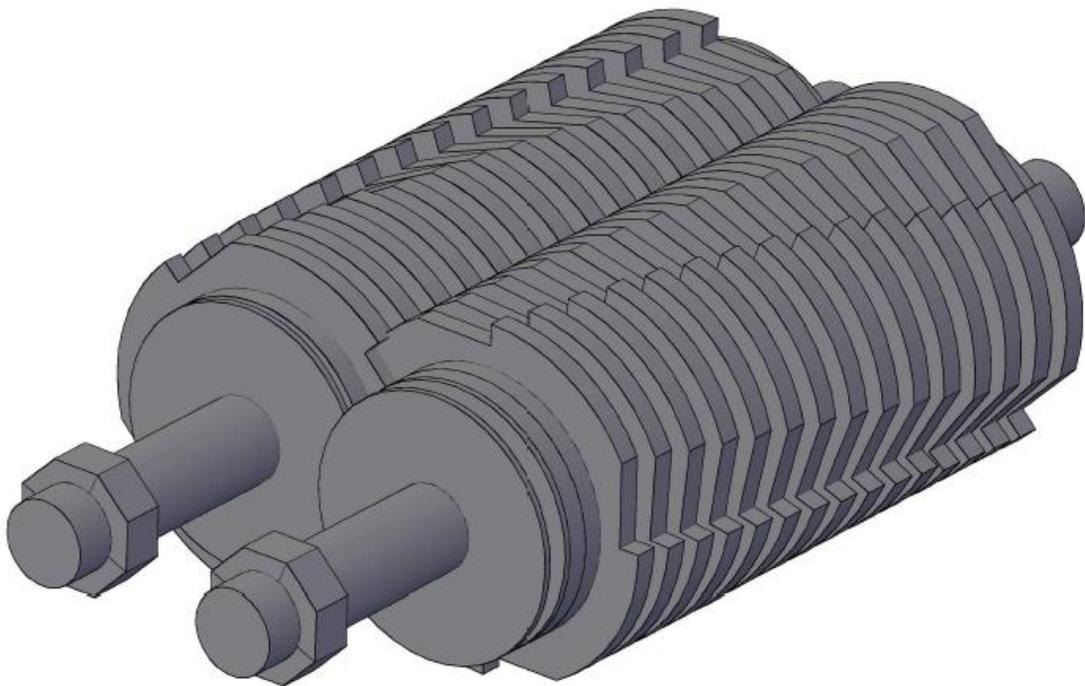
Figura 23. **Orden para ensamblaje de dientes**



Fuente: elaboración propia.

El conjunto de diente y arandela de 1 centímetro debe de ser repetido por 15 veces, debido a que son 15 dientes los que constituirán cada eje de dientes, y deben de estar inclinados a 3 grados cada uno con respecto al anterior. De esta manera, se deben fabricar los dos ejes. Se muestra el arreglo para cada conjunto de 15 dientes y arandelas en la figura 24.

Figura 24. **Conjunto de ejes, dientes y arandelas**



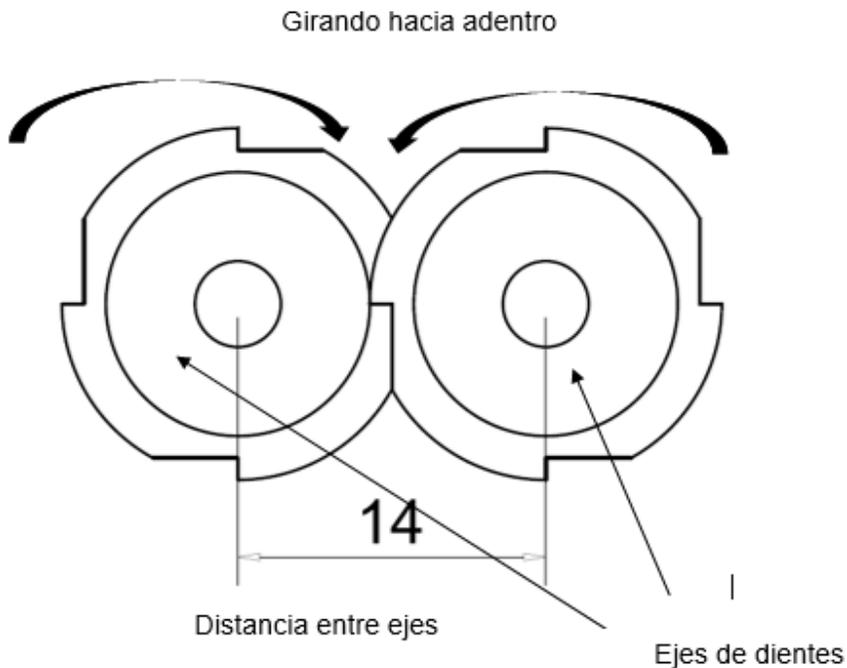
Fuente: elaboración propia, realizado en Autocad versión 2013.

Para su funcionamiento el sistema debe de tener un movimiento circular sobre sus ejes cada eje girando hacia adentro. El conjunto motriz de los ejes lo

conforman engranes y un motor con su caja reductora. El motor debe ser eléctrico de 3 HP conectado a una red de 240V, de acuerdo con la información proporcionada por la tienda distribuidora de motores industriales, este motor funciona en 3 fases y tiene acoplada una caja reductora que permite reducir la velocidad de giro del eje a 20 rpm. A partir de esto se calcula el sistema de transmisión de fajas y engranes.

Como primer paso para el cálculo de los engranes necesarios para crear el movimiento, se determina la distancia que existirá entre los ejes. Se ilustra la forma como irán conectadas las piezas y un bosquejo de la forma que deberán tener los engranes para generar el movimiento contrario en cada eje.

Figura 25. **Engranes de ejes**



Fuente: elaboración propia, realizado en Autocad versión 2013.

Teniendo la distancia entre ejes que corresponde a 14 centímetros, se debe calcular el número de dientes, de acuerdo con el diseño que se desee darle al sistema. Para este caso, se definirá que cada engrane contendrá un total de 20 dientes y a partir de esto se hará el cálculo técnico para cada engrane.

Considerando que cada engrane tiene el mismo tamaño y la misma cantidad de dientes, se puede afirmar que cada pieza tiene el mismo módulo ( $m$ ) que consiste en la relación entre el diámetro primitivo ( $d$ ) y la cantidad de dientes ( $z$ ), uno de los principios básicos para garantizar el movimiento entre los engranes que se acoplan, es que ambos deben de tener el mismo módulo.

Un engrane se conforma por 3 diámetros, el diámetro primitivo ( $d$ ) que es el diámetro en el que se ejerce las fuerzas de conducción entre ambas partes y se calcula a partir de la distancia entre los centros de los ejes dividido por 2, en el caso de engranes del mismo tamaño, el diámetro exterior ( $d_e$ ) que es la parte del diente del engrane que se introducirá en la parte más baja, el diámetro interno ( $d_f$ ) que es el diámetro tallado más pequeño en el engrane.

A partir de la figura 25, se verifica que la distancia entre ambos ejes de dientes es de 14 centímetros. Como los engranes son del mismo tamaño, cada engrane tendrá un diámetro primitivo de 14 centímetros o 140 milímetros, además de esto, de acuerdo con el diseño del eje, existe un área libre para colocar el engrane de 9 centímetros, que se obtiene a partir de la figura 20, en la que existe un espacio libre de 14,6 centímetros, restándole a esta área el espacio de 4 centímetros de rosca, además, se debe considerar un espacio de 1 centímetro para la pared de la caja metálica que contendrá los dientes y arandelas que desgarraran el aluminio y 0,6 centímetros que corresponden a una arandela de 0,3 centímetros a cada lado de la pared de la caja

mencionada, esto deja un espacio útil para colocar el engrane de 9 centímetros o su equivalente en milímetros de 90.

De acuerdo con lo anterior, se requiere un diámetro primitivo de 140mm y la anchura del engrane no debe sobrepasar los 90mm. El siguiente paso en el cálculo para el diseño de estos elementos, consiste en determinar el módulo por medio de la relación que involucra el ancho del diente y un factor constante adimensional de 10, la expresión es la siguiente:

$$B = 10 \times m$$

Donde B es el ancho del diente y m es el módulo, despejando m de la expresión se obtiene lo siguiente:

$$m = \frac{B}{10}$$

Sustituyendo los valores con los que se cuenta se obtiene el valor del módulo:

$$m = \frac{90}{10} = 9$$

Contando con el valor del módulo (m) y con el diámetro primitivo (d) se calcula la cantidad de dientes (z) por medio de la expresión que relaciona m, d y z:

$$m = \frac{d}{z}$$

Despejando, sustituyendo y aproximando los valores, se determina el número de dientes para cada uno de los engranes

$$z = \frac{d}{m} = \frac{140}{9} \approx 16 \text{ dientes}$$

Se calculan los valores restantes para el diseño de los engranes, empezando con el diámetro exterior ( $d_e$ ).

$$d_e = m(z + 2)$$

$$d_e = 9(16 + 2)$$

$$d_e = 162 \text{ mm}$$

Calculando el diámetro interior ( $d_f$ ):

$$d_f = m(z - 2,5)$$

$$d_f = 9(16 - 2,5)$$

$$d_f = 122 \text{ mm}$$

Para completar el diseño de los elementos se deben especificar las dimensiones del diente las cuales se obtienen con las siguientes expresiones, empezando con la altura del diente ( $h$ ).

$$h = 2,25 \times m$$

$$h = 2,25 \times 9$$

$$h = 20,2 \text{ mm}$$

Existe una distancia que separa cada diente con el otro a la que se le llama paso circular ( $P_c$ ) se calcula utilizando la constante  $\pi$  por el módulo:

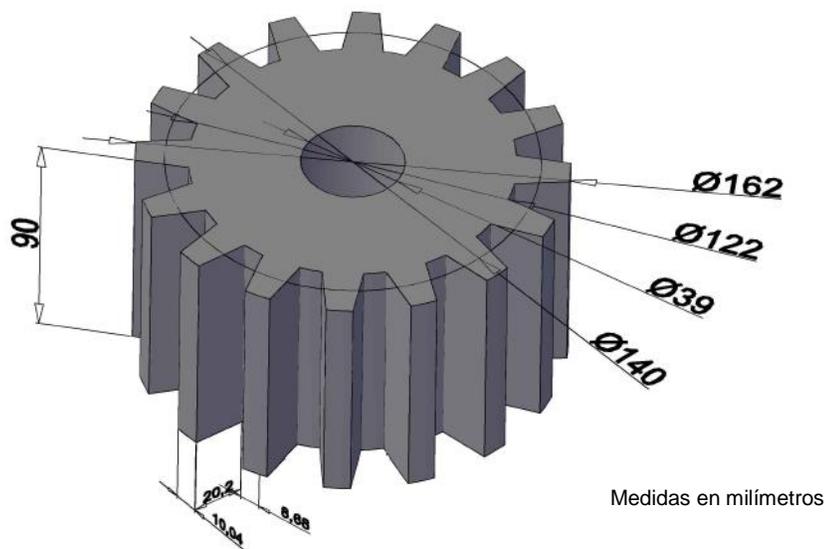
$$Pc = \pi \times m$$

$$Pc = \pi \times 9$$

$$Pc = 28,27 \text{ mm}$$

Pasando cada uno de los datos calculados a un bosquejo, se aprecia cada uno de los detalles que caracterizarán a los engranes del sistema de movimiento entre ejes.

Figura 26. **Engrane de movimiento**

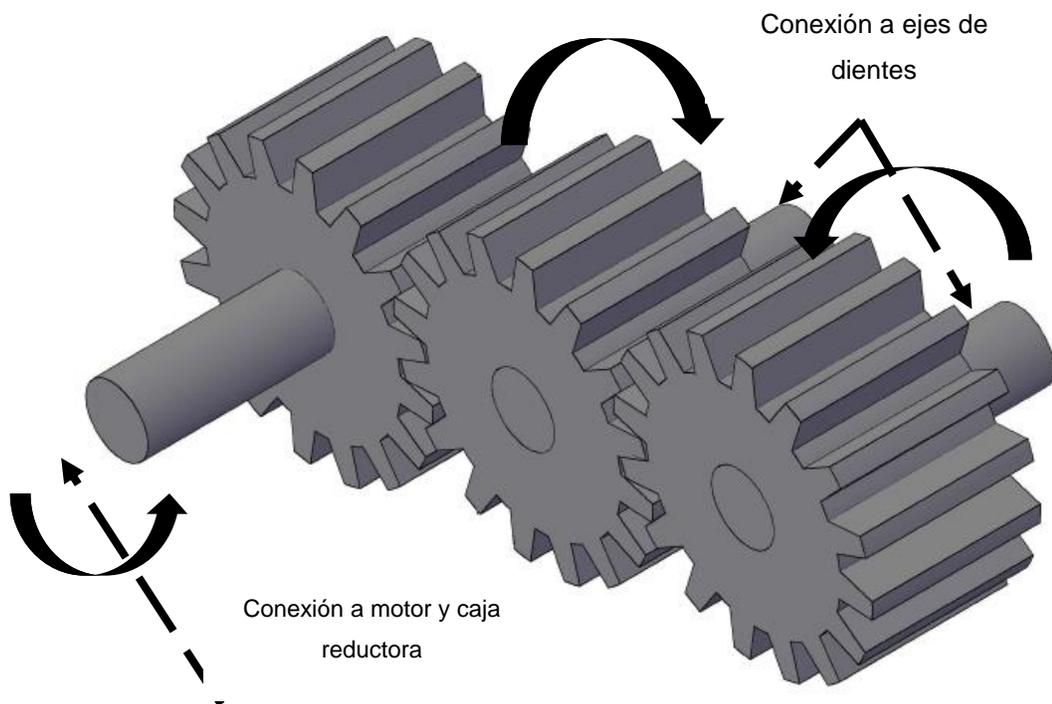


Fuente: elaboración propia, realizado en Autocad versión 2013.

El sistema motriz de los dientes se conforma por los engranajes y un motor. Debido a que el motor ya cuenta con una caja reductora a 20 rpm, es posible adaptarle un engrane de iguales características a las que tendrán los ejes, de tal forma que el sistema se conformará de 3 engranes como los mostrados en la

figura 25, dos de ellos estarán conectados a los ejes que sostendrán los dientes y arandelas de la trituradora y el último engrane estará conectado directamente a la salida de la caja reductora del motor. Con esto se puede afirmar que todo el sistema se moverá a una velocidad de 20rpm. Realizando el diagrama en el que se conectan los 3 engranes se puede apreciar el sentido de giro que tendrá cada elemento.

Figura 27. **Engranes de ejes y motor**

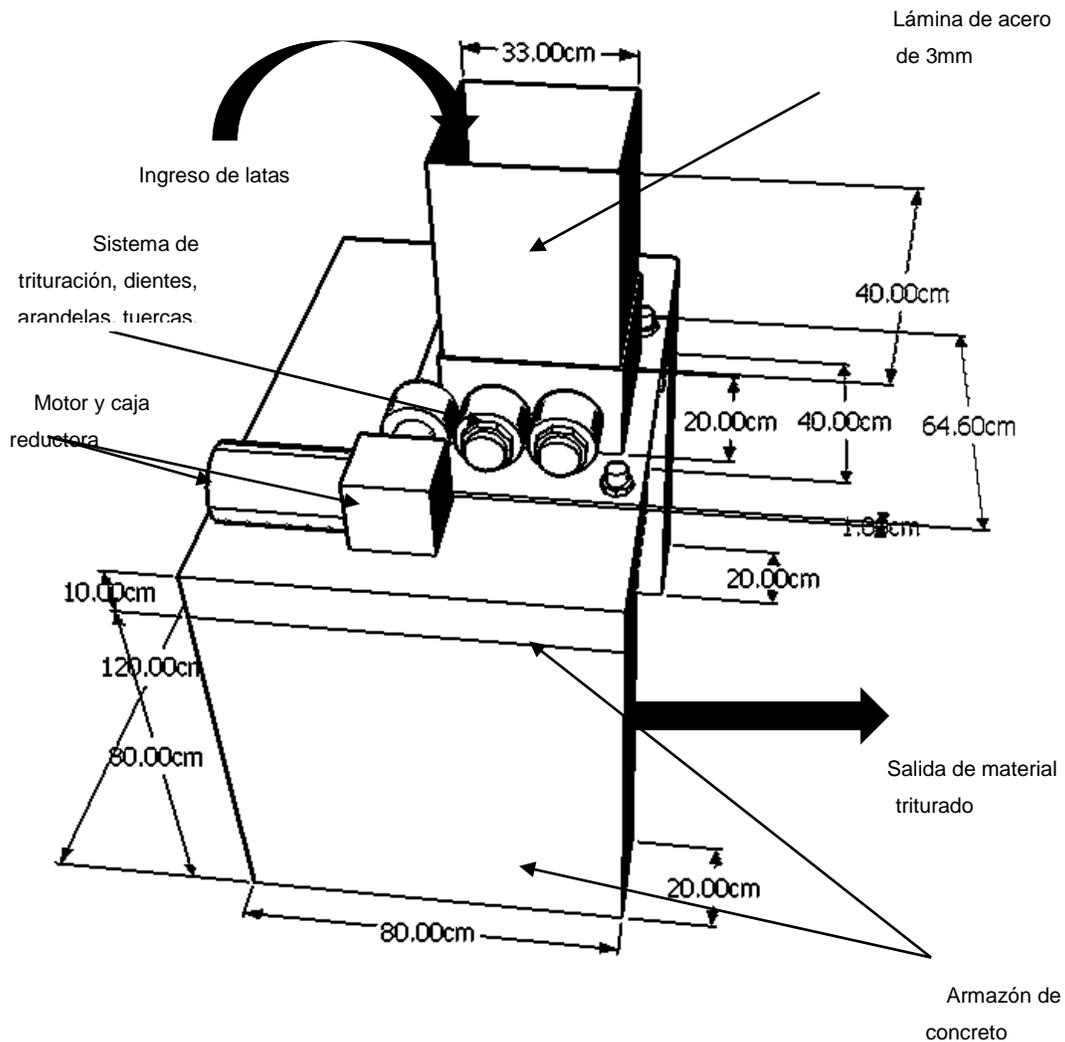


Fuente: elaboración propia, realizado en Autocad versión 2013.

Todo el sistema se instalará en una caja de acero de espesor de 1 milímetros, debido a las fuerzas a la que se someterá y el efecto de vibración ocasionado por el movimiento de todas las piezas. La base que sostiene la

máquina debe ser de concreto y la caja debe disponer de perforaciones circulares de 3,9 centímetros para sujetar los ejes que sostendrán los dientes, debe disponer de espacio para cargar el motor, el recipiente donde se introducirán las latas y otro espacio por donde saldrá el material triturado hacia la banda transportadora. Las piezas restantes de la maquina pueden ser construida en lámina de acero de 3 milímetros debido a que estas piezas solo servirán para almacenar y conducir el material.

Figura 28. **Diseño final de trituradora**



Fuente: elaboración propia, realizado en SketchUp.

