



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

**PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO EN ÁREA DE  
ZOOLOGICO MEDIANTE COMBUSTIBLE ORGÁNICO EN PARQUE TEMÁTICO**

**Hessler Alexander De León Mazariegos**  
Asesorado por el Ing. Alejandro Estrada Martínez

Guatemala, enero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO EN ÁREA DE  
ZOOLOGICO MEDIANTE COMBUSTIBLE ORGÁNICO EN PARQUE TEMÁTICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**HESSLER ALEXANDER DE LEÓN MAZARIEGOS**

ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO ESTRADA MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO EN ÁREA DE ZOOLOGICO MEDIANTE COMBUSTIBLES ORGÁNICOS EN PARQUE TEMÁTICO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha junio de 2011.



**Hessler Alexander De León Mazariegos**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 20 de Julio de 2012

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Estimado Ing. Urquizú:

Respetuosamente me dirijo a usted, para informarle que como Asesor para el trabajo de graduación de Hessler Alexander De León Mazariegos, carné 2001-13551, de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, procedí a revisar el informe final de trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO EN ÁREA DE ZOOLOGICO  
MEDIANTE COMBUSTIBLE ORGÁNICO EN PARQUE TEMÁTICO**

En tal virtud, lo doy por APROBADO; por lo anterior solicito continuar con los trámites correspondientes. Sin otro particular y con las muestras de mi consideración y estima, me suscribo de usted atentamente.

Ing. Alejandro Estrada Martínez  
Colegiado No. 5,305  
ASESOR

c.c. Archivo

**INGENIERO  
ALEJANDRO ESTRADA  
COLEGIADO 5305**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

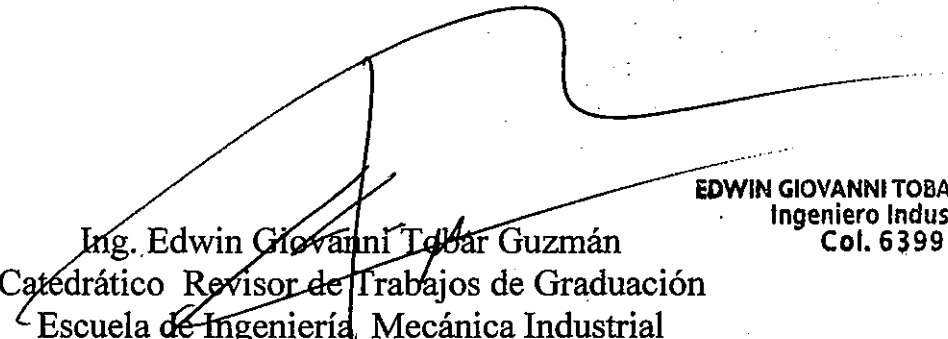


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.220.012

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO EN ÁREA DE ZOOLOGICO MEDIANTE COMBUSTIBLE ORGÁNICO EN PARQUE TEMÁTICO**, presentado por el estudiante universitario **Hessler Alexander De León Mazariegos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Edwin Giovanni Tobar Guzmán  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

EDWIN GIOVANNI TOBAR GUZMÁN  
Ingeniero Industrial  
Col. 6399

Guatemala, octubre de 2012.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.008.013

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 **PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO EN ÁREA DE ZOOLOGICO MEDIANTE COMBUSTIBLE ORGÁNICO EN PARQUE TEMÁTICO**, presentado por el estudiante universitario **Hessler Alexander De León Mazariegos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2013.