Tabla II. **Materiales para trituradora**

<b>Material</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad</b>
Lámina de acero de 1 cm de espesor.	Elaboración de dientes, arandelas de 1cm de espesor, base y cajón para dientes.	3 m <sup>2</sup>
Eje de acero sólido de 8 cm de diámetro	Someter a mecanización para elaborar eje descrito en la figura 20 y adicionar rosca descrita en figura 21 en cada extremo de cada eje.	1,25 m
Lámina de acero de 3mm de espesor	Elaboración de caras que forman recipiente para el ingreso de latas y elaboración de arandelas de separación de 3mm de espesor.	0,55 m <sup>2</sup>
Tuercas de ejes	Especificaciones dadas en figura 12. 1 tuerca en cada extremo de cada eje	4
Engranajes de movimiento	Especificaciones dadas en figura 25.	3
Pernos	Sujeta caja de trituración con base de concreto	4
Motor de 3HP y caja reductora a 20rpm	Mueve el sistema de engranes y ejes	1
Concreto	Base donde se asegurará el sistema de trituración	0,7m <sup>3</sup>
Electrodos	Soldadura de piezas de acero	½ libra

Fuente: elaboración propia.

- Banda separadora de partículas de hierro

Después del proceso de trituración es posible que el material contenga fragmentos de hierro o acero. Este elemento al interactuar con el aluminio

durante la fundición es causante de una disminución en la calidad del producto, por esta razón, es de vital importancia que el material sea separado por algún medio que garantice la total extracción de las partículas más pequeñas de hierro.

Este proceso no puede llevarse a cabo manualmente, porque puede haber partículas tan diminutas que no sean percibidas por el ojo humano pero el hierro, por tener una interacción de atracción o repulsión con un campo magnético generado, principalmente, por un imán y que el aluminio no posee esta propiedad, resulta conveniente utilizar la capacidad de atracción para poder separar al hierro del aluminio.

Debido a que el proceso se diseña para el funcionamiento permanente, no pueden existir detenciones para trasladar grupos de material triturado hacia un imán y hacer la separación de contenido de hierro paulatinamente, por esta razón, se diseña una banda transportadora que conducirá en ella el material, inmediatamente después de su paso por la trituradora, pasando por debajo de un imán que estará funcionando permanentemente y que se encargará de separar toda partícula de hierro utilizando su capacidad de atracción. Durante el traslado del aluminio hacia un depósito que contendrá el material para ponerlo a disposición de la fundición se garantiza que no existirán paradas para pasar por debajo del imán.

El sistema de la banda transportadora es simple. Consiste en un mecanismo constituido de rodos, una banda metálica, un motor y una caja reductora. El diseño debe permitir que la banda esté debajo de la salida del material que estará siendo procesado en la trituradora y debe conducir en, al menos 1,5 metros, hasta pasar debajo de un imán que tenga el ancho de la banda y un largo apropiado para la captación del material.

Cada 30 centímetros debe colocarse un rodo que permita que la banda se deslice sobre ellos y evite su pandeo. Los rodos que se colocan a lo largo del transportador sirven para cargar la banda y el material que se está conduciendo, sin embargo, la tensión de la banda la originan los rodos de los extremos. Regularmente, las bandas de transporte están sometidas a una alta carga de tensión de rotura de aproximadamente 80 N/mm. Regularmente, para bandas de poliéster, es importante que los rodos estén fabricados de acero, para evitar deformaciones por la tensión o carga que soportan.

Para su funcionamiento la banda requiere del movimiento de un motor eléctrico que se debe conectar a una caja reductora para regular su velocidad de salida. El motor debe ser de 220V de corriente alterna y de tres fases. La salida de la caja reductora debe conectarse directamente a un cilindro de rodamiento de diámetro mayor a los que conforman la banda transportadora. Debido a que los demás rodos que se distribuyen sobre la banda son de un diámetro de 4 cm, este rodo puede ser de 8 cm, según especificaciones de fabricantes de bandas de poliéster.

Se considera el uso de una banda de goma de tejido de poliéster debido a su capacidad de absorción de golpes, por su coeficiente de fricción para sostener los objetos que se colocan sobre ella y por su facilidad de manipulación.

El material que sale de la trituradora, por lo regular en forma de viruta, puede tender a moverse de un lado hacia el otro de la banda corriendo el riesgo de que salga y caiga al piso. Por esto, se utiliza una pared delgada de metal de altura de 10cm sujeta a cada lado del armazón que sujeta la banda, conduciendo de forma segura a todo el material hasta su destino final.

Antes de terminar el recorrido de la banda se debe situar un imán, a 10cm de la superficie de la banda, debe originar un campo magnético, lo suficientemente fuerte, para levantar las partículas de hierro hasta su superficie magnetizada y retenerlas ahí hasta que se culmine con el proceso. El imán debe ser de 40 cm de largo y ancho de al menos 10 cm. Si se consigue el material magnético en barras, se deben acomodar una a lado de la otra para generar un campo suficientemente grande como para capturar las partículas de hierro.

Para aprovechar el espacio, la banda debe tener una altura de 60cm, sobre el nivel del suelo. Esto permite colocarla debajo de la salida del material triturado del molino que se ha diseñado, al final de la banda se colocará un recipiente de cualquier material que pueda atrapar y retener el material que está terminando de pasar por la banda transportadora y por debajo del imán eléctrico.

El armazón metálico de la banda transportadora puede hacerse con tubo cuadrado hueco de 4 centímetros de ancho de cada arista o su medida cercana hallada en el mercado. Debido a que es un elemento que no requiere de gran precisión si no solo es el encargado de sujetar la estructura, puede acomodarse a las medidas y especificaciones de cada elemento que se encuentra en el mercado.

Para el diseño de la banda transportadora, el dato más importante que se debe calcular es la velocidad a la que el material será conducido. Debido a que se tiene un cilindro con diámetro de 8cm conectado a la caja reductora y considerando que la velocidad lineal de la banda no puede sobrepasar los 10 centímetros por segundo, se puede calcular la velocidad de salida de la caja

reductora que se necesita, por medio de una ecuación de movimiento circular uniforme que involucre la velocidad tangencial, la velocidad angular y el radio del objeto.

$$Vt = \omega R$$

Donde  $Vt$  es la velocidad tangencial o la velocidad a la que se moverá linealmente la banda,  $\omega$  es la velocidad angular que se desea obtener para generar la velocidad tangencial que se requiere.  $R$  es el radio del cilindro que estará conectado directamente a la caja reductora y proveerá el movimiento a toda la banda transportadora, despejando la velocidad angular obtenemos la siguiente expresión.

$$\omega = \frac{Vt}{R}$$

La velocidad tangencial máxima que tendrá el sistema es de 10 centímetros por segundo y el radio es la mitad del diámetro del cilindro, lo equivalente a 4 centímetros, sustituyendo valores en la expresión anterior calculamos la velocidad angular.

$$\omega = \frac{10 \text{ cm/s}}{4 \text{ cm}} = 2,5 \text{ rad/s}$$

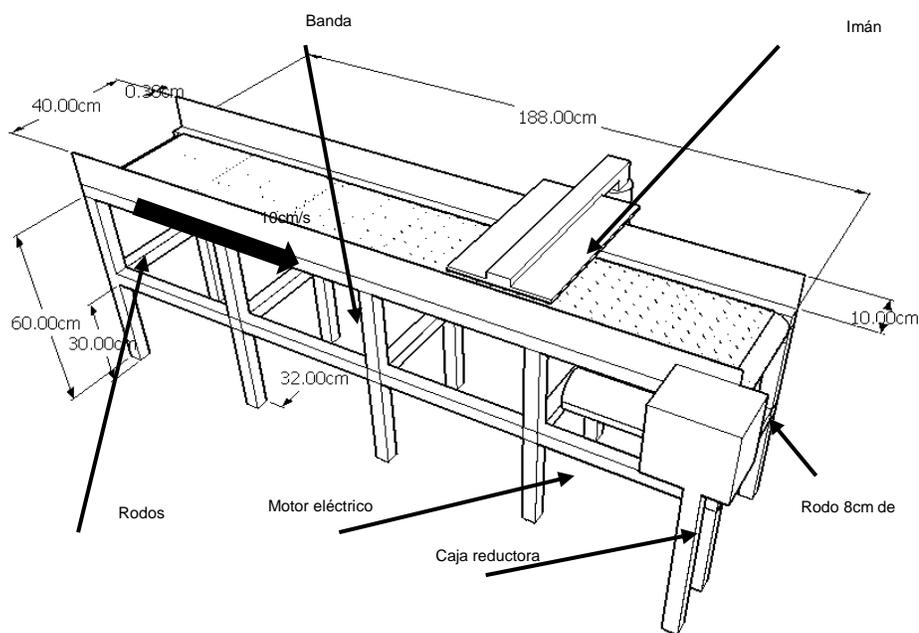
El resultado está expresado en radianes por segundo. El radian pertenece a la unidad de medida de ángulos del sistema internacional; sin embargo, para el propósito que se necesita, el resultado debe estar expresado en revoluciones por minuto, por lo que se procede a realizar una conversión para determinar el valor en rpm.

$$\frac{2,5 \text{ rad}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 23,87 \text{ rpm}$$

Debido a que se ha considerado una velocidad máxima de 10 cm/s, el valor de salida de la caja reductora no debe sobrepasar los 23,87 rpm. La existencia de cajas reductoras se limitan a un valor de 20 rpm y 25 rpm, resulta conveniente utilizar la de 20 rpm para asegurar que no se sobrepasará la velocidad lineal máxima que se ha considerado.

Realizando el bosquejo de la banda transportadora con las sugerencias que se han mencionado, se obtiene.

Figura 29. **Banda transportadora separadora de hierro**



Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Materiales para banda separadora de hierro**

<b>Material</b>	<b>Uso</b>	<b>Cantidad</b>
Tubo cuadrado de 4 cm.	Armazón metálico para sostener la banda y demás elementos que la conforman.	25 m
Lámina metálica de 3 mm.	Guía que se coloca al lado de la banda para evitar caídas del material, con altura de 10 cm.	0,5 m <sup>2</sup>
Motor de 3HP y caja reductora a 20 rpm.	Mueve los rodos que originan el movimiento de la banda.	1
Rodos metálicos de 4 cm de diámetro y 32 cm de largo.	Sostienen la banda para evitar pandeos.	8
Rodos metálicos de 8 cm de diámetro y 32 cm de largo.	Ubicados en los extremos de la banda, sirven para tensar y para originar el movimiento.	2
Imán plano	Atrapa partículas de hierro que se movilizan en la banda	1
Banda de goma de 32 cm de ancho.	Conduce el material triturado por debajo del imán y lo lleva al final de la banda donde lo deja caer a un recipiente.	4,5 m
Electrodos	Soldadura de piezas de acero	½ libra

Fuente: elaboración propia.

- Horno de crisol móvil

La última etapa del proceso de transformación de desechos de aluminio consiste en la fundición. Para que el material se funda, se requiere que se le aplique una gran cantidad de energía calórica.

Un horno es una recámara en la que se suministra energía en forma de calor para su almacenamiento y su inducción hacia un recipiente conductor de calor. El horno está construido de diversos materiales y se elige de acuerdo con el lugar donde se trabajará. Cuando el trabajo se realiza en una instalación fija es conveniente construir un horno con ladrillo refractario debido a su capacidad de almacenar y dirigir el calor, además de su bajo costo. Los hornos de ladrillo refractario, comúnmente, se construyen haciendo un pozo en la tierra, con las dimensiones que permitan el ingreso de un crisol.

El crisol es un recipiente que promueve la transferencia de calor hacia un metal contenido dentro de él, es resistente a la acción del metal y a las altas temperaturas a la que se somete. Este recipiente permite fundir el material en su interior para luego verterlo en un molde que se ha preparado con anterioridad. El crisol, generalmente compuesto de grafito y un contenido de arcilla, se coloca dentro del horno que está hecho de material refractario y genera una cavidad que permite el flujo de los gases de combustión.

Un crisol móvil se utiliza cuando los volúmenes de producción no son de gran magnitud, en el rango de 0,25kg a 20 kg, material que es suficiente para la creación de una pieza o para la venta por kilogramo. Se ha considerado el uso de un crisol con capacidad de 16 kg, un kg de material fundido equivale a 72 latas, por lo que 16 kg es equivalente a 1152 latas.

Figura 30. **Crisol de 12 kg**



Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/New-Arrival-12kg-Copper-aluminum-graphite-crucible-Furnace-Casting-Foundry-Crucible-Melting-Tool-longer-service-life/32718405486.html?spm=2114.43010208.4.131.wb9gxx>. Consulta: marzo de 2017.

De acuerdo con las especificaciones del fabricante este crisol tiene las siguientes medidas:

Tabla IV. **Especificaciones de crisol**

<b>Modelo</b>	<b>Diámetro exterior superior (mm)</b>	<b>Alto (mm)</b>	<b>Diámetro exterior inferior (mm)</b>	<b>Espesor de grafito (mm)</b>
<b>16 kg</b>	165	200	110	18

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/New-Arrival-12kg-Copper-aluminum-graphite-crucible-Furnace-Casting-Foundry-Crucible-Melting-Tool-longer-service-life/32718405486.html?spm=2114.43010208.4.131.wb9gxx>. Consulta: marzo de 2017.

Para fundir el aluminio se necesita que éste alcance una temperatura de 660°C. A partir de esta temperatura se necesita suministrar un poco más de calor para pasarlo del estado sólido al líquido. En la industria el aluminio líquido se maneja a 770°C. Partiendo de una temperatura ambiente promedio de 25°C y considerando las pérdidas por calor y por el tipo de horno, se ha determinado que en promedio se requiere de una energía de 1 000 000 BTU por una tonelada de aluminio. Una tonelada contiene 1 000 kg, por lo que se necesita, en promedio, de 1 000 BTU para derretir 1 kg de aluminio, debido a que el crisol tiene capacidad para 16 kg, se requiere entonces de 16 000 BTU para derretir todo su contenido.

La fuente de calor debe ser un quemador industrial. Existen de distintos tipos por el combustible que utilizan para su alimentación, sin embargo el más utilizado es el diesel. Un quemador pequeño de entre 30 a 60 kw puede generar una transferencia de calor de entre 102 000 a 205 000 BTU/Hr. Si se requiere de 16 000 BTU para derretir 16 kg de aluminio, y considerando la menor transferencia de calor que origina uno de estos quemadores, puede determinarse que, para derretir el contenido de aluminio del crisol, se requiere de 15 minutos aproximadamente. El quemador del que se toman estos datos se muestra a continuación.

Figura 31. **Quemador de 30-60 kW**



Fuente: <http://www.thermalcombustion.com/fichastecnicas/1-QuemadorDiesel.pdf>.

Consultad: marzo de 2017.

Tabla V. **Especificaciones de quemador**

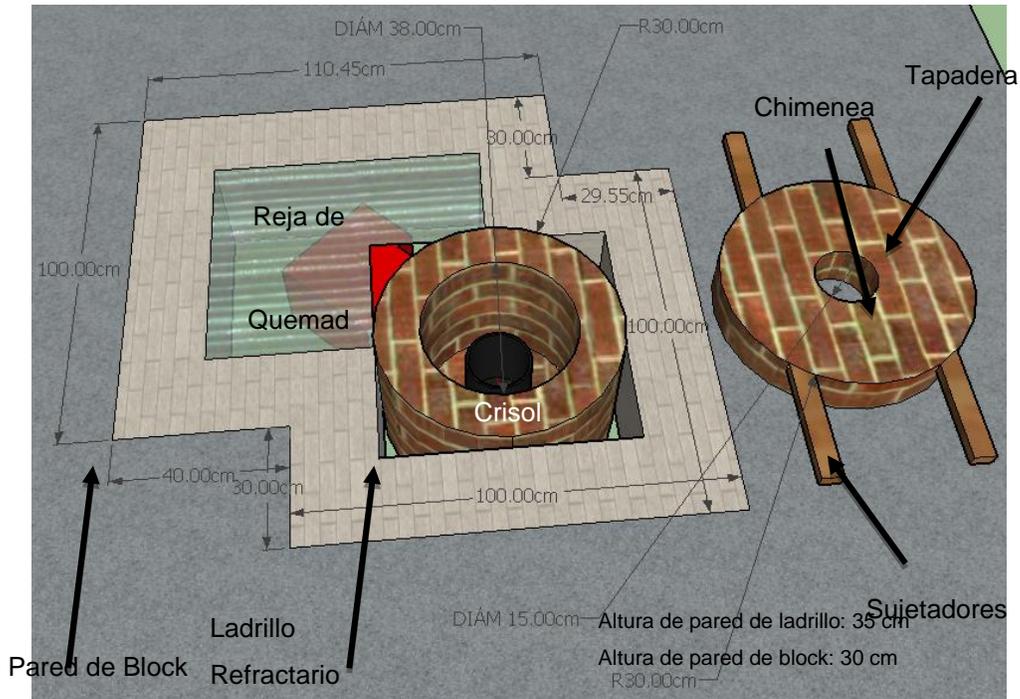
<b>kW</b>	<b>BTU's/Hr X 1 000</b>	<b>Caballos caldera</b>
30 - 60	102 000 – 205 000	3 – 6

Fuente: <http://www.thermalcombustion.com/quemadores-industriales/quemadores-diesel.html/>. Consulta: marzo de 2017.

De acuerdo con las especificaciones del fabricante de quemadores, el producto que se está utilizando para el análisis debe de estar a una altura de 40 cm desde el suelo y a una distancia de 30 cm del crisol.

Tomando los datos anteriores relacionados con el crisol y el quemador, se diseña la construcción del horno o cámara donde se colocará el crisol y se calentará por medio del quemador. Para esto, se utilizan ladrillos refractarios pegados con concreto, adicionando una tapa con espacio para la expulsión de gases producto de la combustión, colocando espacio para situar el quemador y una base para colocar el crisol.

Figura 32. Diseño de horno



Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Materiales para horno de crisol móvil

Material	Uso	Cantidad
Crisol con capacidad de 16 kg. Con diámetro exterior superior de 165 mm, alto de 200 mm, diámetro exterior inferior de 110 mm y espesor en las paredes de 18 mm.	Recipiente que se introducirá en el horno y que contendrá el aluminio que se derretirá.	1 unidad
Quemador diesel de 30 – 60 kg, con capacidad para originar 102 000 a 205 000 BTU/Hr	Proporciona energía calórica por medio de una llama al crisol para llevar al aluminio a su punto de fusión y convertirlo en líquido.	1 unidad

Continuación tabla VI.

Ladrillo refractario de 6 X 11,4 X 22,9 cm	Construcción de pared, piso y tapa de horno.	100 unidades
Block de construcción de 20 X 40 X 20 cm.	Construcción de área perimetral de horno.	80 unidades
Reja metálica de acero	Cubierta del quemador	80 X 70 cm
Concreto	Piso del quemador y base para pegado de ladrillos refractarios en el suelo. Unión de block y ladrillo.	1 m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia

### **3.2.1.1. Condiciones externas para su funcionamiento**

Una instalación donde se procesan elementos con calidad, requiere de maquinaria o de un método que permite transformar la materia prima hasta llevarla al producto final. En el caso del reciclaje de latas se requiere de 3 principales máquinas, una trituradora que convierte las latas en partículas más finas, un separador magnético de partículas de hierro y un horno de crisol móvil que se encarga de fundir el material para verterse en un molde y darle la forma final que se requiere. Estas máquinas, muy importantes para el reciclaje de latas han sido diseñadas en el apartado anterior, sin embargo, esta maquinaria dependen de aspectos externos para su correcto funcionamiento.

La electricidad es una fuente de energía renovable que se origina durante el movimiento de cargas eléctricas como electrones y neutrones que se desplazan en el interior de los materiales conductores. En el ámbito nacional la energía eléctrica se distribuye por medio de una red nacional que desemboca en un contador, después del contador se dirige a una caja principal que la distribuye,



### 3.2.1.2. Consumo energético

La maquinaria que se utilizará para el funcionamiento de la recicladora de latas utiliza energía eléctrica. En el caso de la trituradora utiliza un motor eléctrico de 3HP. De igual forma para la banda transportadora que utiliza un motor eléctrico de la misma potencia, en el caso del horno se necesita un quemador que funciona por medio del diésel para generar la energía calórica. Sin embargo, estos quemadores también están conectados a una fuente de energía eléctrica que permite su funcionamiento.

La unidad de medida para la potencia eléctrica es el kw, que es una medida de potencia y su unidad básica es el vatio (W) cuyo equivalente es a un Joule por segundo. Para obtener la potencia de los motores basta con la conversión de su capacidad en HP a kw. El factor de conversión es de 1HP equivale a 746 watt. Realizando el cálculo se obtiene.

$$1HP = 746 \text{ Watt}$$

$$3HP = 2238 \text{ Watt}$$

$$3HP = 2,24 \text{ kW}$$

Para la potencia eléctrica del quemador para el horno, puede revisarse la hoja de datos proporcionada por el fabricante. En las especificaciones del quemador que está sujeto al diseño planteado puede observarse que su potencia total es de 0,75 kW. La potencia eléctrica no es lo mismo que el consumo energético que se expresa en kWh, la diferencia la determinará el tiempo que se utilice el aparato, por ejemplo una bombilla de 100 kW encendida una hora consumirá la misma energía eléctrica que una bombilla de 50kW conectada por media hora. Al resumir la información en una tabla se puede determinar el consumo energético total de la maquinaria que se ha diseñado.

Tabla VII. **Consumo eléctrico de maquinaria**

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Total</b>
Motor de 3HP	2	2,24 kW	4,48 kW
Quemador diesel	1	0,75 kW	0,75 kW
Total			5,23 kW
Consumo energético por hora			5,23 kWh

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.2. Mantenimiento preventivo**

Toda maquinaria que se utiliza en una planta de producción requiere que se realicen actividades que garanticen su funcionalidad y su buen estado. Estas actividades son tareas de mantenimiento que conforman un plan.

Un plan de mantenimiento preventivo es el conjunto de tareas programadas y agrupadas que incluyen a un grupo de equipos para evitar su deterioro y su repentina detención por fallas en su sistema.

#### **3.2.2.1. Actividades rutinarias**

Son actividades que no necesitan estar calendarizadas. Son acciones que deben de realizar los operarios de las máquinas cada período de tiempo y no requieren de mayor incursión tecnológica para realizarse. El objetivo de estas actividades rutinarias es conservar el equipo en condiciones óptimas, verificar que funcione sin anomalías e identificar posibles fallas para realizar una actividad de mantenimiento correctivo.

Tabla VIII. **Actividades rutinarias de mantenimiento**

Equipo	Actividad	Frecuencia		
		Diario	Semanal	Mensual
Dientes de trituradora	Limpieza de dientes con ayuda de un cepillo de cerdas de acero.			
Engranajes de movimiento	Engrase de engranes.			
Eje de dientes y arandelas	Engrase en terminales que hacen contacto con caja metálica en la que se han instalado.			
Salida de material triturado	Limpieza con escoba y recolección de viruta que se halle en el suelo.			
Goma de banda transportadora	Limpieza con cepillo de cerdas de plástico y eliminación de viruta atascada en los bordes.			
Imán recolector de hierro	Retirar partículas de hierro atrapadas por el imán.			
Interior de horno	Limpiar rastro de material quemado que se encuentre dentro del horno.			
Tapadera de horno	Verificar que la chimenea no tenga obstrucción y limpiar partes quemadas.			
Crisol	Limpieza de caras exteriores que tengan restos de materiales quemados.			
Quemador	Revisar cantidad de diésel en el tanque de suministro.			
Quemador	Verificar calidad de llama al encender.			

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2.2. Actividades programadas

Las actividades de mantenimiento programadas forman parte de un plan calendarizado. estas tareas requieren de una mayor dedicación y, en ocasiones, es necesario que intervengan empresas externas especializadas para revisar a minuciosamente cada elemento del equipo.

Tabla IX. **Actividades programadas de mantenimiento**

Equipo	Actividad de mantenimiento													
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Motores eléctricos	Desmontaje y desarme total de la caja reductora, cambio de cojinete, limpieza y lavado de embobinado con solvente, aislamiento de embobinado con barniz, revisión de cuñas.	■			■			■			■			■
Cajas reductoras	Desmontaje y desarme total de la caja, lavado con solvente dieléctrico, cambio de aceite, cambio de cojinetes si lo amerita, cambio de retenedores si lo amerita, revisión de cuñas y cambio si lo amerita	■				■				■				
Banda transportadora	Chequeo y engrase de rodos, ajuste de guías, alineación y tensión de banda.		■			■			■			■		
Quemador	Revisión de nivel de aceite, refrigerante, revisión general del sistema eléctrico, revisión del termostato, revisión de resistencias, revisión de ventilador, calibración de flama, ajuste de piezas, revisión de parámetros, limpieza general y prueba de funcionamiento.				■				■					■



Continuación tabla X.

		Eje doblado.	Reemplazo
Sistema trituración.	de	Dientes en mal estado, ya no tritura.	Enderezado o cambio definitivo.
		No giran los ejes.	Revisar sistema motriz, empezando con el motor, caja reductora y engranes. Revisar que no esté atascado ni un diente en el interior de la trituradora.
Banda transportadora.		Banda floja y no camina.	Revisar cilindros en los extremos de banda, revisar que se localicen en su lugar y no se hayan movido aflojando la banda.
		Banda pandeada.	Revisar estado de los rodos que sostienen la banda, si existe uno fuera de lugar, ver la posibilidad de reparar o reemplazar.
		Banda rota.	Aplicar tratamiento de unión, ya sea por calentamiento, grapas o costura.
		Banda no se mueve.	Revisión del sistema motriz, empezando por el motor eléctrico, caja reductora y rodo cilíndrico de tracción.
		Banda se sale de su carril.	Revisar alineación de rodos localizados en el extremo y ajustar.
Quemador.		No produce flama.	Revisión de nivel de combustible, revisión de conductos donde se transporta el diesel, revisión del sistema eléctrico.
		Filtros diésel tapados.	Reemplazo y limpieza de tuberías.
		Flama más grande de lo normal.	Apagar sistema y revisar estado del termostato, revisar estado de boquilla de aspersion de combustible.
		No enciende.	Revisión de <i>relay</i> , revisión de fusible, revisión de conexión eléctrica y de arranque.

Continuación tabla X.

	Ladrillos refractarios quebrados.	Reemplazo definitivo de ladrillos dañados.
Horno.	Fisuras en concreto que une ladrillos.	Retirar concreto por medio de cincel y pegar de nuevo con una nueva mezcla.
	No hay liberación de gases de combustión.	Revisión inmediata de chimenea y abrir paso para permitir liberación de gases.

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Recursos humanos

Para realizar un proyecto en el que se propone la producción de un bien, se debe contar, principalmente, con el humano. Sin las personas es imposible llevar a cabo las tareas que se planteen. Un trabajador es una persona física que, con la edad mínima legal dispuesta por el código de trabajo, puede prestar sus servicios a una persona o institución con derecho a una retribución económica.

La edad mínima para trabajar en Guatemala es de 14 años, sin embargo, el código de trabajo autoriza a los menores de 14 años en circunstancias especiales. Para que un menor pueda trabajar en una empresa es necesario que, por escrito, se le informe a la oficina de inspección del Ministerio de Trabajo, que el niño se contratará como aprendiz o que tiene necesidad de trabajar debido a la extrema pobreza de su familia. Esta circunstancia debe ser comprobable. Se le debe asignar un trabajo ligero, compatible con la etapa de desarrollo físico y mental del menor.

Cuando las tareas laborales arriesgan la integridad física del humano, el Ministerio de Trabajo establece que la edad mínima es de 18 años. Las personas mayores de edad pueden aceptar cualquier tipo de trabajo, siempre que el empleador les brinde todo lo necesario para el cuidado de su integridad física.

### **3.3.1. Responsable del proyecto**

La etapa de construcción e instalación de la maquinaria industrial y de la obra civil, deberá supervisarla un profesional en el área de mecánica industrial, específicamente, en la industria metalúrgica y un profesional de la ingeniería civil. Dada la importancia que representa la construcción en la etapa inicial es de suma importancia que todo se realice bajo la supervisión de personas con experiencia en esta industria.

Durante la etapa de funcionamiento existirán colaboradores que laborarán en el área operativa, sin embargo, todos ellos deben ser supervisados y guiados por un profesional que, preferiblemente, tenga estudios universitarios pero que además tenga experiencia en la industria metalúrgica. El responsable se encargará de la alimentación de la cadena de suministro, el cumplimiento del plan de producción mediante el conteo y costeo del producto que se está procesando, llevará el inventario de la materia prima, del producto en proceso y del producto terminado. Esta persona deberá ser honrada, responsable, capaz, colaboradora y competente en el manejo de personal.

### **3.3.2. Perfil de trabajadores**

Para poder llevar a cabo el proceso productivo se requerirá de personal que se dividirá en 3 grupos. Uno de ellos se denominará área de recepción y

recibirá la materia prima que llegue a la planta de producción, limpiarán las latas con agua o con paños y eliminarán la basura que contengan en su interior. El otro grupo de colaboradores, que integran el área de transformación se encargarán del proceso que se realiza en la maquinaria, desde la etapa de trituración hasta el vaciado del material fundido en moldes. El último grupo será el administrativo que incluye a un supervisor de producción y una contadora. Para esto, se diseñan cuatro perfiles de puestos, de acuerdo con el grupo al que deberá unirse.

Tabla XI. **Perfil de colaborador para el área de recepción**

<b>Perfil de puesto</b>	
Área	Recepción
Sexo	Indistinto
Edad	18 – 50 años
Estado Civil	Indistinto
Escolaridad	Mínimo sexto primaria
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro actividad</li> <li>• Flexibilidad</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Responsabilidad</li> <li>• Organización</li> </ul>
Descripción del puesto	<p>Tendrá a su cargo la recepción de la materia prima y su disposición en el área de almacenamiento señalado en la planta.</p> <p>Se encargará de la revisión de la calidad de la materia prima a su llegada a la planta y eliminará todo tipo de elementos que alteren los requerimientos del área de producción.</p>
Sueldo	Q. 2 900,00

Fuente: elaboración propia.

El trabajo de un aspirante al área de recepción es manual y debido a la cantidad de latas que llegará es importante que haya suficientes colaboradores que puedan mantener estable el ingreso de materia prima al área de

producción. Se considera que esta área puede contener un total de 3 trabajadores que tendrán el equipo necesario para resguardar su salud debido al contacto con las latas que pueden provenir de áreas con alto riesgo de contaminación. Dado que es innecesario un alto nivel educativo, estas plazas podrán ocuparlas las personas que deseen contar con empleo formal y digno, aunque carezcan de educación sistematizada.

Tabla XII. **Perfil de colaborador para el área de transformación**

<b>Perfil de puesto</b>	
Área	Transformación
Sexo	Masculino
Edad	18 – 35 años
Estado Civil	Indistinto
Escolaridad	Mínimo educación básica
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro actividad.</li> <li>• Flexibilidad.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Responsabilidad.</li> <li>• Organización.</li> <li>• Manejo de maquinaria industrial.</li> <li>• Conocimiento de mecánica industrial.</li> <li>• Experiencia en trabajos operativos en industrias metalúrgicas.</li> </ul>
Descripción del puesto	El aspirante al puesto tendrá a su cargo la transformación de la materia prima, desde el ingreso al área de producción pasando por el molino triturador, separador de metales, horno de fundición, hasta la disposición del material derretido en moldes.
Sueldo	Q. 3 500,00

Fuente: elaboración propia.

Para el puesto de colaborador en el área de transformación, se requiere que el aspirante tenga competencias para el manejo de maquinaria industrial, debido a que en esta área el trabajo las máquinas realizan el trabajo de forma

semiautomática, no se requiere de gran cantidad de operarios, pero no lo puede realizar una persona, por lo que para esta área se ofrecerán 2 plazas.

Tabla XIII. **Perfil de supervisor**

<b>Perfil de puesto</b>	
Área	General
Sexo	Masculino
Edad	25 – 50 años
Estado Civil	Indistinto
Escolaridad	Mínimos bachiller, de preferencia con estudios universitarios en ingeniería industrial, mecánica industrial o mecánica.
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro actividad.</li> <li>• Flexibilidad.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Responsabilidad.</li> <li>• Organización.</li> <li>• Honradez.</li> <li>• Manejo de equipos de trabajo.</li> <li>• Liderazgo.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Manejo de maquinaria industrial.</li> <li>• Conocimiento de mecánica industrial.</li> <li>• Experiencia en trabajos operativos en industrias metalúrgicas.</li> </ul>
Descripción del puesto	El aspirante al puesto tendrá a su cargo la supervisión de la producción de toda la plata, desde el ingreso de la materia prima hasta la obtención del producto final, deberá de ser capaz de orientar al equipo de trabajo para el logro de los objetivos de producción trazados.
Sueldo	Q. 5 000,00

Fuente: Elaboración propia.

Para garantizar que todos los fondos obtenidos y que todos los costos que conlleve la producción del aluminio reciclado estén correctamente documentados, es importante que exista un contador quien, además de su

función de registro de los flujos monetarios, deberá comunicarse con el supervisor de la planta de producción para la toma de decisiones.

Tabla XIV. **Perfil de contador**

**Perfil de puesto**

Área	General
Sexo	Masculino
Edad	20 – 50 años
Estado Civil	Indistinto
Escolaridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graduado de perito contador.</li> <li>• Experiencia en plantas productivas.</li> <li>• Preferentemente con estudios universitarios.</li> </ul>
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pro actividad.</li> <li>• Flexibilidad.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Responsabilidad.</li> <li>• Organización.</li> <li>• Honradez.</li> <li>• Habilidad numérica.</li> </ul>
Descripción del puesto	El aspirante al puesto tendrá a su cargo la documentación de todos los costos e ingresos monetarios que conlleven la producción del bien, deberá de entregar un informe a los superiores para su evaluación.
Sueldo	Q. 4 000,00

Fuente: Elaboración propia

### **3.3.3. Condiciones de seguridad industrial**

La seguridad industrial es un conjunto de normas que buscan la prevención, protección y eliminación de riesgos provenientes de la actividad laboral que puedan afectar la integridad física de las personas. La constituyen los implementos que garanticen el resguardo de los trabajadores, también se incluyen los requisitos que debe llenar la planta de producción y las

señalizaciones para informar al colaborador sobre las medidas de precaución que debe de tomar.

El personal que laborará en el área de recepción deberá de contar con el equipo para manipular objetos que puedan herir la piel o contraer una enfermedad por el contacto con bacterias, debido a que la materia prima puede provenir de lugares contaminados es importante que usen guantes, mascarillas, botas de seguridad industrial, lentes de protección, cinturones para levantamiento de cargas pesadas, protección auditiva, ropa para proteger extremidades y casco de seguridad, se muestran los implementos que debe de portar.

Figura 34. **Equipo de seguridad para personal de recepción y área de transformación**



Fuente: <http://hiscomexico.com/wp-content/uploads/2013/02/EPP-STPS.jpg>.

Consulta: marzo de 2017.

Debido a que en el área de transformación se estará en contacto con materiales cortantes, como la viruta de aluminio, es indispensable el uso de guantes, ropa de protección, botas de seguridad, mascarilla, casco de seguridad, protección auditiva debido al ruido que se genera y protección visual. Quienes laboran en esta área deberán de contar con 2 trajes de protección, uno que se utilizará mientras se prepare el material antes de la fundición y el segundo será un traje térmico que se utilizará mientras dure el proceso de fundición y vaciado del material en los moldes. Debido a las altas temperaturas que se generan en el ambiente es importante contar con un traje que impida que el ser humano sufra daños por el exceso de calor.

Figura 35. **Traje térmico**



Fuente: [http://www.alliancemex.com/equipo/tempext/trajealuminizado\\_AllianceSafety.jpg](http://www.alliancemex.com/equipo/tempext/trajealuminizado_AllianceSafety.jpg).

Consulta: marzo de 2017.

En función del trabajo que realizan los operarios es necesario que cuenten con una regadera en el caso de que alguien sufra una quemadura; además, si un operario entra en contacto con una sustancia peligrosa, debe existir un espacio donde puede recibir un tratamiento inmediato. La regadera debe tener un mecanismo de accionamiento rápido y su funcionamiento debe estar habilitado en todo momento.

Figura 36. **Regadera de emergencia**



Fuente: <https://equipoautomotrizjavaz.com/equipo-especializado/regaderas-de-emergencia/images/gc110c.jpg>. Consulta: marzo de 2017.

Por otra parte, además de lo anterior, también deben contar con un lava ojos, para ser utilizado en caso se introduzca alguna partícula en los ojos de los colaboradores.

Figura 37. **Lava ojos**



Fuente: [https://www.bradleycorp.com/image/512/s19-220\\_eyewash.jpg](https://www.bradleycorp.com/image/512/s19-220_eyewash.jpg). Consulta: marzo de 2017.

En algunas ocasiones las plantas de producción son visitadas por personas externas a los trabajadores. Estas personas deben recibir una rápida inducción antes de ingresar al área de producción y se les debe proveer del equipo de seguridad para tener acceso al área de trabajo. El uso del equipo de seguridad debe sugerirse antes del ingreso.