/mgp

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 024.2013

**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: **PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO EN ÁREA DE ZOOLOGICO MEDIANTE COMBUSTIBLE ORGÁNICO EN PARQUE TEMÁTICO**, presentado por el estudiante universitario: **Hessler Alexander De León Mazariegos**, autoriza la impresión del mismo.**

**IMPRÍMASE:**



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 28 de enero de 2013

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme tener la fuerza necesaria para cumplir esta etapa de vida
<b>Mis padres</b>	Salvador Figueroa y Patricia Mazariegos, por ser los seres que me han guiado y apoyado en la búsqueda de la superación de mi vida.
<b>Mis hermanos</b>	Dina Figueroa y Lester Figueroa, por brindarme su apoyo en mi vida.
<b>Mi sobrina</b>	Laisha Figueroa, por influenciar en mi vida.
<b>Mi familia</b>	Tíos, tías, primas, sobrinos, por su constante motivación.
<b>Mis abuelas</b>	Amparo Bethancourt y Joaquina Figueroa, por motivarme y apoyarme en toda mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Historia.....	1
1.2. Filosofía.....	3
1.2.1. Misión.....	3
1.2.2. Visión.....	4
1.2.3. Reconocimientos.....	5
1.2.4. Cultura.....	6
1.2.5. Organigrama.....	8
1.3. Áreas del parque.....	9
1.3.1. Área de zoológico.....	10
1.3.2. Plaza de las Estrellas.....	10
1.3.3. Plaza Arcoíris.....	11
1.3.4. Plaza Alegría.....	11
1.3.5. Valle de los Dinos.....	11
1.3.6. Área social y de piscinas.....	12
1.4. Energías alternativas.....	12
1.4.1. Clasificación.....	12
1.4.2. Energía no renovable.....	13

1.5.	Combustible orgánico .....	14
1.5.1.	El uso de biogás para producción eléctrica .....	15
1.6.	Energías renovables en Guatemala.....	16
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	19
2.1.	Compromiso con la población.....	19
2.1.1.	Políticas .....	20
2.2.	Proyectos para la producción más limpia.....	20
2.3.	Consumo eléctrico .....	21
2.4.	Producción de desechos orgánicos .....	22
2.5.	Utilización de desechos inorgánicos .....	23
2.6.	Proyectos implementados hacia el ahorro de energía eléctrica .....	23
3.	PROPUESTA.....	25
3.1.	Manejo del desecho orgánico .....	25
3.1.1.	Clasificación de los desechos .....	25
3.1.2.	Recolección de los desechos.....	28
3.2.	Clasificación de los gases.....	29
3.2.1.	Reacción anaeróbica .....	32
3.3.	Equipo para la producción de energía eléctrica .....	37
3.3.1.	Triturador de residuos .....	37
3.3.2.	Depósito y mezclador de residuos .....	38
3.3.3.	Separador de residuos.....	39
3.3.4.	Motor de combustión.....	40
3.3.5.	Generador eléctrico .....	43
3.3.6.	Tubería .....	44
3.4.	Instalación .....	44
3.4.1.	Fases.....	46

4.	IMPLEMENTACIÓN .....	49
4.1.	Selección de área .....	49
4.2.	Selección de equipo .....	51
4.2.1.	Selección de motor de combustión .....	51
4.2.2.	Selección de depósitos .....	52
4.2.3.	Selección de tubería .....	55
4.2.4.	Selección del generador eléctrico .....	56
4.3.	Manejo de desechos.....	58
4.3.1.	Introducción de desecho al equipo.....	60
4.3.2.	Evacuación de residuos del equipo.....	60
4.4.	Análisis de la producción de energía .....	61
4.4.1.	Cálculos de producción.....	61
4.4.2.	Gráficos de proyección .....	63
4.4.3.	Cálculos de reducción.....	65
4.5.	Análisis de costos .....	66
4.5.1.	Tasa interna de retorno de instalación de equipo....	67
4.5.2.	Valor Actual Neto de instalación de equipo .....	67
4.5.3.	Costo de personal .....	68
5.	SEGUIMIENTO .....	69
5.1.	Mantenimiento .....	69
5.1.1.	Triturador .....	69
5.1.2.	Motor de combustión.....	71
5.1.3.	Generador eléctrico .....	73
5.1.4.	Tubería .....	75
5.1.5.	Filtros.....	75
5.2.	Plan de mantenimiento .....	76
5.3.	Control de recepción de residuos .....	78
5.4.	Control de emisión de gases .....	79