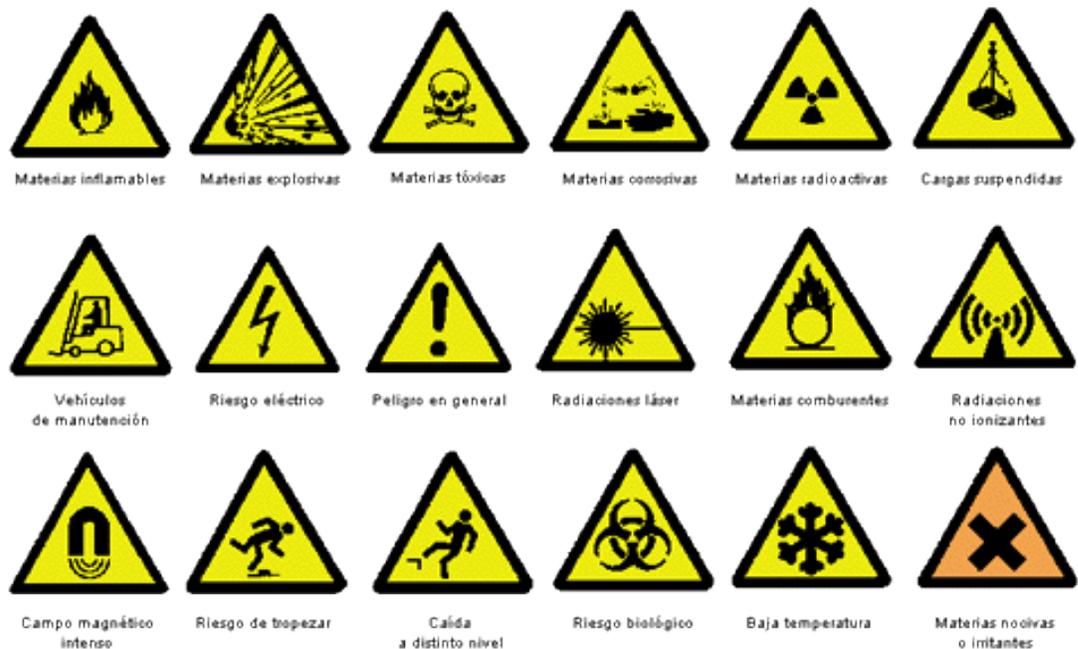
Figura 38. **Equipo de seguridad para ingreso de visitantes**



Fuente: <http://eppseguridad.com/MyImages/Letrero.jpg>. Consulta: marzo de 2017.

Durante la estancia de cualquier persona dentro de las instalaciones, deben existir carteles que señalen las áreas peligrosas a las que no deben ingresar, o tener precaución cuando estén en ellas, para esto se deben ubicar los carteles dependiendo del peligro que exista en el lugar.

Figura 39. **Señales de advertencia**



Fuente: <http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/senal-advertencia.gif>.

Consulta: marzo de 2017.

Dentro de la instalación de la planta de producción deberá de existir una señalización sobre rutas de evacuación. En caso de que ocurra un incidente, los colaboradores y visitantes deberán saber con exactitud cuál es la ruta de evacuación y el punto de reunión final donde se pueda hacer el conteo, también

se debe identificar el botiquín de seguridad. La señalización debe estar situada en un lugar visible y que sea comprensible para toda persona aunque no pertenezca al grupo de trabajo, se muestran las señalizaciones que deberán colocarse de acuerdo con el diseño de la planta en los lugares pertinentes para su visualización.

Figura 40. Señalización de rutas de evacuación



Fuente: <http://topseguridadindustrial.com/wp-content/uploads/2013/11/image140.jpg>.

Consulta: marzo de 2017.

Además de todas las instrucciones y señalizaciones que se instalan para prevenir riesgos de accidentes, es importante que la seguridad y salud ocupacional se ponga en práctica todos los días, no como una obligación, si no como una cultura en la que todas las personas que interactúan con el medio se sienta comprometida para el logro de un ambiente de trabajo seguro en el que nadie se exponga a peligros y, en el desafortunado caso de que ocurra un

accidente, todos sepan qué acciones tomar. El uso del equipo de seguridad industrial debe de dejar de ser algo impositivo para convertirse en una actitud que todos practiquen sin necesidad de recordárselos, esto se logrará fomentando una cultura de cero accidentes laborales.

### **3.4. Aspectos industriales**

En un proceso industrial intervienen diversos factores tanto externos como internos, cada uno incide en la cadena de producción de forma positiva o negativa. Durante la instalación de una planta de producción se debe de prestar atención a estos aspectos, como lo son, la cantidad de luz, ventilación, distribución de los ambientes y la secuencia que debe de llevar la cadena de suministro.

#### **3.4.1. Descripción del proceso industrial**

El proceso para la producción de aluminio reciclado comienza en el área de recepción. A este espacio deben llegar los vehículos recolectores de latas. A su llegada los colaboradores de esta área deben descargar el contenido de los vehículos y transportarlos hasta el área señalizada. A continuación, cada lata debe ser revisada y limpiada por dentro y por fuera. Las latas con exceso de suciedad o que no sean de aluminio deberán descartarse hacia un espacio de material desechado, los recipientes que cumplan con la calidad requerida pasarán a la bodega de materia prima.

El material que cumpla con los requisitos para ser procesados deberá enviarse a la bodega de materia prima. E primer paso consiste en introducir la cantidad adecuada de las latas al molino de trituración. El molino no se debe atascar ni sobrepasar la altura de la canasta de ingreso con el material.

La banda transportadora separadora de partículas de hierro deberá permanecer en funcionamiento durante todo el tiempo en el que el molino esté en funcionamiento. El material desgarrado que sale de la trituradora se deposita, inmediatamente, sobre la banda y si no está encendida, el material se acumulará hasta atascar los dientes de trituración. Por esta razón, al final de la banda transportadora se deberá de colocar un recipiente metálico con las medidas justas para atrapar todas las partículas de aluminio que terminen de pasar por el imán de separación de metales.

El material recolectado en el recipiente metálico estará listo para ser fundido. Al acumular 16 kg, las partículas deberán depositarse en un crisol con esa capacidad. Con ayuda de equipo auxiliar se cargará el crisol, con mucho cuidado, y se trasladará hacia la base en el interior del horno. A continuación se encenderá el quemador que iniciará el calentamiento del crisol. Después de 5 minutos se tomará la tapadera del horno con toda la precaución y con los trajes térmicos puestos, se colocará la tapa sobre el horno, verificando que se encuentre libre la chimenea de expulsión de gases. A partir de este momento, se contarán 10 minutos, al final de este tiempo se levantará la tapa y se verificará el estado del material. Si persiste el estado sólido se deberá se cierra el horno y se esperan 5 minutos más. Cuando el material esté en estado líquido se levantará el crisol con ayuda de equipo auxiliar y se trasladará al lado donde será vaciado en moldes para su secado posterior. Debido a que las condiciones varían de acuerdo con la cantidad de fundiciones que se hagan durante el día, es posible que la primera fundición tarde más tiempo que las siguientes, esto sucede por el calentamiento que debe tener el crisol y el horno.

Los moldes para vaciado del material fundido, generalmente, son de arena. La capacidad de los moldes que se tengan para ser rellenos deberán de

sumar la cantidad de material que se está produciendo, en el caso de lingotes de aluminio, se requerirá de moldes con capacidad de 8 kg cada uno, de tal forma que en una fundición de 16 kg se obtendrán 2 lingotes de aluminio reciclado.

Al finalizar el proceso de fundición se llenará de nuevo el crisol con material triturado y desperdicios que se hayan originado durante el vaciado en los moldes, si hay una falla originada en el proceso de vaciado, es permitido regresar el material al interior del crisol, para ser fundido de nuevo y poder realizar nuevamente el proceso.

### **3.4.2. Diseño de planta**

El diseño de la planta debe contar con áreas para el aparcamiento y descarga de vehículos. Dado que el peso del material, se debe disponer de un área de carga y descarga tipo muelle, a la que tenga acceso el personal de recepción desde la parte más alta. También deben contar con un área para el despacho del producto terminado.

Por el tipo de trabajo que se realizará dentro de las instalaciones, es aceptable la construcción de un edificio de segunda categoría, que consiste en paredes de block, techo de lámina, suelo de torta de concreto, este diseño debe seguir la distribución y el bosquejo que se muestran a continuación.

#### **3.4.2.1. Distribución de ambientes**

La planta contará con 4 ambientes principales; el primero es el área de aparcamiento a donde llegarán todos los vehículos o personas a dejar materia prima o a recoger el producto terminado.

La segundo área es donde estará el personal de recepción, éste área debe contar con 4 sectores, uno de ellos destinado a la acumulación del material que ha ingresado a la planta, el otro se destinará para la limpieza de latas. Este espacio estará provisto de todos los implementos para la limpieza, como paños, agua y solventes, el siguiente sector es la bodega de materia prima que ha cumplido con los requerimientos y el último sector destinado al material desechado.

El tercer ambiente es donde se localizará la trituradora, banda de transporte y el horno y es donde se localizará el personal de transformación, el último ambiente corresponde a las oficinas administrativas.

Cada área deberá de estar debidamente señalada con rótulos de precaución y salidas de emergencia y con divisiones que distingan a cada ambiente con el otro, para evitar desorden.

#### **3.4.2.1.1. Luz**

Para la planta industrial y las oficinas administrativas que se instalen se debe prever servicios que complementen el bienestar de los colaboradores, entre ellos, la iluminación, servicios sanitarios y ventilación.

La iluminación obligatoria para cualquier instalación ya que beneficia el confort de los trabajadores. A pesar de su costo en la actualidad, existen nuevas tecnologías que permiten el ahorro. Actualmente, se utilizan focos ahorradores o lámparas de neón, sin embargo, de la iluminación LED es la que se ha estado implementando recientemente.



Un LED es formado por un semiconductor llamado diodo, que es el encargado de emitir luz. Durante varios años se ha experimentado el uso de estos dispositivos en aparatos, como botones, indicadores, y lámparas. Actualmente, se comenzó a utilizar en la industria debido a la calidad de luz y a la reducción de costos que representa.

El proyecto de reciclaje de latas es amigable con el medio ambiente, por ello, es conveniente que se utilice iluminación LED, de esta manera se puede tener una planta industrial que colabora con el cuidado al medio ambiente en diferentes aspectos, el consumo energético y la ornamentación por medio de la recolección de basura de aluminio.

La iluminación LED representa ventajas no solo en la calidad y en los costos de su uso, sino también es un dispositivo que no requiere de mantenimiento constante o complejo, por lo que no se necesitará que se incluya en un plan que altere los costos de operación de la planta. Además, la iluminación LED tiene una mayor vida útil, en algunos casos ofrece hasta 45 000 horas, lo que representa un ahorro de repuestos, otro beneficio es que no genera calor, por lo que es posible trabajar cerca de la fuente de iluminación sin riesgo de sufrir quemaduras como sucede con los focos.

Para la instalación industrial se consideran paneles LED de 14 W, estas lámparas pueden ser conectadas a una red de 120 V, con una temperatura de trabajo de entre 20 a 85 °C, con un tamaño de 31 X 31 X 36 cm, se puede ubicar en los lugares de difícil alcance.

Figura 42. **Panel LED 14 W**



Fuente: <https://www.planta-tecgamonal.es/led.html>. Consulta: marzo de 2017.

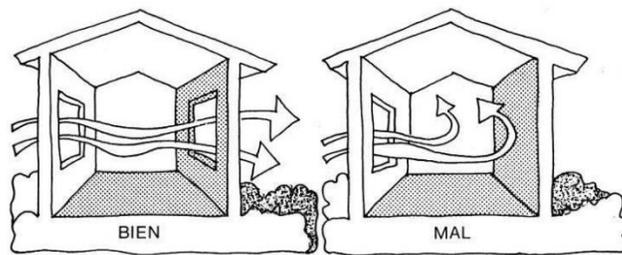
#### **3.4.2.1.2. Ventilación**

Actualmente, las industrias utilizan químicos dentro de sus procesos, gran cantidad de estos compuestos son tóxicos, también se liberan gases productos de combustiones para la generación de energía, estos vapores, gases, humos y deben de canalizarse. En algunos procesos industriales, como la metalurgia se generan granes concentraciones de calor, lo que ocasiona estrés en sus empleados. La ventilación es beneficiosa porque coadyuva en el control de los olores, humedad, calor y otras condiciones indeseables.

Existe la ventilación natural y la artificial. La natural se da por medio de la corriente de aire que circula en el ambiente y es atraída al interior de la

instalación por medio de ventanas abiertas en dirección de la circulación del aire. Sin embargo, se debe procurar que el aire que ingrese, circule dentro de la instalación y no pase de largo hacia otra ventana en la misma dirección que sirva como salida del aire.

Figura 43. **Ventilación natural por ventanas**



Fuente: <http://ebasl.es/wp-content/uploads/2014/11/new-21.jpg>. Consulta: marzo de 2017.

Para la ventilación natural también es posible atrapar la corriente de aire por medio de un techo de dientes de sierra, que consiste en una estructura con ventanas en la parte superior, que sirve para ingresar aire frío, además de esto representa beneficios a la iluminación ya que permite el ingreso de luz durante todo el día.

Figura 44. **Techo dientes de sierra**



Fuente: [http://metalicasmd.com/media/k2/items/cache/71f67488b0857639cee631943a3fc6fa\\_XL.jpg](http://metalicasmd.com/media/k2/items/cache/71f67488b0857639cee631943a3fc6fa_XL.jpg). Consulta: marzo de 2017.

Figura 45. **Interior de techos dientes de sierra**



Fuente: <http://aislux.com/aislux/wp-content/uploads/2013/12/images-1.jpg>. Consulta: marzo de 2017.

También existe la ventilación artificial que se origina al extraer o introducir al lugar de trabajo aire por un medio mecánico. Para el tipo de trabajo que se realiza en la instalación que se propone, se genera una gran cantidad de calor principalmente en el horno de fundición. Por ello es conveniente colocar en dirección sobre el horno un extractor de aire en el techo, llamado extractor de aire gravitacional. Extrae el aire por medio del impulso de corrientes de aire natural.

Figura 46. **Extractor de aire**

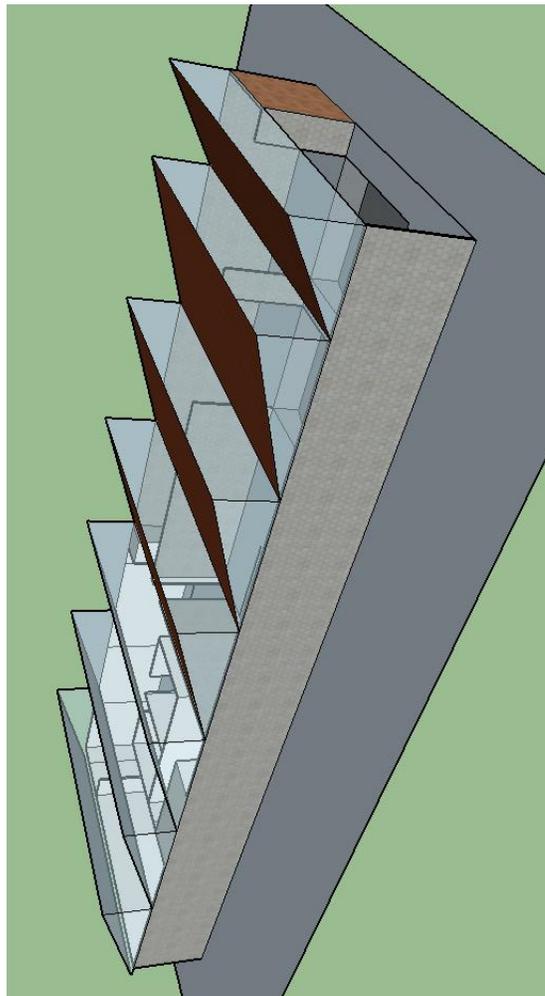


Fuente: <http://www.marencoveniladores.com/gravitacional/>. Consulta: marzo de 2017.

### 3.4.2.2. Bosquejo

Se presenta un diseño en tercera dimensión tomando como base la distribución de ambientes presentada en la figura 41, se le adiciona un techo de dientes de sierra, se identifica dónde se localizarán los muelles de carga y descarga y las distintas áreas que conformarán la planta de producción.

Figura 47. **Bosquejo de instalaciones**



Fuente elaboración propia, realizado en SketchUp.

### **3.5. Aspectos financieros**

El proyecto se realiza para la búsqueda de una solución inteligente al problema que afecta a la población. Para resolver esta problemática se deben asignar una cantidad de recursos económicos, los cuáles mediante un estudio de pre factibilidad puede determinarse su rentabilidad y su viabilidad para ser implementado.

#### **3.5.1. Costos de implementación**

Los costos implicados que se muestran a continuación se dividen en dos partes, la primera se relaciona con el espacio físico donde operará la planta y el segundo es el costo de la construcción de la maquinaria. Los datos son tomados de acuerdo con cotizaciones realizadas durante el año 2016, los cuales pueden variar en función de la temporada en la que se proponga implementar el proyecto, para fines de cálculo y de ejemplo se muestran los datos actuales.

##### **3.5.1.1. Espacio físico**

Para la construcción de una planta se requiere de un espacio físico que permita realizar una construcción civil, para esto se ha considerado la compra de un terreno en el área de la Aldea Vista Hermosa de San Pedro Sacatepéquez. Como se ha observado en el bosquejo de la figura 41, se requiere de un espacio de al menos 15 \* 35 metros, para un total de 525 metros cuadrados. El terreno debe tener acceso para vehículos, energía eléctrica, drenaje, agua potable y no debe de estar cerca de hogares, se ha cotizado que actualmente un terreno de esas dimensiones en dicho lugar puede adquirirse por una cantidad de Q. 100 000,00.

El diseño que se ha considerado para la construcción de la planta está basado sobre el tipo de producción que se realizará y busca brindarles a los colaboradores el confort para el desarrollo de sus actividades. Además se propone la distribución de cada ambiente de forma favorable para el proceso productivo. Se tratará de que sea efectivo, sin embargo, para fines de construcción civil se realizará un estudio detallado sobre los aspectos estructurales que deben emplearse y, a partir de esto, realizar un cálculo exacto, lo cual se debe de realizar en el momento en que se ha aprobado la implementación del proyecto, para evitar diferencias en la inversión por realizar.

Se muestran datos de lo que se emplea en mayor cantidad y lo que representa mayor costo en una construcción, lo cual sirve de base para la elaboración de los cálculos referentes a los aspectos financieros del proyecto.

### 3.5.1.2. Maquinaria

Para la construcción de la maquinaria se toman los datos establecidos en el apartado de materiales de cada una, de los cuáles se ha dado la descripción de cada uno y el uso que se le dará. Las cotizaciones se han realizado empresas proveedores, los precios pueden varias de acuerdo con la existencia y temporada en que se requieran los materiales.

Tabla XV. Costo de maquinaria

Material	Descripción	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
	Trituradora			

Continuación tabla XV.

Lámina de acero de 1 cm de espesor.	Elaboración de dientes, arandelas de 1cm de espesor, base y cajón para dientes.	3 m <sup>2</sup>	80,10	240,30
Eje de acero sólido de 8 cm de diámetro	Someter a mecanización para elaborar eje descrito en la figura 20 y adicionar rosca descrita en figura 21 en cada extremo de cada eje.	1,25 m	134,15 por metro	167,70
Lámina de acero de 3mm de espesor	Elaboración de caras que forman recipiente para el ingreso de latas y elaboración de arandelas de separación de 3mm de espesor.	0,55 m <sup>2</sup>	45,00	24,75
Tuercas de ejes	Especificaciones dadas en figura 12. 1 tuerca en cada extremo de cada eje.	4	5,00	20,00
Engranés de movimiento	Especificaciones dadas en figura 25.	3	350,00	1 050,00
Pernos	Sujeta caja de trituración con base de concreto	4	10,00	40,00
Motor de 3HP y caja reductora a 20rpm	Mueve el sistema de engranes y ejes.	1	11 400,00	11 400,00
Concreto	Base donde se asegurará el sistema de trituración.	0,7m <sup>3</sup>	910,00	910,00
Electrodos	Soldadura de piezas de acero.	½ libra	35,00	17,50
<b>Banda separadora</b>				
Tubo cuadrado de 4 cm.	Armazón metálico para sostener la banda y demás elementos que la conforman.	25 m	70,00 cada 6 metros	350,00
Lámina metálica de 3 mm.	Guía que se coloca al lado de la banda para evitar caídas del material, con altura de 10 cm.	0,5 m <sup>2</sup>	45,00	22,50

Continuación tabla XV.

Motor de 3HP y caja reductora a 20 rpm.	Mueve los rodos que originan el movimiento de la banda.	1	11 400,00	11 400,00
Rodos metálicos de 4 cm de diámetro y 32 cm de largo.	Sostienen la banda para evitar pandeos.	8	410,00	3 280,00
Rodos metálicos de 8 cm de diámetro y 32 cm de largo.	Ubicados en los extremos de la banda, sirven para tensar y para originar el movimiento.	2	1240,00	2 480,00
Imán plano eléctrico 220 V.	Atrapa partículas de hierro que se movilizan en la banda	1	150,00	150,00
Banda de goma de 32 cm de ancho.	Conduce el material triturado por debajo del imán y lo lleva al final de la banda donde lo deja caer a un recipiente.	4,5 m	120,00	540,00
Electrodos	Soldadura de piezas de acero	½ libra	35,00	17,50
<b>Horno de fundición</b>				
Crisol con capacidad de 16 kg. Con diámetro exterior superior de 165 mm, alto de 200 mm, diámetro exterior inferior de 110 mm y espesor en las paredes de 18 mm.	Recipiente que se introducirá en el horno y que contendrá el aluminio que se derretirá	1 unidad	1 395,93	1395,93
Quemador diésel de 30 – 60 kg, con capacidad para originar 102 000 a 205 000 BTU/Hr	Proporciona de energía calórica por medio de una llama al crisol para llevar al aluminio a su punto de fusión y convertirlo en líquido.	1 unidad	8 000,00	8 000,00

Continuación tabla XV.

Ladrillo refractario de 6 X 11,4 X 22,9 cm	Construcción de pared, piso y tapa de horno.	100 unidades	7,50	750,00
Block de construcción de 15 X 40 X 20 cm.	Construcción de área perimetral de horno.	80 unidades	4,50	360,00
Reja metálica de acero	Cubierta del quemador	80 X 70 cm	200	200,00
Concreto	Piso del quemador y base para pegado de ladrillos refractarios en el suelo. Unión de block y ladrillo.	1 m <sup>3</sup>	1 300,00	1 300,00
<b>Complementos</b>				
Regadera de emergencia	Parte del equipo para la seguridad industrial.	1	2 756,00	2 756,00
Lavaojos	Seguridad industrial.	1	1 500,60	1 500,60
Trajes térmicos	Para uso en el proceso de fundición y vaciado de material.	2	3 000,00	6 000,00
Trajes de seguridad	Para permanencia en las instalaciones de producción y para visitantes. (botas, casco, lentes, orejeras, chalecos)	10	1 450,00	14 500,00
<b>Mano de obra</b>				
Electricista	Contrato por proyecto	1	8 000,00	8 000,00
Mecánicos	Contrato por proyecto	2	8 000,00	16 000,00
Albañil	Contrato por proyecto	1	6 000,00	6 000,00
Soldador	Contrato por proyecto	1	7 000,00	7 000,00
Supervisor de mecánica	Contrato por proyecto	1	12 000,00	12 000,00
Supervisor eléctrico	Contrato por proyecto	1	12 000,00	12 000,00
<b>Herramientas de trabajo</b>				
Equipo de oxicorte		1	21 000,00	21 000,00
Equipo de soldadura		1	13 000,00	13 000,00
Pulidora		1	2 500,00	2 500,00
Barreno		1	1 200,00	1 200,00

Continuación tabla XV.

Barreno de pedestal		1	7 000,00	7 000,00
Soportes para corte		2	300,00	600,00
Cepillos de alambre		2	50,00	100,00
Elementos eléctricos	Cables, conectores, centros de mando, tubería, entre otros.		25 000,00	25 000,00
			<b>Total</b>	<b>200 269,78</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.2. Costos de operación

Son los costos relacionados con el proceso de producción. Son los recursos utilizados para mantener la existencia del proyecto. En una operación los costos se dividen en dos categorías, los costos fijos que son los que se tendrán aunque la planta esté funcionando a toda su capacidad o aunque esté cerrada, y los costos variables que pueden aumentar de acuerdo con la cantidad de producción que se está generando. Se incluyen los gastos como teléfono, energía eléctrica, limpieza, entre otros.

#### 3.5.2.1. Materia prima

Son los elementos que se requieren para la elaboración de un producto, permite la realización de productos o subproductos finales, es utilizada, principalmente, por las empresas industriales que fabrican un elemento. La materia prima debe de ser medible para determinar el costo final del producto.

Para el caso de una planta de reciclaje de latas de aluminio, la materia prima son las latas, las cuales son desechadas como basura por los hogares u organizaciones. En San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, se ha cotizado que,

a un recolector, se le pagan 5 centavos de quetzal por cada lata reciclada, por lo que la materia prima que se recibirá será pagada por esa cantidad monetaria.

### 3.5.2.2. Mano de obra

Es el esfuerzo físico y mental que realiza una persona para la fabricación de un bien, con el fin de recibir una reintegración económica por sus servicios. Se divide en cuatro importantes grupos, mano de obra directa que es la consumida en las áreas de producción, es generada por obreros calificados. El segundo grupo es la mano de obra indirecta que es consumida en las áreas administrativas, como apoyo para el área de producción. La mano de obra de gestión es la que implica al personal directivo y la mano de obra comercial es la generada por el área comercial de la organización.

El sueldo es un concepto que, regularmente, se paga a una persona que presta sus servicios a una empresa. Los sueldos son parte de los costos de producción, aunque son considerados también como motivadores para los trabajadores con el fin de mejorar su productividad, para el empleado el sueldo es un medio para satisfacer sus necesidades y alcanzar un cierto nivel de vida, basados en la obtención de necesidades materiales.

Tabla XVI. **Sueldos**

<b>Puesto</b>	<b>Sueldo (Q)</b>	<b>Operarios</b>	<b>Total (Q)</b>
Recepción	2 900,00	3	8 700,00
Transformación	3 500,00	2	7 000,00
Supervisor	5 000,00	1	5 000,00
Contador	4 000,00	1	4 000,00
<b>Total de desembolso mensual por concepto de sueldos</b>			<b>24 700,00</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.2.3. Plan de mantenimiento

Debido a que la maquinaria requiere de un plan que permita mantenerla en sus condiciones óptimas, se necesita una asignación de recursos mensuales para este fin. En el caso de las tareas que se hacen trimestralmente, se realiza la equivalencia mensual para el mantenimiento.

Tabla XVII. **Costos del plan de mantenimiento**

<b>Equipo</b>	<b>Actividad de mantenimiento</b>	<b>Costo (Q)</b>	<b>Costo mensual (Q)</b>
Motores eléctricos	Desmontaje y desarme total de la caja reductora, cambio de cojinete, limpieza y lavado de embobinado con solvente, aislamiento de embobinado con barniz, revisión de cuñas.	300,00	100,00
Cajas reductoras	Desmontaje y desarme total de la caja, lavado con solvente dieléctrico, cambio de aceite, cambio de cojinetes si lo amerita, cambio de retenedores si lo amerita, revisión de cuñas y cambio si lo amerita	300,00	75,00
Banda transportadora	Chequeo y engrase de rodos, ajuste de guías, alineación y tensión de banda.	120,00	40,00
Quemador	Revisión de nivel de aceite, refrigerante, revisión general del sistema eléctrico, revisión del termostato, revisión de resistencias, revisión de ventilador, calibración de flama, ajuste de piezas, revisión de parámetros, limpieza general y prueba de funcionamiento.	100,00	25,00

Continuación Tabla XVII

Horno	Revisión de la condición de la construcción, cambio de ladrillos refractarios, cambio de concreto en mal estado, revisión de base para crisol, limpieza general.	300,00	50,00
Tapadera de horno	Evaluación de solidez, cambio de ladrillos con defectos, limpieza general.	120,00	20,00
Total de desembolso mensual por concepto de mantenimiento.			310,00

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.2.4. Energía eléctrica

La energía eléctrica se considera un costo variable, ya que depende de la magnitud de producción a la que está operando la planta. Para fines de cálculo se toma una capacidad de producción al 100 por ciento, trabajando 8 horas al día por 5 días a la semana y 4 semanas en un mes. Mediante el cálculo que se realiza se obtiene la potencia energética consumida por mes y se toma el costo por kWh vigente para el mes de enero del año 2017.

Tabla XVIII. Costo energético

Elemento	Consumo	Cantidad	Total de consumo
Panel LED	0,014 kW	20	0,28 kW
Motor 3HP	2,24 kW	2	4,48 kW
Quemador diésel	0,75 kW	1	0,75 kW
Total de consumo por hora			3,64 kWh
Tasa de Q. 1,61 kWh, enero de 2017			Q.5,86 por hora
Total de costo mensual			Q. 937,60

Fuente: elaboración propia.

### **3.5.3. Venta de producto**

Para que un proyecto pueda ser auto sostenible es necesario que genere ingresos económicos suficientes como para sufragar todos los costos y gastos que conlleva la producción del bien. Además, debe ser capaz de generar un margen de ganancia o utilidades que beneficiará al propietario del proyecto que, para este caso, es la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala.

#### **3.5.3.1. Determinación del precio**

Para determinar el precio al que se puede ofrecer el producto, se pueden evaluar los precios a los que se ofrecen productos similares en el mercado, o bien, se pueden verificar los costos que implica la elaboración del producto y, a esto, sumarle una cantidad de ganancias que se desean obtener.

Si en el mercado el precio de un kilo de aluminio reciclado y fundido es de Q.10,00 en promedio, el cálculo sobre los costos que implica la producción de un kilo se puede obtener lo siguiente:

Si se obtiene una carga de 16 kg de aluminio fundido cada 15 minutos, y el horno de fundición es quien marca el ritmo de producción, se puede asegurar que, al menos cada hora, se puede tener una producción de 48 kg, considerando 15 minutos por atrasos y por la carga de aluminio que se le debe dar al crisol durante cada fundición. Si en un día se labora durante 8 horas y la semana consta de 5 días de trabajo por 4 semanas al mes, se puede hacer el cálculo de la producción mensual en kg de aluminio fundido lo cuál es el valor de 7 680 kg.

Tomando los cálculos de los costos hechos en la sección anterior, en resumen, en sueldos se invierten Q. 24 700,00 sumando a esto un valor de Q.310,00 por mantenimiento y Q.937,60 por energía eléctrica, y si se pretende una producción de 7 680 kg al mes, por 72 latas que se requieren por cada kg se obtiene un total de 552 960 latas que se deben pagar a 5 centavos de quetzal se obtiene un total de Q. 27 648,00 en concepto de materia prima, sumando los datos anteriores obtenemos un costo total de Q. 53 595,60.

De acuerdo con el costo total que se ha obtenido se puede dividir con la cantidad de material obtenido, cuyo costo por cada kilogramo es de Q. 6,98 y si se pretende obtener una utilidad, se puede determinar que el precio adecuado para la venta es de Q.8,33.

Si, aproximadamente, el precio para obtener utilidades sobre el costo total es de Q8.33,00 y el precio al que se cotiza en el mercado es de Q.10,00 se puede negociar una venta que oscile entre estos precios de acuerdo con la cantidad de material que requiera el comprador, ya que si la planta no trabaja a su máxima capacidad, los costos se alteran debido al costo de la mano de obra, la cual permanece en la planta y no puede dejar de pagar sus salarios.

### **3.5.3.2. Volumen de ventas necesario**

El punto de equilibrio de las ventas de una organización expresa cuántas unidades de un producto se deben vender para cubrir los costos totales mínimos mensuales en que incurre la empresa, para el caso que se tiene la venta de kilogramos de aluminio fundido y teniendo los cálculos hechos en la sección anterior, fácilmente se puede calcular el punto de equilibrio con la siguiente expresión:

$$Unidades = \frac{CF}{PV_q - CV_q}$$

Donde CF es el costo fijo o el costo fijo, en el ejercicio se tomará como costo fijo únicamente el valor que representan los salarios que se pagarán a un operario en cada área sin contar la recepción y contador.  $PV_q$  es el precio de venta que se le dará al producto y  $CV_q$  es el costo para obtener un kg de material. Sustituyendo los valores se obtiene el punto de equilibrio en unidades de kg de material fundido.

$$Unidades = \frac{8\,500}{8.33 - 6.98} = 6\,296$$

Se puede asegurar que para evitar pérdidas en la planta, se deben producir, por lo menos, 6 300 kg de aluminio fundido, pero sin considerar otros gastos en los que se pueda incurrir se debe de poseer una caja para mantener una reserva monetaria en caso de que surja alguna eventualidad que impida recaudar la cantidad de dinero necesaria para cubrir con los costos. Dicha eventualidad puede surgir de un accidente laboral, mantenimiento correctivo, daños en la estructura de la planta, incrementos en combustible, incrementos en energía eléctrica, compra de materiales para oficina, uso de teléfono, entre otros.

#### **3.5.4. Recuperación de inversión**

Existen herramientas para calcular la viabilidad de un proyecto de inversión, dichas herramientas colaboran en la toma de decisiones antes de hacer el desembolso de recursos y permite prever los resultados que se esperan obtener. A partir de los resultados que se obtienen puede planearse antes de la

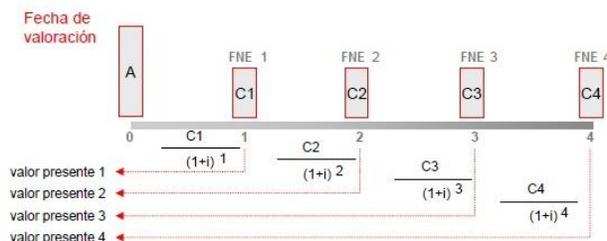
ejecución del proyecto el tipo de inversión que se realizará, si es una entidad privada, un préstamo bancario o recursos municipales.

### 3.5.4.1. Valor presente neto

Cuando se evalúa un proyecto de inversión a largo plazo, el VPN o valor Presente Neto es el método más conocido. Este método permite determinar si una inversión cumple con el objetivo financiero que es maximizar la inversión y, a partir de esto, recibir ganancias. El VPN permite visualizar en un lapso temporal, si la inversión se incrementará, reducirá o continuará igual. Si es positivo se espera que el valor tenga un incremento equivalente al monto de la inversión, si es negativo se reducirá el valor de la inversión, obteniendo pérdidas, si el valor es cero quiere decir que el proyecto no ha modificado el valor invertido.

El valor presente neto puede verse como la suma de una serie de flujos de efectivo, de los ingresos y egresos que se tienen, para el cálculo del VPN se deben proyectar al futuro esas entradas y salidas de dinero y traerlas al presente, por medio de una tasa de descuento o factor de actualización, cada entrada y salida de dinero se descuenta a su valor presente y luego se suman.

Figura 48. Actualización del valor presente



Fuente: <http://www.encyclopediainfinanciera.com/finanzas-corporativas/valor-presente-neto.htm>.

Consulta: marzo de 2017.

La fórmula para el cálculo del Valor Presente Neto se expresa de la siguiente forma:

$$VPN = -A + \frac{C1}{(1+i)^1} + \frac{C2}{(1+i)^2} + \frac{C3}{(1+i)^3} + \frac{C4}{(1+i)^4}$$

Donde *i* es el factor de actualización, *C* es el flujo de efectivo neto, las entradas menos las salidas, *t* es el momento temporal que se expresa en años o en trimestres o como convenga evaluar, *A* es la inversión inicial.

El proyecto se evalúa para un plazo de 10 años, dividido en 10 cálculos, cada uno realizado con un año de separación. El valor de ingresos es el valor obtenido al vender mensualmente la cantidad de 7 680 kg de aluminio fundido, de igual forma los egresos son los costos que conlleva la producción de dicha cantidad de producto, mensualmente, la inversión inicial es la suma del valor de la construcción de la maquinaria, se elige un valor de actualización del 18% para evaluar el ejercicio.

Tabla XIX. **Valor Presente Neto**

Año	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE FONDOS NETOS	FACTOR DE ACTUALIZACIÓN 18%	FLUJO ACTUALIZADO
0	Q0.00	Q0.00	-Q200 269,78	1,00000	-Q200 269,78
1	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,84740	Q105 800,26
2	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,71810	Q89 656,80
3	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,60860	Q75 985,41
4	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,51570	Q64 386,59
5	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,43710	Q54 573,16

Continuación tabla XIX.

<b>6</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,37040	Q46 245,48
<b>7</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,31390	Q39 191,29
<b>8</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,26600	Q33 210,84
<b>9</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,22540	Q28 141,82
<b>10</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,19106	Q23 854,38
				VPN	Q360 776,25

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el valor del VPN del proyecto, después de 10 años de funcionamiento, se obtendrán un VPN de Q. 360 776,25 con respecto a la maquinaria, por lo que se puede determinar que el proyecto planteado a 10 años es viable. Se deber recordar que los datos propuestos parten del cálculo de los valores obtenidos al tener en funcionamiento la planta durante toda la jornada.

#### **3.5.4.2. Tasa interna de retorno**

La TIR o tasa interna de retorno es un índice utilizado usualmente para la toma de decisiones en proyectos de inversión. Indica la viabilidad basándose en las estimaciones del flujo de efectivo que se prevé tener. La TIR se calcula por medio de la inversión inicial y los flujos de ingresos y egresos que se tienen en la empresa, y sobre esta base, se calcula un porcentaje de beneficios que se obtendrán con la inversión, mientras mayor sea la TIR, el proyecto es más rentable.

La Tasa Interna de Retorno se calcula utilizando los datos de VPN calculados con un factor distinto de actualización, buscando el valor del factor que vuelva 0 el VPN, pues en este punto, se conoce bajo qué tasa se obtienen

pérdidas o ganancias. Después de demostrar los factores en los que existe el cambio de pérdidas y ganancias se debe interpolar para conocer el valor exacto de la tasa en la que sucede el VPN igual a cero.

La fórmula para calcular la TIR corresponde a la implicación de dos valores de VPN con su respectivo factor de actualización.

$$TIR = i_0 + \left( \frac{i_1 - i_0}{VPN_1 - VPN_0} \right) ((VPN = 0) - VPN_0)$$

Donde  $i_0$  es el valor donde el VPN es positivo correspondiendo a  $VPN_0$ ,  $i_1$  es el valor del factor de actualización donde el VPN es negativo bajo el horizonte de 10 años, correspondiendo a  $VPN_1$ ,  $VPN=0$  es el valor que tomamos como base para calcular el TIR que vuelve cero el VPN.