5.5.	Control de temperatura de motor de combustión .....	79
5.6.	Control de generación de residuos por proceso.....	80
6.	IMPACTO AMBIENTAL.....	83
6.1.	Estudio de emisión de gases .....	83
6.2.	Estudio de contaminación visual .....	85
6.3.	Estudio de contaminación por ruido .....	85
6.4.	Estudio de evaluación de riesgo a instalación.....	91
	CONCLUSIONES .....	99
	RECOMENDACIONES.....	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	APÉNDICES.....	109

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama general .....	9
2.	Vías metabólicas de la fermentación en la fermentación anaeróbica ...	34
3.	Esquema del funcionamiento de motor de combustión interna de chispa.....	41
4.	Esquema de cogeneración por medio de un motor de combustión interna... ..	43
5.	Diagrama de elementos para instalación de sistema para la generación de electricidad en parque temático .....	45
6.	Área seleccionada del zoológico .....	49
7.	Datos técnicos del área seleccionada .....	50
8.	Especificaciones técnicas del digestor tipo chino .....	54
9.	Producción de biogás en función de la temperatura.....	64
10.	Pronóstico de temperatura para la ciudad de Guatemala.....	65

### TABLAS

I.	Clasificación de los desechos .....	27
II.	Compuesto típicos del biogás .....	29
III.	Inhibidores comunes en proceso fermentativo .....	36
IV.	Especificaciones técnicas de motor .....	51
V.	Condiciones para el cálculo del volumen del digestor .....	53
VI.	Especificaciones técnicas de alternador .....	57
VII.	Datos técnicos de trituradores .....	58
VIII.	Cálculos de producción de biogás .....	61

IX.	Valores de entrada de gas .....	62
X.	Balance de materia para el motor .....	62
XI.	Balance de energía para el motor .....	63
XII.	Costo de inversión para propuesta de reducción de consumo eléctrico en área de zoológico mediante combustibles orgánicos en parque temático.....	66
XIII.	Costo de personal para propuesta de reducción de consumo eléctrico en área de zoológico mediante combustible orgánico en parque temático .....	68
XIV.	Aspecto a considerar para mantenimiento en un motor eléctrico .....	70
XV.	Guía de mantenimiento para motores diesel.....	72
XVI.	Requisitos de flujo de aire .....	74
XVII.	Detalles de reengrase de los rodamientos .....	75
XVIII.	Programa de mantenimiento para sistema de generación eléctrica mediante el uso de biogás.....	78
XIX.	Especificaciones de medición de gas .....	83
XX.	Sonómetro integrador .....	87
XXI.	Análisis del sonido .....	89
XXII.	Niveles de exposición sonora .....	90
XXIII.	Determinación del nivel de deficiencia .....	92
XXIV.	Determinación del nivel de exposición .....	93
XXV.	Determinación del nivel de probabilidad.....	94
XXVI.	Significado de los diferente niveles de probabilidad .....	94
XXVII.	Determinación del nivel de consecuencia .....	95
XXVIII.	Significado del nivel de intervención .....	96
XXIX.	Determinación del nivel de riesgo y de intervención.....	96

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>SO<sub>4</sub></b>	Ácido sulfúrico
<b>Ca</b>	Calcio
<b>Cl/MJ</b>	Cloro/ Mega Joule
<b>NaCl</b>	Cloruro de sodio
<b>CN</b>	Cloroacetofenona
<b>Cu</b>	Cobre
<b>AC/DC</b>	Corriente alterna/corriente continua
<b>dBA</b>	Decibelios ponderados
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>Hz</b>	Hertz
<b>pH</b>	Potencial de hidrogeno
<b>kg/h</b>	Kilogramos por hora
<b>kPa</b>	Kilo pascales
<b>kJ/Nm<sup>3</sup></b>	Kilo joule por Newton metro cubico
<b>Mg</b>	Magnesio
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/h</b>	Metros cúbicos por hora
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>μs</b>	Microsegundo
<b>mg/l</b>	Miligramos por litro
<b>Pcm</b>	Modulación por impulsos codificados
<b>Nm</b>	Newton metro