Para el ejercicio se toman factores de actualización de 18% y 40% esperando que dentro de este rango de tasas se genere el cambio de positivo a negativo del VPN, evaluando cada tasa en su respectiva tabla, tenemos.

Tabla XX. **Valor Presente Neto, factor de actualización de 18%**

Año	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE FONDOS	FACTOR DE ACTUALIZACIÓ N	FLUJO ACTUALIZADO
			<b>NETOS</b>	<b>18%</b>	
<b>0</b>	Q0,00	Q0,00	-Q200 269,78	1,00000	-Q200 269,78
<b>1</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,84740	Q105 800,26
<b>2</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,71810	Q89 656,80
<b>3</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,60860	Q75 985,41
<b>4</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,51570	Q64 386,59
<b>5</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,43710	Q54 573,16
<b>6</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,37040	Q46 245,48

Continuación tabla XX.

<b>7</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,31390	Q39 191,29
<b>8</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,26600	Q33 210,84
<b>9</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,22540	Q28 141,82
<b>10</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,19106	Q23 854,38
				VPN	Q360 776,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Valor Presente Neto, factor de actualización de 70%**

<b>Año</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>COSTOS</b>	<b>FLUJO DE FONDOS NETOS</b>	<b>FACTOR DE ACTUALIZACIÓN 70%</b>	<b>FLUJO ACTUALIZADO</b>
<b>0</b>	Q0,00	Q0,00	-Q200 269,78	1,00000	-Q200 269,78
<b>1</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,58820	Q73 438,42
<b>2</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,34600	Q43 199,07
<b>3</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,20350	Q25 407,54
<b>4</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,11970	Q14 944,88
<b>5</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,07040	Q8 789,64
<b>6</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,04140	Q5 168,91
<b>7</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,02430	Q3 033,92
<b>8</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,01430	Q1 785,40
<b>9</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,00843	Q1 052,82
<b>10</b>	Q768 000,00	Q643 147,20	Q124 852,80	0,00496	Q619,27
				VPN	-Q22 829,92

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, cuando se utiliza un factor de actualización de 40% el VPN para un horizonte de 10 años pasa a ser negativo, esto quiere decir que dentro del rango del 18% al 40% existe un cambio en el signo del VPN, lo que obliga a que pase por el valor de VPN=0, sustituyendo los valores en la fórmula de interpolación tenemos.

$$TIR = 0.18 + \left( \frac{0.70 - 0.18}{-22829.92 - 360776.25} \right) (0 - 360776.25)$$
$$TIR = 0,66906$$

$$\mathbf{TIR \approx 67\%}$$

De acuerdo con el análisis, se ha obtenido que la Tasa Interna de Retorno del proyecto es de 67%, por medio de esta tasa se debe comparar otras opciones de inversión, la mejor opción es quien tenga una mayor tasa TIR.

## 4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En el momento en que los recursos económicos estén disponibles para invertirlos y llevar a cabo el proyecto, se debe prever que existen riesgos internos o externos que deben mitigarse al momento de presentarse, entre los más comunes al iniciar el plan están los siguientes.

- Inexperiencia del proceso

Debido a que es un proceso de fabricación poco común en el medio, con frecuencia surge el temor por la inexperiencia y falta de conocimiento relacionado con el proceso que se implementará, para evitarlo se deben crear planes de capacitación e inducción al iniciar operaciones en la planta.

- Toma de decisiones

El primer día que se opera o durante la construcción del proyecto, con frecuencia, las partes que están llevando a cabo la construcción no se comunican formalmente. Por esto, se debe organizar un grupo de profesionales o personas experimentadas que puedan dirigir el plan durante el tiempo necesario hasta que el supervisor asignado tome el control de todos los aspectos que conforman el proceso.

- Inexistencia de proveedores

Cuando se inicia una planta de producción, es posible que no haya proveedores de materia prima. En este caso, se deben conseguir grandes

cantidades de latas de aluminio, por esta razón se debe de realizar una gran campaña publicitaria que inste a los recolectores a vender las latas a la empresa. De esta manera se contará con materia prima en las bodegas.

- Inexistencia de clientes

Si bien para conseguir clientes se debe de tener un producto, se debe de hacer una revisión de los posibles clientes, tener a la mano su dirección comercial, número de teléfono, dirección de correo electrónico, y en el mejor de los casos, haber establecido una conversación con ellos para ofrecerles los productos y estén dispuestos para verlos durante su producción.

- Baja calificación del personal

Generalmente, se trata sobre el personal administrativo, ya que podría carecer de las competencias para llevar a cabo las tareas que se les asigne. Por eso uno de los puntos más importantes es la capacitación e inducción antes de iniciar las operaciones, sin descartar el seguimiento durante el inicio de producción. Por otro lado, los colaboradores del área de recepción y del área de transformación adquieren las habilidades correspondientes cuando siguen cada uno de los pasos del proceso de producción.

- Problemas climáticos

El proyecto contempla la construcción de una estructura civil. El medio ambiente juega un papel importante cuando se construye pues puede causar retrasos, además puede causar enfermedades a los trabajadores que se encuentren colaborando en esa etapa, de tal forma que es importante verificar

las condiciones climáticas durante la construcción, aunque la mejor época para iniciar es en el verano.

Para el proyecto propuesto se han definido 4 áreas que deben ser atendidas pues son la más importante al iniciar la construcción de la planta y de la maquinaria desde el punto de vista operativo, y de instalación de maquinaria.

#### **4.1. Condiciones para la instalación de maquinaria**

El principal factor para la instalación de una planta para el reciclado de latas, es la localización, debido a que es necesario planificar las futuras operaciones y la disponibilidad de materiales, mano de obra, acceso de transporte y demás aspectos que minimizan los costos para la producción.

Cuando se tiene el lugar ideal para instalar la planta, se verificarán las condiciones para la instalación de la maquinaria. Dado que la maquinaria funciona, principalmente, con motores eléctricos, es inevitable que estos generen vibraciones. Para minimizar los efectos negativos sobre la maquinaria, la base donde se coloquen debe ser de concreto y las máquinas deben estar fijadas para evitar desplazamiento y saltos sobre la superficie.

El horno de fundición se conforma por un generador de calor que alcanzará temperaturas muy altas, por esta razón se ha diseñado que el espacio donde se colocará el horno y el quemador estén cubiertos por block y por ladrillos refractarios. Esto también sirve para aislar la radiación de la tierra y de los demás materiales que existan en los alrededores.

Para evitar desperfectos en el horno y en el quemador diésel, se debe establecer una ruta para la evacuación de gases y para el ingreso de aire. Por

esto, el diseño contempla una reja metálica sobre el quemador, para que absorba el aire del exterior y expulse los gases productos de la combustión que se genera en su interior. Además, la chimenea ubicada en la tapadera del horno, sirve para que éste evacúe los gases que se generan por el calentamiento y el cambio de estado del material. Por otra parte, en el techo en dirección del horno, se debe colocar un extractor de aire para evacuar de inmediato los gases almacenados dentro de las instalaciones.

Se ha presentado la distribución adecuada dentro de la planta para evitar accidentes o que el flujo del proceso sea muy lento. La distribución de los ambientes no deben cambiarse a menos de que se beneficie al proceso productivo.

La señalización de los riesgos que presenta cada parte del equipo de las maquinarias es importante para evitar accidentes dentro de la planta, esto es parte de la instalación de la maquinaria, pues se debe evaluar los riesgos que pueda presentar cuando inicie a operar.

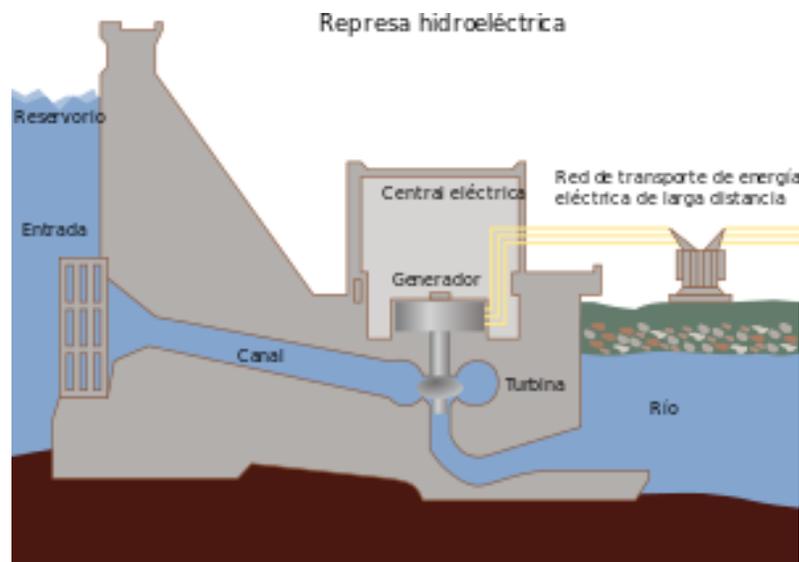
Las piezas móviles de las máquinas deben lubricarse asegurarse de que cada pieza encaje en el lugar que se ha diseñado para su instalación, no debe excederse el esfuerzo para introducir una pieza dentro de otra, ya que puede dañar a las demás.

Al finalizar la instalación mecánica de las piezas y de la instalación eléctrica, se deben de realizar las pruebas para verificar que el funcionamiento del equipo es el esperado. Se deben afinar todos los detalles que presenten inconsistencias. Las piezas que provienen de empresas externas e instaladas por personas ajenas deben proceder de lugares y personas idóneas y presenten garantía sobre el uso que se les dará.

## 4.2. Requerimientos energéticos

Para la actividad industrial es de vital importancia la existencia de una fuente de energía eléctrica que satisfaga de carga toda la instalación de la planta y de las maquinas. En Guatemala la energía eléctrica proviene de una fuente renovable, es decir que proviene de fuentes naturales virtualmente inagotables. Las hidroeléctricas son generadoras de energía que utilizan el movimiento del agua para dirigirlas por medio de conductos hacia turbinas que generan electricidad por medio del movimiento giratorio de un eje alrededor de una bobina magnética.

Figura 49. **Hidroeléctrica**



Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/71/Hydroelectric\\_dam-es.svg/300px-Hydroelectric\\_dam-es.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/71/Hydroelectric_dam-es.svg/300px-Hydroelectric_dam-es.svg.png). Consulta: marzo de 2017.

Como se ha observado en la figura 33, la instalación en la caja eléctrica de distribución debe estar como se señala en el diagrama, además se le debe solicitar a la empresa de distribución de energía eléctrica que se instale un contador industrial para evitar interrupción de flujo de energía por el exceso en la demanda.

Cada motor eléctrico, quemador diésel, sistema de iluminación y conexiones de energía para el uso de aparatos debe estar instaladas en una conexión distinta dominadas cada una por un flipón calibrado para la corriente que el electricista sugiera. Para evitar accidentes por incendios o corto circuito se debe disponer de un sistema de rápido bloqueo de energía eléctrica cuando exista un defecto en la instalación.

Figura 50. **Flipón de acción rápida**



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/eti/product-26771-477127.html>. Consulta: marzo de 2017.

La instalación eléctrica debe ser supervisada por un profesional del área, verificando que se utilicen los materiales adecuados para evitar algún incidente derivado de la alta demanda de corriente de los elementos conectados a la red. Se debe utilizar el tamaño y tipo de cable que se sugiera sin escatimar en asignar recursos para este fin, debido a la importancia y el riesgo que presenta una mala conexión eléctrica.

Se sugiere que para la instalación de la eléctrica se utilice un banco de capacitores para corregir el llamado factor de potencia, que se realiza de acuerdo con la potencia reactiva que genera el sistema eléctrico. El capacitor es un dispositivo formado por dos elementos de un material conductor dieléctrico que se ubican dentro de una carcasa. Su propósito es producir capacitancia para un circuito eléctrico.

Figura 51. **Banco de capacitores**



Fuente: <http://www.energiza.biz/que-es-un-banco-de-capacitores/>. Consulta: marzo de 2017.

### **4.3. Inducción de trabajadores**

Como se dijo, uno de los riesgos al iniciar la producción de un bien dentro de una planta, es la falta de conocimiento de los trabajadores. Por esta razón se revisa el proceso para la contratación de personal, que consiste en 6 etapas.

Durante el reclutamiento, el primer paso es la identificación de las plazas vacantes por renuncia de un trabajador, creación de un puesto nuevo, transferencia de cargos dentro de la organización, aumento de la demanda del producto ofrecido, fallecimiento de un colaborador, despidos, enfermedades, maternidad, entre otros. En este proyecto las plazas vacantes surgen de la necesidad de contratar personal por la apertura de una nueva planta.

El segundo paso consiste en el reclutamiento. Son todas las actividades que realiza la organización para atraer al personal calificado de diferentes regiones. Las principales herramientas para este fin son las bolsas de trabajo, ferias de empleo, medios de comunicación como la radio comunitaria, canales de televisión comunitaria, periódicos, recomendados por familiares o amigos.

Una vez recibidas solicitudes de los aspirantes a los puestos se selecciona al personal de acuerdo con sus cualidades y competencias y que toda persona puede realizar la tarea si se le capacita. La selección inicia con una entrevista previa cita al aspirante, luego, se le somete a exámenes psicométricos, técnicos, de conocimientos, médicos y de referencias.

Una vez elegido el personal idóneo, inicia el proceso de contratación apegado a las leyes que rige el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, sobre la base del código de trabajo. La creación de un expediente es útil cuando se contrata personal porque en él se incluyen los acuerdos entre el trabajador y la

empresa, en función del proyecto que se pretende llevar a cabo. Se sugiere que el contrato se establezca por tiempo indefinido.

A continuación, se inicia la inducción del trabajador. Consiste en informar al personal sobre todos los elementos que los rodean, las normas que se rigen dentro de la planta, como los horarios de trabajo, responsabilidades de cada individuo, normas de seguridad, rutas de evacuación, medidas a tomar en caso de emergencia, superiores a quienes deben de reportar. Una vez en los puestos de trabajo se debe supervisar la corrección del desempeño. Si alguna persona está cometiendo errores se le debe proporcionar la ayuda técnica necesaria requerida por el puesto. La inducción significa proporcionar a los nuevos empleados la información básica para realizar sus actividades de manera satisfactoria dentro de la organización, puede decirse que los individuos que siguen un programa de inducción aprenden sus funciones de forma más rápida, además de poder socializar con los demás nuevos empleados y crear un ambiente positivo en el trabajo.

Los programas de inducción comúnmente son responsabilidad del supervisor o del departamento de recursos humanos. Se debe enfocar en transmitir los objetivos mediante un manual, en el cual se describen las políticas de la organización, normas, prestaciones y demás temas relacionados. La transmisión positiva del mensaje reduce la ansiedad del nuevo empleado y se incrementan las probabilidades de éxito en el desempeño de sus labores. Lo anterior permite menor supervisión del encargado.

Es importante que se adicione un programa de seguimiento al proceso de inducción, pues es necesario que con frecuencia los nuevos empleados sean informados de las responsabilidades que tiene cada uno, puede utilizarse un

cuestionario o entrevista en la que se pueda descubrir los puntos más débiles del programa de inducción.

Durante la inducción se debe de evitar exceso de información para el recién ingresado, no se debe de sobrecargar cuestionarios o formas, pues es negativo comenzar un trabajo con la parte más desagradable del mismo, se debe de evitar la exigencia de trabajos para los cuales no está preparado el individuo ya que puede frustrarse por no poder hacerlo y fracasar.

El último paso en el proceso de contratación es la capacitación. Consiste en darles ayuda técnica y teórica a los trabajadores, en el sentido de enriquecer su conocimiento para el beneficio de la organización, sus objetivos son, la adopción de la persona en el puesto, crear procesos más productivos producto de una mejora en la eficiencia, preparar a los colaboradores ante posibles ascensos de puestos, mejorar las condiciones de trabajo, crear en el individuo la seguridad que contará con el trabajo buscando un efecto en su motivación, reducir quejas por falta de conocimiento y reducción de costos.

#### **4.4. Establecimiento de jornadas de trabajo**

En Guatemala, las jornadas laborales se legislan por medio del Código de Trabajo, en el título III, capítulo III, se encuentran reconocidas las jornadas laborales diurna y nocturna. La jornada ordinaria diurna no debe exceder de 8 horas diarias ni exceder de 48 horas a la semana. La jornada ordinaria nocturna no puede ser mayor de 6 horas diarias ni exceder de 36 horas a la semana. El tiempo efectivo es aquel en el que el trabajador está bajo las órdenes y requerimientos del patrono. El trabajo diurno se realiza entre las seis y las dieciocho horas del mismo día, el trabajo nocturno se ejecuta entre las dieciocho horas de un día hasta las seis horas del día siguiente.

La jornada laboral diurna semanal es de cuarenta y cinco horas de trabajo efectivo, aunque para fines de pago es equivalente a cuarenta y ocho horas por semana, se exceptúan las empresas que tienen un número menor de diez trabajadores, siendo la jornada diurna semanal de cuarenta y ocho horas de trabajo efectivo.

Existe una tercera jornada laboral, llamada jornada mixta es aquella en la que se labora por lo menos 4 horas dentro de la jornada nocturna y 3 de la jornada diurna, para ésta la jornada ordinaria de trabajo efectivo no debe ser mayor de siete horas diarias ni exceder de un total de 42 horas a la semana.

El trabajador tiene derecho a un descanso mínimo de media hora dentro de su jornada laboral que debe de ser considerado como tiempo de trabajo efectivo, descanso que debe de ser utilizado para la alimentación y para satisfacer sus necesidades.

Si se excede el trabajo efectivo contemplado en cada una de las jornadas, el tiempo que esté fuera de los límites se considera como jornada extraordinaria la cual debe de ser remunerada por lo menos con un 50 por ciento más de los salarios mínimos que se han estipulado por las partes, no se consideran horas extras las que son utilizadas por el trabajador para reparar errores que han sido provocados únicamente por él durante la jornada ordinaria, las jornadas ordinarias y extraordinarias no pueden exceder de más de 12 horas diarias.

Se ha considerado que para el funcionamiento de la planta de producción de aluminio reciclado, se trabajará en una jornada diurna normal, el horario de trabajo será de ocho de la mañana a doce del mediodía, retornando a las actividades a las catorce horas y culminando a las dieciocho horas. Es posible

que haya personal que viva alejado de la planta por lo cual necesitan tiempo para ir a su casa a alimentarse o para tomar un descanso porque el trabajo requiere de un alto rendimiento físico, principalmente, por las temperaturas a las que se trabaja en el interior de la planta, se considera un descanso de dos horas al a mitad de la jornada.