<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo
<b>%</b>	Porcentaje
<b>K</b>	Potasio
<b>Na</b>	Sodio
<b>kW</b>	Kilovatio

## GLOSARIO

<b>Autárquico</b>	Autónomo.
<b>Alternador</b>	Máquina eléctrica capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna.
<b>Bioabono</b>	Residuo orgánico con propiedades fertilizantes.
<b>Biodigestor</b>	Digestor dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar.
<b>Biogás</b>	Combustible que se produce a partir de la fermentación de los desechos orgánicos.
<b>Biomasa</b>	Combustible producido por materia orgánica de origen animal o vegetal.
<b>Bujía</b>	Elemento que produce el encendido de la mezcla de combustible y aire en los cilindros, mediante una chispa.
<b>Cigüeñal</b>	Pieza que transforma el movimiento alternativo en circular uniforme de un motor.

<b>Cogeneración</b>	Producción secuencial de energía eléctrica y/o mecánica y de energía térmica aprovechable en los procesos industriales a partir de una misma fuente de energía primaria.
<b>Digestor</b>	Tanque de almacenamiento de líquidos combinados con desechos sólidos, tiene características herméticas con la finalidad de provocar una fermentación de los líquidos generando gas, a la vez los gases son almacenados en el tanque hermético.
<b>Gasómetro</b>	Instrumento que se utiliza para medir volumen de gas.
<b>Generador eléctrico</b>	Dispositivo capaz de mantener una diferencia potencial eléctrica entre dos de sus puntos llamados polos, borner o polor transformando la energía mecánica en eléctrica.
<b>IRTRA</b>	Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala.
<b>Microorganismo</b>	Cualquier organismo vivo demasiado pequeño observado a simple vista, como las bacterias, los virus, los protozoos, las algas unicelulares y numerosas especies de hongos.

<b>Octanaje</b>	Medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil.
<b>Reacción anaeróbica</b>	Proceso químico que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno.
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>VAN</b>	Valor Actual Neto



## RESUMEN

En estos últimos años el cuidado del medio ambiente se ha convertido en una necesidad para el ser humano, actualmente las industrias de distinta categorías se han preocupado por buscar y crear alternativas que sean amigables con el medio ambiente, considerando que toda actividad industrial genera residuos y/o emisiones sólidas, líquidas y gaseosas, y el mal manejo de estos son perjudiciales a la salud del ser humano y al medio ambiente. Esta tendencia permite integrar a los productos, procesos y servicios estrategias ambientales con el propósito de reducir el impacto ambiental.

La finalidad de la propuesta de este trabajo de graduación es utilizar una alternativa tecnológica que procese el residuo orgánico para cogenerar energía eléctrica, estableciendo una fuente alterna para el fluido eléctrico del parque, lográndose obtener una eficiencia energética, a la vez se busca la innovación dentro de la industria de parques de diversiones, incentivando a la competitividad y el desempeño ambiental.

El sistema consiste en digestores donde se producirá la reacción anaeróbica por el proceso de descomposición de los desechos orgánicos, generando biogás y bioabono.

El biogás se utilizará en un sistema motor/generador generando energía eléctrica, conectándose al sistema eléctrico del área de zoológico. Este tipo de sistema se ha utilizado únicamente en granjas porcinas y bobinas, utilizando solo el estiércol en los digestores, obteniéndose como resultado el 40% de utilización de energía eléctrica generada con esta alternativa.

Al aplicar este sistema en el área del zoológico se espera el mismo resultado en un principio, debido a que el área es pequeña al igual que su consumo eléctrico, se puede alcanzar la disminución del 40%. La inversión económica es de Q. 392 571,00 teniendo un Valor Actual Neto (VAN) de Q. 252 045,93 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 29%, lo que indica que la propuesta tiene beneficios y se puede aplicar a la ejecución de la misma. Colaborando a la innovación del parque tanto económica como ambiental.

Como un valor agregado, puede utilizarse el bioabono para fertilizar los jardines y áreas verdes del parque, y aun comerciar el bioabono si hubiera exceso.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Definir un sistema para la reducción de consumo eléctrico utilizando combustible orgánico para el área de zoológico del parque temático.

### **Específicos**

1. Proponer maquinaria la cual utilizara combustible orgánico.
2. Proponer área de instalación para la maquinaria a utilizar.
3. Establecer costos de instalación de equipo.
4. Proponer herramientas para el análisis de generación eléctrica.
5. Realizar análisis económico para viabilidad de la propuesta.





## INTRODUCCIÓN

La necesidad de cuidar el medio ambiente se vuelve cada día más importante debido a que, la disponibilidad de los recursos naturales se está reduciendo cada día. En la búsqueda del cuidado del medio ambiente surge, en la industria, el concepto de producción más limpia, este tipo de concepto es aplicado a todo proceso productivo, desde los más simples hasta los más complejos. Lo que busca la aplicación de una producción más limpia es aprovechar todos los recursos de la empresa de forma controlada, provocando que los procesos sean mejorados, teniendo mayor control en cuanto a desperdicios, insumos, emisiones de gases contaminantes, etc.

La propuesta de reducción del consumo eléctrico a través de combustibles orgánicos consiste en la utilización de gas producido dentro de un digestor, a la vez, el gas es trasladado por un sistema de conducción de tubería hacia un sistema motor/generador, el cual convierte de energía mecánica a energía eléctrica, la que podrá ser conectada al sistema eléctrico existente, utilizando este sistema se reducirá el consumo eléctrico de un área en específico.

La propuesta está siendo dirigida al área de zoológico de un parque temático IRTRA Petapa, con esto se busca que el parque tenga una alternativa para aprovechar el desecho orgánico generado por jardinería y área de zoológico; a la vez, la innovación de utilizar este tipo de alternativas para la cogeneración de electricidad, lo que permitirá aplicar el concepto de producción más limpia a la industria de parques de diversiones.



# **1. ANTECEDENTES**

## **1.1. Historia**

El IRTRA fue creado por decreto del Congreso de la República de Guatemala en 1960. Tiene el objetivo de brindar recreación mediante un servicio de excelencia a la comunidad, especialmente a los trabajadores de la empresa privada y sus familias, así como contribuir al turismo interno y extranjero.

Hasta finales de la década de los años 50, en Guatemala no se contaba con lugares especializados y adecuados para la recreación organizada de los trabajadores y sus familias.

En 1960 surgió la idea entre algunos empresarios de Guatemala, de crear una institución para llenar ese vacío en la recreación, dedicada especialmente a los colaboradores de la empresa privada y brindarles la oportunidad de utilizar de forma positiva su tiempo de descanso laboral, para compartirlo con su familia.

Fue así como los empresarios presentaron al gobierno central, de forma voluntaria, la propuesta para formar un comité que estudiara, presentara y promoviera una ley que le diera vida a una institución que brindara al trabajador recreación sana en lugares idóneos.

De esta manera se integró el primer comité de trabajo, el 27 de junio de 1960 que tuvo representación de prominentes empresarios y fue denominado Comité de Recreación para los Trabajadores.

El segundo comité formado en agosto de 1960, ya tenía personería jurídica, de la misma manera integrada por otro grupo de empresarios y fue llamado Comité Pro Recreación de los Trabajadores.

El tercer comité que contaba con un grupo distinto de empresarios tomó posesión en mayo de 1961 y se denominó Comité Pro-Creación y Financiamiento de Centros de Recreación de los Trabajadores de la Industria y el Comercio. En abril de 1962 tomó posesión el comité que elaboró el proyecto de ley que posteriormente le dio vida al IRTRA.