## 5. MEJORA CONTINUA

Es un concepto adoptado alrededor del siglo XX que pretende realizar constantemente mejoras en los procesos para la obtención de mejores productos o servicios, se ha considerado que mediante actitudes, beneficios, ejemplos y un agradable ambiente, los colaboradores adopten la mejora continua como una cultura de calidad que todos deben de practicar dentro de las empresas no como algo que está impuesto de forma obligatoria.

La calidad es el cumplimiento de requisitos que buscan la satisfacción del cliente, la calidad debe de incluirse en un plan estratégico de una empresa en el que todos estén alineados hacia la calidad, la gestión es el conjunto de actividades que se coordinan para alcanzar un resultado.

Lo ideal en una empresa es generar un círculo de calidad que consiste en crear conciencia de calidad en todos los miembros de la organización, a través de la fomentación del trabajo en equipo y la comunicación de experiencias y conocimientos, un círculo de calidad es un grupo de personas que se reúnen para detectar, analizar y buscar soluciones a las problemáticas que surgen en el lugar de trabajo.

Por medio de la implementación de una cultura de calidad, se busca la creación de un equipo de alto rendimiento, que es aquel que ha alcanzado los objetivos propuestos de una manera excelente en términos de efectividad, lo que dará como resultado una alta competitividad que es la capacidad que tiene una organización para lograr la satisfacción de los consumidores, pero se debe de tomar en cuenta que la competitividad está ligada inversamente con los

costos de producción, por lo que al tener mayores costos de producción la efectividad se disminuirá.

La calidad se lleva a cabo en 4 etapas, la primera es la planificación de la calidad que consiste en establecer los objetivos y la especificación de los procesos operativos y de los recursos necesarios. La siguiente etapa es el control de la calidad y se orienta al cumplimiento de los requisitos exigidos para la calidad. El aseguramiento de la calidad es la siguiente etapa y en ésta la gestión se orienta a asegurar confianza de que se cumplirán los requisitos de calidad es decir, es una etapa de prevención, la última etapa es la mejora de la calidad, que consiste en aumentar y replicar los buenos resultados que ya se tienen.

Debido a que la calidad exige el uso de recursos, se tienen los llamados costos de calidad, que se originan al no satisfacer los requisitos del cliente, al hacer las cosas mal y al no hacer las cosas bien desde la primera vez, se estima que estos costos representan entre el 20 al 40% de las ventas, los costos de calidad se dividen en costos de control y costos de fallas, los de control son los relacionados a la eliminación de defectos de la producción mediante la prevención y la inspección, los costos de fallas son los que se pueden dar durante o después del proceso, dividiéndose en fallas internas o externas, las internas son las originadas por productos en reproceso, mermas, retrasos, paros no programados, las fallas externas son las originadas por las garantías, devoluciones, bonificaciones, todo esto lleva a la pérdida de clientes y al desgaste de la imagen.

Durante el proceso de calidad, existen diferentes costos, de los cuáles una parte son visibles y pueden determinarse y cuantificarse, pero existen costos de los que no son lo suficientemente obvios para determinarlos, estos costos se

agrupan y se grafican en un iceberg de los costos de calidad, el cual se muestra a continuación.

Figura 52. Iceberg de los costos de calidad



Fuente: <https://mentory.online/wp-content/uploads/2014/07/costo-de-la-calidad.jpg>.

Consulta: marzo de 2017.

Existen varias herramientas para mejorar la calidad, se dividen en dos grupos, las descriptivas y las cuantitativas.

Tabla XXII. **Herramientas para mejorar la calidad**

<b>Descriptivas</b>	<b>Cuantitativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama causa y efecto.</li> <li>• Lluvia de ideas.</li> <li>• 6 M's. (mano de obra, materiales, método, maquinaria y equipo, medio ambiente, mediciones).</li> <li>• Diagrama de afinidad.</li> <li>• 5 Why.</li> <li>• 5 W – 2H.</li> <li>• Diagrama árbol de problemas.</li> <li>• Diagrama de árbol de objetivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Pareto.</li> <li>• Histogramas.</li> <li>• Diagramas o gráficos de datos.</li> <li>• Gráficos de control.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### 5.1. Evaluación

Al momento de implementar un proyecto se debe buscar la mejora continua. esto se verificará por medio de una evaluación, la cual consiste en preparar preguntas básicas que se derivan de los objetivos establecidos, dándole un carácter participativo e incluyente a todas las partes involucradas para que puedan realizar sugerencias en torno a los objetivos y las preguntas básicas. Para la formulación de las preguntas se sugiere realizar las más importantes tratando de que el número de preguntas sean las básicas y esenciales para

verificar la situación que se evalúa, los resultados obtenidos deben de ser útiles para la toma de decisiones, comparándolos con indicadores específicos y cuantitativos y realizables.

Antes de realizar un proceso de evaluación es conveniente definir un diseño que determine los defectos en cada una de las etapas, junto con la especificación de la forma de realizar la evaluación, se debe de considerar diferentes alternativas incorporando estrategias cuantitativas y cualitativas.

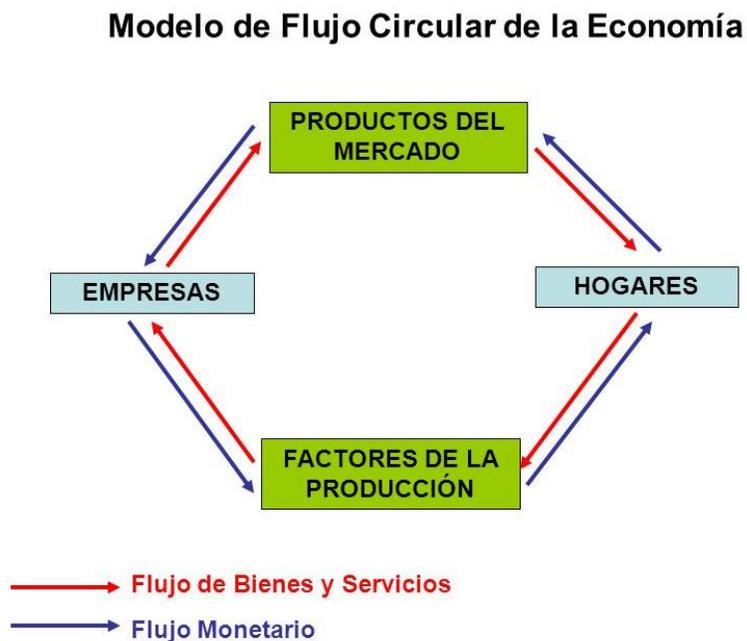
Una evaluación de proyectos debe cumplir con los requisitos de garantizar que la información obtenida se use en la toma de decisiones, por lo tanto debe de establecerse un objetivos que pueda ser medible y analizable, que sea imparcial, se debe impedir que priven los intereses personales, debe ser válido que pueda ser medible de forma objetiva, la información obtenida debe ser confiable y creíble obtenida en el momento oportuno, permitiendo la participación de todos los involucrados escuchando sus experiencias, necesidades e intereses.

Debido a que el proyecto que se presenta, pretende ser de beneficio económico para la municipalidad, se debe evaluar como una empresa, buscando siempre maximizar las ganancias que se generan, por tal motivo la evaluación se fija en primera instancia en una evaluación de tipo económico, sin embargo. No debe de olvidares que durante el proceso de mejora continua se debe de ir implementando nuevos tipos de evaluaciones que permita adquirir información útil para la toma de decisiones dentro de la organización, se inicia con evaluaciones monetarias, pues se debe de buscar el beneficio de la inversión realizada.

### 5.1.1. Flujo monetario

Desde el punto de vista de la economía el flujo monetario es aquel que se genera por el movimiento de dinero a través de las empresas, productos, hogares y factores de producción, debido a la comercialización de un bien, por lo que puede decirse que entre las familias y empresas el flujo monetario se origina por el pago para la obtención de un bien ofrecido por la empresa, o por la remuneración que reciben las familias debido a los servicios prestados por los colaboradores.

Figura 53. Flujo monetario entre familias y empresas



Fuente: [http://images.slideplayer.es/7/1661844/slides/slide\\_1.jpg](http://images.slideplayer.es/7/1661844/slides/slide_1.jpg). Consulta: marzo de 2017.

El flujo dentro de la organización se basa en la relación entre los ingresos y egresos generados por la producción del bien, ubicándose en el modelo de flujo circular de la economía en la etapa de factores de la producción.

De acuerdo con el estudio presentado en el capítulo 3, se han determinado los ingresos y egresos esperados funcionando la planta al 100% de su capacidad, y se ha determinado de la misma forma funcionando únicamente en el punto de equilibrio de la empresa, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla XXIII. **Flujo de ingresos y egresos**

<b>Producción mensual</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Egresos</b>	<b>Beneficios</b>
<b>Capacidad del 100%</b>			
<b>7680 kg</b>	Q. 107 520	Q. 56 606,40	53 913,60
<b>Punto de equilibrio</b>			
<b>3500 kg</b>	Q. 49 000,00	Q. 24 430,00	24 570,00

Fuente: elaboración propia.

### **5.1.2. EBITDA**

Earning Before Interest Taxes Depreciation and Amortization, siglas de EBITDA o por su traducción al español, Beneficio Antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones, es un indicador financiero que muestra el beneficio bruto calculado antes del pago de los gastos financiero.

El término no es aún no es conocido, pero es la forma en que se está evaluando actualmente a las compañías, por lo tanto es importante conocer cómo se usa y su utilidad, la ventaja de utilizar el EBITDA es que muestra los resultados de un proyecto sin considerar los aspectos de impuestos y pagos

tributarios, debido a que estos aspectos se analizan de forma independiente permite administrar sin afectar el desarrollo del proyecto.

Lo importante es conocer cuánto puede generar un proyecto, si el cálculo nos da un resultado positivo, quiere decir que es proyecto es viable y dependerá de la gestión para lograr el éxito, para el cálculo se utiliza el siguiente formato, añadiendo o quitando lo que no es necesario.

Tabla XXIV. **Cálculo de EBITDA**

<b>Operación</b>	<b>Concepto</b>	<b>Total (Q.)</b>
<b>+</b>	Ventas	
<b>-</b>	Costo de ventas	
	Margen Bruto	
<b>-</b>	Gastos variables (fletes primarios, secundarios, terciarios, teléfono, agua)	
<b>+</b>	Comisiones	
	Utilidad bruta	
	Gastos fijos (administración, ventas, marketing, gente y gestión, operaciones, logística)	
	<b>EBITDA</b>	

Fuente: elaboración propia.

### **5.1.3. Control de mantenimiento**

Consiste en verificar el cumplimiento de las actividades de mantenimiento conforme lo especificado en el plan, debe permitir la corrección de fallas y preverlas, con el fin de coordinar las acciones de revisión, seguimiento y verificación del plan de conservación es elabora una hoja de chequeo, donde se especifica la acción a realizar en el mes que le corresponde.

Tabla XXV. **Hoja de chequeo para el cumplimiento del plan de mantenimiento**

Mes	Elemento	Actividad	Cumplimiento
Enero	Motores eléctricos	Desmontaje y desarme total de la caja reductora, cambio de cojinete, limpieza y lavado de embobinado con solvente, aislamiento de embobinado con barniz, revisión de cuñas.	
	Cajas reductoras	Desmontaje y desarme total de la caja, lavado con solvente dieléctrico, cambio de aceite, cambio de cojinetes si lo amerita, cambio de retenedores si lo amerita, revisión de cuñas y cambio si lo amerita	
Febrero	Banda transportadora	Desmontaje y desarme total de la caja, lavado con solvente dieléctrico, cambio de aceite, cambio de cojinetes si lo amerita, cambio de retenedores si lo amerita, revisión de cuñas y cambio si lo amerita	
Abril	Motores eléctricos	Desmontaje y desarme total de la caja reductora, cambio de cojinete, limpieza y lavado de embobinado con solvente, aislamiento de embobinado con barniz, revisión de cuñas.	
	Quemador	Revisión de nivel de aceite, refrigerante, revisión general del sistema eléctrico, revisión del termostato, revisión de resistencias, revisión de ventilador, calibración de flama, ajuste de piezas, revisión de parámetros, limpieza general y prueba de funcionamiento.	
	Horno	Revisión de la condición de la construcción, cambio de ladrillos refractarios, cambio de concreto en mal estado, revisión de base para crisol, limpieza general.	
	Tapadera de horno	Evaluación de solidez, cambio de ladrillos con defectos, limpieza general.	
Mayo	Cajas reductoras	Desmontaje y desarme total de la caja, lavado con solvente dieléctrico, cambio de aceite, cambio de cojinetes si lo amerita, cambio de retenedores si lo amerita, revisión de cuñas y cambio si lo amerita	
	Banda transportadora	Chequeo y engrase de rodos, ajuste de guías, alineación y tensión de banda.	
Julio	Motores eléctricos	Desmontaje y desarme total de la caja reductora, cambio de cojinete, limpieza y lavado de embobinado con solvente, aislamiento de embobinado con barniz, revisión de cuñas.	

Continuación tabla XXV.

	Banda transportadora	Chequeo y engrase de rodos, ajuste de guías, alineación y tensión de banda.
Agosto	Quemador	Revisión de nivel de aceite, refrigerante, revisión general del sistema eléctrico, revisión del termostato, revisión de resistencias, revisión de ventilador, calibración de flama, ajuste de piezas, revisión de parámetros, limpieza general y prueba de funcionamiento.
Septiembre	Cajas reductoras	Desmontaje y desarme total de la caja, lavado con solvente dieléctrico, cambio de aceite, cambio de cojinetes si lo amerita, cambio de retenedores si lo amerita, revisión de cuñas y cambio si lo amerita
Octubre	Motores eléctricos	Desmontaje y desarme total de la caja reductora, cambio de cojinete, limpieza y lavado de embobinado con solvente, aislamiento de embobinado con barniz, revisión de cuñas.
	Horno	Revisión de la condición de la construcción, cambio de ladrillos refractarios, cambio de concreto en mal estado, revisión de base para crisol, limpieza general.
	Tapadera de horno	Evaluación de solidez, cambio de ladrillos con defectos, limpieza general.
Noviembre	Banda transportadora	Chequeo y engrase de rodos, ajuste de guías, alineación y tensión de banda.
Diciembre	Quemador	Revisión de nivel de aceite, refrigerante, revisión general del sistema eléctrico, revisión del termostato, revisión de resistencias, revisión de ventilador, calibración de flama, ajuste de piezas, revisión de parámetros, limpieza general y prueba de funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.3.1. Indicadores

Uno de los retos que se tiene en el mantenimiento de equipo industrial es medir los resultados obtenidos durante el seguimiento del plan, para determinar

la calidad del trabajo realizado. Para elaborar los indicadores se debe pensar qué es lo que se debe medir para el área a la que se está pretendiendo medir, pues no todas las áreas tienen el mismo tiempo de procesos. El responsable de cada área debe tener indicadores que estén en un sistema independiente. Para el caso de mantenimiento industrial se debe de considerar los siguientes aspectos medibles y tomar de ahí la información para la toma de decisiones con respecto a las exigencias de las demás áreas afectadas por la situación.

- Costos de mantenimiento
- Tiempo ausente del equipo por fallas
- Productos con defectos
- Pérdida de calidad
- Disminución de rendimiento

De acuerdo con algunos autores, se considera que el número aceptable de indicadores existentes en un proceso dependen a los objetivos que sean adecuados de tal forma que se pueda cumplir con las exigencias de las demás partes involucradas, generalmente estos indicadores se van definiendo, agregando o eliminando conforme se está trabajando, pues muchos de estos indicadores surgen por decisiones tomadas en el área contable, administrativo, de producción o de parte de los clientes y sus especificaciones.

## **5.2. Capacitación de personal**

La capacitación es una herramienta que sigue un proceso de planificación, en el que se busca ampliar los conocimientos y habilidades del personal, nuevo o actual. Existen dos tipos de capacitación que se diferencian por el carácter de

formalidad. La capacitación informal son las instrucciones que se dan como una retroalimentación de lo que ya se ha comunicado, y existe la formal, que se ha programado de acuerdo con las necesidades que surgen. Puede durar desde un día hasta varios meses, dependiendo del conocimiento que se desea transmitir.

Puede dividirse de acuerdo con el nivel ocupacional al que se dirige: para operarios, supervisores, jefes, gerentes, contadores, entre otros. La capacitación puede ser para familiarizar a nuevos colaboradores de la organización, por práctica en el trabajo, por un nuevo sistema simulado, para la preparación técnica de un trabajo y para la preparación de nuevo personal para supervisión por motivos de expansión.

La necesidad de capacitar puede surgir por evaluaciones de desempeño, incremento de capacidad y experiencia de trabajadores, introducción de nuevos miembros, equipos o maquinarias, ascensos en un futuro, leyes y reglamentos nuevos que requieran de entrenamiento, planificación para vacantes.

La capacitación genera el incremento de la rentabilidad y un ambiente laboral más positivo; mejora el conocimiento del puesto: eleva la moral de los trabajadores; el personal se identifica con los objetivos de la organización; mejora la relación entre los jefes y los subordinados, permite la adopción de nuevas políticas empresariales y promueve el desarrollo individual dentro de la organización.

### **5.2.1. Metodología de trabajo**

Toda capacitación de trabajo debe seguir un proceso lógico y ordenado que permita transmitir, de forma coherente, la información. Por tal motivo se sugiere

la siguiente estructura metodológica aplicable para cualquier puesto, acomodando cada paso al puesto al que se le impartirá la capacitación.

- Explicar la tarea que se realizará.
- Demostrar de forma correcta como se realiza la tarea.
- Pedirle al personal que desarrolle la tarea sin intervención del capacitador.
- Evaluar el desempeño de cada colaborador.
- Con la observación y la evaluación obtenidas se vuelve a capacitar a los trabajadores.
- Repetir los pasos anteriores las veces que sea necesario hasta que se obtengan los resultados esperados.
- Transmitir el conocimiento entre las demás personas.

Durante la capacitación se debe evaluar constantemente el nivel de comprensión de los participantes y adecuar el nivel de capacitación para los principiantes; separar en conceptos breves y simples el conocimiento que se transmite; verificar la inteligibilidad del conocimiento para cualquier persona; utilizar material visual, estimular la formulación de preguntas para generar confianza entre los trabajadores y capacitadores.

Es muy importante que durante la capacitación, las explicaciones se acompañen con demostraciones, pues los trabajadores recordarán mejor los temas abordados si tienen frente a sí, una imagen. Tampoco se debe obviar la metodología práctica ya que rinde mejores resultados que las teóricas.

## 5.2.2. Planificación de capacitación

El último paso en el proceso de contratación es la etapa de la planificación. El proyecto presentado es para la creación de una planta, por ello, aún no está en funcionamiento y la planificación de capacitación se realiza acompañado de una inducción, pues todos los trabajadores serán nuevos y no cuentan con la experiencia para desarrollar las actividades que su puesto requiere. En general, para la implementación del proyecto se requerirá de una semana para la capacitación e inducción, planificando cada una de acuerdo con el área donde se desarrollará la persona.