El 1 de julio de 1962, entró en vigencia el decreto No. 1528 del Congreso de la República que contiene la Ley de Creación del Instituto de Recreación de los Trabajadores de Guatemala.

Desde ese entonces, el IRTRA se ha desempeñado como una entidad autónoma de derecho público, con personería jurídica cuyo régimen económico se sustenta exclusivamente con los aportes realizados por los patronos de la empresa privada. En el inicio, el aporte de los patronos representaba el valor de un día de salario ordinario por cada trabajador, lo que equivalía al tres por millar.

Posteriormente, de nuevo los empresarios de forma voluntaria, presentaron la propuesta de modificar el decreto 1528, para ampliar sus aportes al 1% mensual sobre sueldos y salarios ordinarios y extraordinarios pagados a sus trabajadores.

También cambió su nombre a Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala. Las reformas a la ley anterior se encuentran contenidas en el decreto 43-92 del Organismo Legislativo que entró en vigor el 1 de agosto de 1992.

## **1.2. Filosofía**

La misión, visión, reconocimiento y cultura de la institución, son documentos que la institución ha proporcionado para la descripción de los aspectos antes mencionados.

### **1.2.1. Misión**

“Brindar un servicio de excelencia a la comunidad, especialmente a los trabajadores de la empresa privada y sus familias, así como contribuir con el turismo local y extranjero que así lo requiera, siendo fieles a nuestras bases de proyectar sana diversión y esparcimiento a las personas.

Para ello proporcionamos recreación, diversión y hospedaje en lugares que ofrecen comodidad, seguridad, eficiencia, limpieza y magia en condiciones adecuadas.

Brindamos al trabajador y al visitante las mejores instalaciones, a los mejores niveles de servicio y adquisitivos, para que estas actividades contribuyan con los patrocinadores del IRTRA a su sostenimiento.

Nuestra misión incluye crear parques recreativos y vacacionales que se diseñen con los métodos más avanzados y que sean operados por el personal más competente, amable y con alto espíritu de servicio.

Así como cooperar con la educación en materia de comportamiento social, lo que permite que nuestros huéspedes o visitantes obtengan esparcimiento y solaz de óptima calidad.

Como institución amante de nuestro país y sus riquezas nos preocupamos por nuestros entornos, contribuyendo a preservar la ecología de los lugares donde desarrollamos nuestra misión.”

### **1.2.2. Visión**

“En IRTRA nos vemos a futuro como una entidad rectora, a nivel nacional e internacional, en materia de recreación para el sector trabajador.

Nuestra visión es la de crear parques y jardines de atracciones y diversiones con la mejor tecnología disponible, la cual genere las mejores instalaciones para servicio y disfrute de nuestros usuarios.

Nuestro servicio hacia la comunidad se materializa en las grandes obras que proyectamos y realizamos.

Visualizamos a nuestros colaboradores como los protagonistas en cada centro, en cada parque, en cada jardín.

Ellos recibirán continuamente una formación esmerada para desarrollar sólidos valores de servicio, para perfeccionamiento de su vida profesional y de su calidad de vida integral.”

### 1.2.3. Reconocimientos

Los reconocimientos que ha obtenido la institución son los siguientes:

- Xetulul: el premio más prestigioso a nivel mundial en la industria de Parques de Diversiones: El Aplause Award, noviembre de 2008.
- Xocomil: fue galardonado en 1998 por la Junta Directiva de la World Water Park Association como el mejor Parque Acuático del mundo en la categoría de innovación.
- A Xocomil le fue concedido el Golden Ticket como Parque del Año por la revista Amusement Today, septiembre de 2008.
- A IRTRA, la orden del Quetzal en el grado de Gran Cruz, la más alta condecoración que otorga el gobierno de Guatemala, julio de 2008.
- A IRTRA, el galardón a la Productividad y Competitividad por INTECAP, diciembre de 2004.
- A IRTRA, Gran Mérito Civil otorgado por las organizaciones de la empresa privada de Guatemala CACIF, en 2002.
- El Club Rotario Guatemala Oeste le entregó un reconocimiento como Entidad Privada Ejemplar en 1999.
- El Premio EFFIE otorgado a IRTRA, por AMA (American Marketing Association) a Xetulul a la eficacia en *marketing* y publicidad, agosto de 2007.



- A IRTRA, Arroba de Oro Guatemala, otorgado por Prensa Libre, al mejor sitio web en la categoría de Hoteles, Restaurantes y Turismo, julio de 2006.
- A IRTRA, Arroba de Oro Guatemala otorgado por Prensa Libre, al mejor sitio web en la categoría de Entretenimiento, julio de 2006.

#### **1.2.4. Cultura**

El IRTRA participa en una industria totalmente nueva en Guatemala. Desarrolla a su propio personal para la operación de los parques, capacita en empleos de parques de diversiones y turismo a personal que antes tenía como actividad principal la agricultura y con orgullo el diseño, creatividad y construcción realizado solamente por guatemaltecos. A continuación Breve resumen de la cultura IRTRA.

La cultura IRTRA es el resultado de las normas, costumbres y valores que se desarrollaron a través del tiempo y son compartidos y puestos en práctica por el personal. Son el sello que identifica a la organización.

En los que destacan: la hospitalidad, la honradez e integridad en el manejo de los recursos y en las relaciones interpersonales.

- El respeto y la solidaridad.
- La innovación (entendida como apertura a nuevas, creativas y diversas ideas).
- La higiene y seguridad.

- El valor superior de las normas de calidad en seguridad, cortesía, actuación y eficiencia en instalaciones y servicios.
- La convicción de que la recreación y el comportamiento familiar son factores de una superior calidad de vida.

Los puntos críticos para el mantenimiento de esta cultura de la hospitalidad son:

- Conocer sobre seguridad: las personas deben estar seguras en el IRTRA, tanto en las instalaciones, como en juegos y caminatas.
- La limpieza: la higiene no solo es salud y estética, es cortesía pura.
- Sonreír: es la llave que abre puertas de amistad y da valor humano a los visitantes.
- Conocer las respuestas: aunque no sean de su área de responsabilidad: todo colaborador debe ser un amable orientador y un guía para el huésped.
- Presentarse y saludar: el huésped confía más en las personas que le dicen quiénes son y se presentan amigablemente.
- Preguntar: permite conocer opciones y preferencias de los clientes.
- Anticiparse a los deseos de los huéspedes: estar listos para dar un servicio adicional, sin que lo pidan. Esto no es impertinencia, sino genuino interés por ellos.

Por esta razón se ha diseñado el programa de cultura IRTRA, así como programas puntuales de capacitación, para los distintos puestos de trabajo que existen en el Instituto a todo nivel.

El objetivo es que el huésped quede satisfecho y haya vivido una experiencia inolvidable.

La meta es brindar diversión, recreación, hospitalidad y esparcimiento de óptima calidad para los visitantes.

Se genera valor agregado por medio de brindar todo aquel servicio adicional y que promueva dejar al cliente agradablemente sorprendido.