### 5.2.2.1. Clasificadores

Su trabajo se desarrollará en el área de recepción y serán los encargados de recibir la materia prima a su llegada a la planta, luego, se transportará hacia el área de limpieza y clasificación, para conducirla finalmente a la bodega de materia prima donde esperará a que los operarios la transporten al área de transformación.

Tabla XXVI. Planificación para capacitación de clasificadores

Actividad a desarrollar	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Recorrido por las instalaciones, explicación de las actividades que se desarrollarán en cada área y convivencia con el personal de las demás áreas.	X				
Explicación sobre el proceso para recibir la materia prima, uso de equipo de seguridad y su importancia, medidas para la manipulación de cargas pesadas. Ensayos.		X			

Continuación tabla XXVI.

Determinación de materia prima que cumple con los requisitos para ser trasladada al área de limpieza. Mostrar ejemplos.

X

Proceso para la limpieza de latas, uso de herramientas y equipo de seguridad. Ensayos.				X	
Control de materia prima que no cumple con requerimientos, documentación y peso de materia prima que cumple con las especificaciones, para luego ser trasladado a bodega. Ensayos.					X

Fuente: elaboración propia.

### 5.2.2.2. Operarios

Su trabajo se desarrolla en el área de transformación. Su trabajo parte desde el transporte de la materia prima de la bodega hacia el molino triturador, pasando por la banda transportadora y finaliza en el horno de fundición para el vaciado del material en moldes.

Tabla XXVII. **Planificación para capacitación de operarios**

Actividad a desarrollar	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Recorrido por las instalaciones, explicación de las actividades que se desarrollarán en cada área y convivencia con el personal de las demás áreas.	X				

Continuación tabla XXVII.

Uso del molino triturador, medidas de seguridad, ensayos.	<b>X</b>				
Funcionamiento de banda transportadora, medidas de seguridad, ensayos.			X		
Manipulación de horno y quemador, uso de trajes térmicos, preparación de crisol y de moldes, fundición y llenado de moldes con material fundido, ensayos.				X	X

Fuente: elaboración propia.

### 5.2.2.3. Mantenimiento

Los operarios que estarán a cargo del área de transformación pueden realizar varias de las actividades de mantenimiento, dada la simplicidad de las tareas por realizar. Por tal motivo se debe disponer de un tiempo para explicarles las tareas que desarrollaran con la maquinaria, las actividades que deben realizar tanto rutinarias, como preventivas o correctivas.

Tabla XXVIII. **Planificación para capacitación de mantenimiento**

Actividad a desarrollar	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Recorrido por las instalaciones, explicación de las actividades que se desarrollarán en cada área y convivencia con el personal de las demás áreas.	X				

Continuación tabla XVIII.

Actividades de mantenimiento rutinarias y preventivas del molino triturador, acciones a tomar en caso de fallas			X		
Tareas de mantenimiento rutinarias y preventivas de banda transportadora, acciones a tomar en caso de fallas.			X		
Acciones de mantenimiento rutinarias y preventivas horno de fundición y quemador, acciones a tomar en caso de fallas.				x	x

Fuente: elaboración propia.

### 5.3. Tecnologías emergentes

Uno de los principios de la mejora continua es hacer cada vez mejor las cosas, buscando soluciones nuevas e innovadoras, pero no solo en el proceso existen nuevas ideas, sino también en el equipo utilizado para la transformación de materiales. Las tecnologías emergentes se definen como innovaciones científicas que pueden originar una nueva rama en la industria o cambiar una existente.

Actualmente, las tecnologías relacionadas con las telecomunicaciones, robótica e inteligencia artificial, están tomando más auge. La generación de nuevas tecnologías ha permitido adelantos en la industria.

En el campo de la metalurgia, actualmente, se han desarrollado nuevos sistemas para el proceso de fundición de metales que permiten incrementar la calidad del producto y optimizar el uso de energía, generando una reducción de costos del proceso.

Se han realizado investigaciones sobre una nueva tecnología en la que se utilizan ondas ultrasónicas para la solidificación del aluminio. Esta nueva tecnología se prevé que permitirá la transformación del aluminio en estado semi-sólido. Otro proyecto que se ha estado desarrollando es la creación de una tecnología que permita eliminar gases que presentan un peligro para el ambiente y la eliminación de óxidos presentes en el aluminio.

Se han realizado investigaciones para generar una tecnología que permita la fundición de aluminio por medio de presión. Este proceso permitiría que, por medio de un sistema de automatización inteligente sea reducido el porcentaje de rechazo de piezas defectuosas y reducir los tiempos muertos de proceso productivo, este sistema permitiría producir una predicción de la calidad de las piezas que se fabrican, colaborando al incremento en la calidad de los productos finales con una reducción de costos.

## 6. MITIGACIÓN DE DAÑOS AL AMBIENTE

Es un conjunto de procedimientos para reducir los niveles tóxicos o aislar elementos contaminantes del ambiente. Las estrategias de mitigación de daños al ambiente se concentran en 3 aspectos.

- Identificación y eliminación de la fuente de contaminación

Generalmente, el contaminante se genera por la acumulación de sustancias tóxicas en un lugar donde su extracción no es viable económicamente, ante esto se debe de aislar el área adecuadamente, para evitar que las sustancias tóxicas penetren por medio de escorrentías a los mantos subterráneos terrestres. Se debe delimitar el área con muros desde la superficie, la superficie y paredes deben ser aisladas por medio de impermeabilizantes, como el asfalto.

- Limpieza de área

En este paso se pretende llevar el área contaminado a un grado de contaminación no tóxico. Si el lugar se localiza en zonas de nacimiento de agua, se debe realizar un bombeo para retirar el agente tóxico y evitar la propagación a todo el acuífero. El agua bombeada debe de ser purificada y devuelta al terreno de extracción.

- Tratamiento de agua contaminada

Dependiendo del tipo de contaminante, el proceso de tratamiento puede variar. Cuando son elementos inorgánicos los contaminantes, se trata de

precipitar por medio del incremento del pH y utilizando bacterias para retener compuestos inorgánicos. Cuando son materiales orgánicos disueltos los causante de la contaminación se utiliza comúnmente el carbón activado, ya que tiene la propiedad de retener compuestos orgánicos. En el caso de que en el ambiente existan hidrocarburos insolubles, se realiza un bombeo en la parte inferior y uno en la parte superior donde se retirará el hidrocarburo, para ello, se debe contar con un detector que permita la medición de la presencia y espesor del elemento a tratar.

## **6.1. Control de desechos**

En un proceso de producción se genera una cantidad de desechos que pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos. Si no se toman medidas adecuadas para su tratamiento puede afectar de forma negativa al medio ambiente. Para su tratamiento se deben tomar medidas internas o a través de empresas especializadas en el tratamiento de desechos.

### **6.1.1. Sólidos**

La mayor generación de residuos dentro del proceso es del tipo sólido, siendo las principales.

- Arena para fabricación de moldes

El material utilizado para la fabricación de moldes utilizados para captar el material fundido y darle la forma requerida es la arena, que se compacta para formar la figura especificada. Después del proceso de fundición y su vaciado en estos moldes, se debe de retirar la arena de la pieza fabricada, esta área se

puede reutilizar en la fabricación de un nuevo molde para su uso en la elaboración de otro producto.

- Escoria

Son los residuos generados durante el proceso de fundición. Son una mezcla de óxidos de metal, que puede contener sulfuros y otros elementos. La escoria ayuda a tener el control de la temperatura de fundición y minimizar la oxidación del metal líquido antes de ser trasladado a los moldes. La escoria tiene muchos usos comerciales por lo que generalmente no se desecha. Por lo regular se vuelve a colocar en el crisol para volverlo a procesar, los restos pueden ser utilizados como fertilizantes o para la construcción de paredes estructurales.

- Viruta

Es la generada por el proceso de trituración. Este material se recoge y verifica que no se haya mezclado con elementos indeseables, de estar limpia se traslada al crisol para ser fundida en el horno.

- Polvos

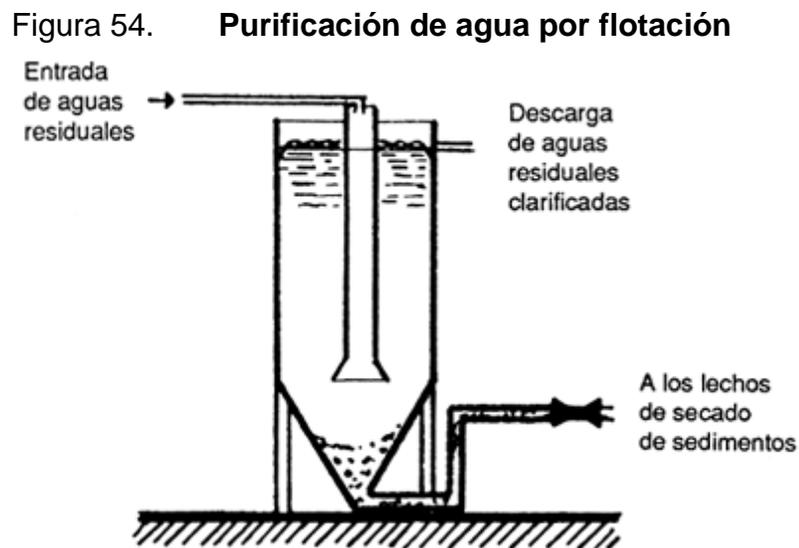
Estos polvos se generan durante el proceso de trituración y durante la separación de partículas ferrosas en la banda transportadora. Los residuos que no se generan en excesos deben depositarse en un contenedor para su comercialización o para ser utilizado como fertilizantes.

### 6.1.2. Líquidos

Dentro de un proceso de fundición las emisiones líquidas se generan por la fabricación de moldes, enfriamiento de moldes y piezas, y enfriamiento del horno. Estas emisiones líquidas no son significativas, sin embargo, para las industrias que utilizan el agua para tratamientos térmicos o baños químicos, resulta un consumo y contaminación mayor del agua.

El proceso que requerirá de mayor uso de agua es la limpieza de las latas, pero únicamente se utiliza como disolvente de residuos hallados en el interior del material. Para este caso no se utiliza mayores cantidades de agua, pero es importante generar un plan que contemple la recirculación de agua dentro del sistema, ya sea para el mismo uso del proceso o para el uso en otras tareas.

Principalmente la purificación de aguas residuales en la industria se realiza por medio de la separación de sedimentos por flotación.



Fuente: <http://www.fao.org/docrep/004/T0566S/T0566S110.gif>. Consulta: marzo de 2017.

## 6.2. Gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases pueden ser divididas en dos segmentos. Las emisiones controladas y las fugitivas. Las controladas corresponden a emisiones que se originan en puntos específicos y pueden ser reducidos mediante sistemas de limpieza de gases, como filtros y campanas de captación, mientras que las fugitivas se generan durante la transformación del estado del material.

Figura 55. **Campana de extracción de gases**



Fuente: <http://jtsolutions.com.pe/wp-content/uploads/2014/12/campanas-paraextraccion-de-gases-2.png>. Consulta: marzo de 2017.

Las emisiones que se producen en los procesos de fundición son, principalmente, partículas de monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, clorhidratos y fluoruros. Estas emisiones son liberadas al momento de abrir la tapadera de los hornos para cargar de material al crisol y al momento de vaciar el metal en los moldes.

### **6.3. Sensibilización de la población**

La ornamentación del municipio de San Pedro Sacatepéquez, Guatemala y el cuidado del medio ambiente no es responsabilidad únicamente del gobierno, del alcalde o las autoridades del municipio, es una responsabilidad de cada uno de los habitantes, una responsabilidad que debe de ser adquirida como una cultura de cuidado al ambiente que nos rodea.

Por medio de este proyecto se pretende generar actividades de responsabilidad social, por medio de la creación de incentivos como los trabajos y la reiteración económica para los recolectores de basura. Con esto se desea que la población ya no vea la basura como un desperdicio que se tira en cualquier lugar sino que tiene un valor tanto económico para la persona como un valor para la protección del medio ambiente.

Para que todas las personas de una población comprendan los beneficios de cuidar el medio ambiente, se deben crear jornadas de sensibilización, empezando por las escuelas, los lugares de trabajo, por las iglesias, por medio de eventos, pues el cuidado del planeta es responsabilidad de todos.

## CONCLUSIONES

1. El proceso para el reciclaje de latas dentro del plan, inicia con la recepción del material por los colaboradores del área, ellos deben elegir el material que cumple con los requerimientos para el proceso de trituración. El material es desgarrado en un molino para después pasar por una banda separadora de elementos ferromagnéticos. El material triturado se coloca dentro del crisol donde es fundido en un horno, finalmente se deposita el líquido en un molde, donde tomará la forma final del producto.
2. De acuerdo con el estudio realizado se determinó que, para el proceso, se requiere de tres máquinas, las cuales fueron diseñadas con herramientas de dibujo en tercera dimensión y que son mostradas en el apartado de diseño de maquinaria para el proceso.
3. El plan de mantenimiento industrial cuenta con tareas rutinarias, preventivas y correctivas, las cuales deberán ser aplicadas por los operarios de las máquinas mientras correspondan a su campo de conocimiento, pues algunos elementos deben de ser revisados por entidades exteriores a la organización.
4. De acuerdo con el diagrama presentado en la figura 40, la nave industrial deberá disponer de áreas para la llegada de vehículos, oficinas administrativas, servicios sanitarios, espacio para la selección de materia prima y espacio para la transformación del material, así como bodega de materia prima, bodega de producto terminado.
5. Los costos de operación y mantenimiento para una capacidad de producción del 100% es de Q. 53 606,00 produciendo un total de 7 680 kg de material fundido al mes.

6. Para que el proyecto no presente pérdidas económicas al menos la producción mensual debe ser de 6 300 kg de material fundido, lo que equivale a un ingreso de Q. 52 479,00 con costos de Q. 43 974,00.

## RECOMENDACIONES

1. El proceso para el reciclaje de latas deberá de ser coordinando y supervisado por el encargado designado, asegurando que se cuente con todas las medidas necesarias para la obtención de un producto satisfactorio que cumpla con las necesidades y requerimientos de los clientes.
2. De acuerdo con el diseño realizado con herramientas de dibujo computarizado, es importante que la construcción de las máquinas sean supervisadas por un profesional en el área de mecánica que pueda interpretar los planos de la forma adecuada y pueda orientar al personal para garantizar el funcionamiento de todos los elementos.
3. Para garantizar el óptimo funcionamiento de la maquinaria es necesario aplicar los planes de mantenimiento propuestos, se debe de capacitar al personal para evitar fallas durante el proceso y tener presente contactos externos para la asesoría en caso de una falla que no pueda resolverse de forma inmediata.
4. Se ha presentado la distribución adecuada para los ambientes que constituyen la nave industrial; sin embargo se deberá adecuar, dependiendo de la disponibilidad del terreno o si se instala en una bodega alquilada, se debe designar cada área de tal forma que se logre establecer una ruta libre para el proceso industrial.
5. Los costos de producción para una capacidad del 100% han sido calculados de acuerdo con el personal, materiales y mantenimiento, para no dejar de obtener beneficios cuando la producción ocupa menor proporción de la capacidad total, se debe reducir la cantidad de operarios y adecuar el plan de mantenimiento para evitar gastos innecesarios.

6. El proyecto no debe representar pérdidas económicas, se ha calculado que el mínimo de producción para lograrlo debe de ser de 6 300 kg, de no contar con esos pedidos, se debe negociar con los clientes para poder pausar o producir de más para que la producción alcance el mínimo requerido.

## BIBLIOGRAFÍA

- CAREAGA, Juan Antonio. *Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes*. Cuarta edición. México D.F: SEDESOL, 1993. 159 páginas. Serie Monografías No. 4.
- MORALES, Rudy. *Generación y manejo de desechos sólidos en Guatemala*. Guatemala: Instituto de Incidencia Ambiental, 2003. Informe técnico No.4. 73pp.
- GONZÁLEZ MARTÍNEZ, Ana. *Costos y beneficios ambientales del reciclaje en México, una aproximación monetaria*. México: Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, 1993. Número 58.
- MENA ARENAS, Manuel. “Estudio de factibilidad para la instalación y funcionamiento de una planta recicladora de latas de aluminio en el municipio de Magdalena Apasco, Oaxaca”. Asesores: María de Jesús Pérez, José Arzola Garza. Universidad Tecnológica de la Mixteca, 2004.
- CUNALATA LITCO, Carlos. “Diseño y análisis estructural de un prototipo de compactadora de chatarras de aluminio para el reciclaje”. Director: Jorge Bosch Cabrera. Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, 2011.
- SANOVAL ESCOBAR, Diego. USHIÑA FUENTES, Víctor. “Diseño Y construcción de un prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas PET de 400 a 500 ml. y latas de aluminio de 330 a 350 ml”. Director: Patricio Riofrío. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí – Ecuador, 2011.
- *Gestión de residuos sólidos: Manejando adecuadamente nuestros sólidos*. 2010, n°3, Perú, 2010-. ISBN: 978-9972-47-203-9.

- ABALLE CARIDE, Miguel. *Reciclado de envases metálicos. Análisis de procedimientos actuales en España y Europa y perspectivas de mejora para mantener a los materiales permanentes en el ciclo productivo.* Miguel Aballe Caride. Congreso Nacional del Medio Ambiente CONAMA, 2014. 19pp.

## ANEXOS

### Anexo 1. Cotización de crisol

Nueva Llegada 12 kg de Cobre Horno de crisol de grafito Crisol de Fundición de aluminio Herramienta de vida útil más larga

Ver nombre original del producto en inglés

★★★★★ 5.0 (1 votos) 1 vendido

Precio: US \$102.69 / unidad

Oferta: **US \$56.15** / unidad **45% off** 07h:15m:36s

Envío: Selecciona el país desde el que quieres que se envíe

Cantidad:  unidad (9 unidades available)

Precio total:

[Comprar ahora](#) [Añadir a la cesta](#)

[Añadir a mi Lista de Deseos](#) (8 veces añadido)

Política de devoluciones: Se aceptan devoluciones si el producto es muy distinto de su descripción. El comprador puede devolver el producto (haciéndose cargo de los gastos de envío de vuelta) o quedarse con el producto y acordar con el vendedor la devolución del dinero. Ver detalles

Garantías del vendedor: Entrega Puntual

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/New-Arrival-12kg-Copper-aluminum-graphite-crucible-Furnace-Casting-Foundry-Crucible-Melting-Tool-longer-service-life/32718405486.html?spm=2114.43010208.4.131.wb9gxxhttp://www.thermalcombustion.com/quemadores-industriales/quemadores-diesel-html/>. Consulta: marzo de 2017.

### Anexo 2. Cotización de motor y caja reductora

CANTIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MARCA	PRECIO	TOTAL	ENTREGA
2	MOTO-REDUCTOR	MOTO-REDUCTOR 3HP I=30 A 90 GRADOS 220-440V	VOGES/USPOWER	Q 8,100.00	Q 16,200.00	INMEDIATA
1	CAJA REDUCTORA	CAJA REDUCTORA I=30 A 90 GRADOS	VOGES/USPOWER	Q 3,300.00	Q 3,300.00	INMEDIATA

Fuente: Grupo Agint, S.A.