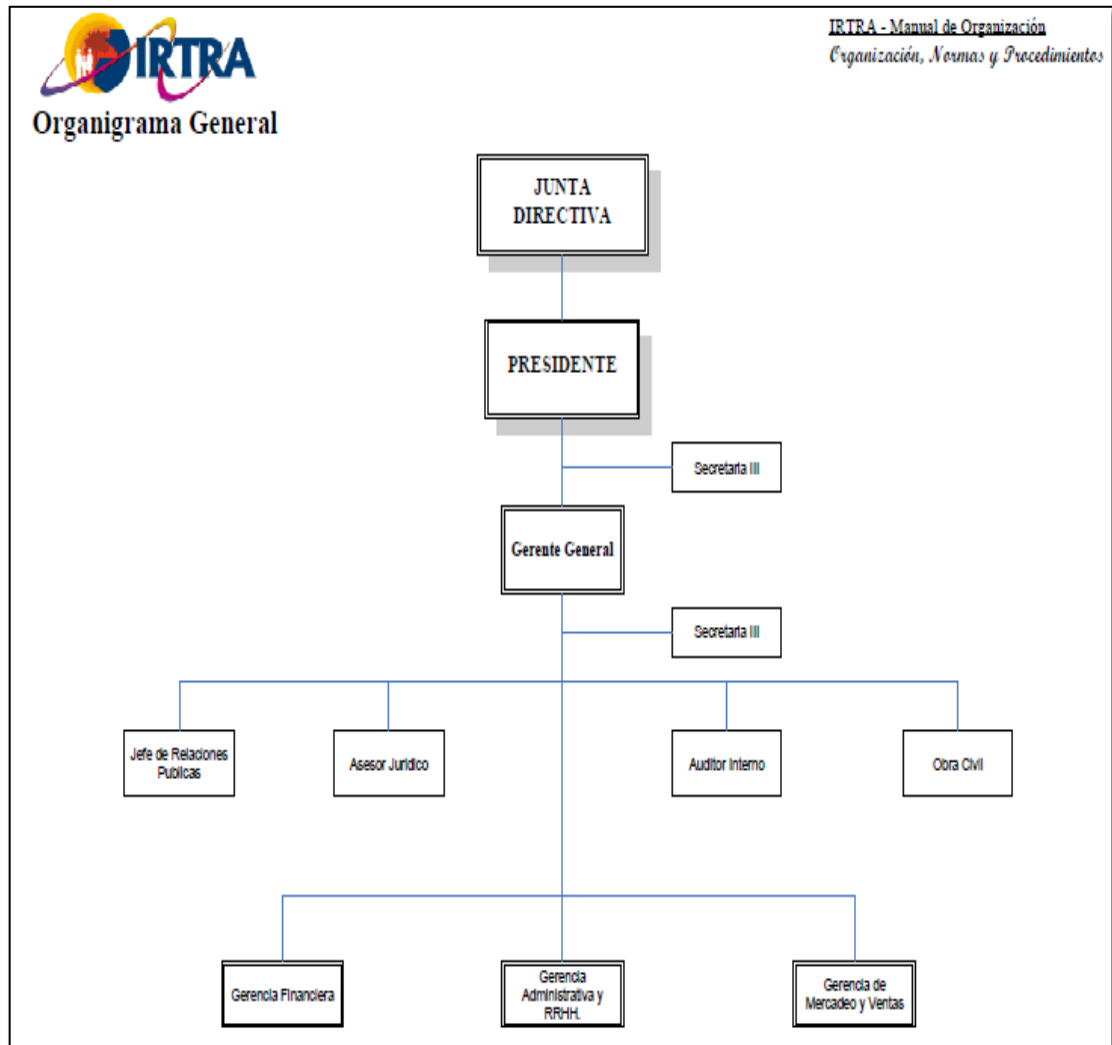
Se tiene el programa de fidelización que consiste en mantener la lealtad del cliente a través de mantener los niveles de servicio por arriba del 95% de satisfacción.

Funciona a través de variables de medición que son relevantes para el cliente y que están contenidos en la cultura IRTRA, y la medición se hace por medio de encuestas cara a cara al visitante.

### **1.2.5. Organigrama**

Según la ley de acceso a la información pública el organigrama de la institución es el siguiente:

Figura 1. Organigrama general



Fuente: IRTRA, 2012.

### 1.3. Áreas del parque

La descripción de cada área del parque fue obtenida de documentación proporcionada por la institución, la descripción es la siguiente:

### **1.3.1. Área de zoológico**

El zoológico cuenta con 23 especies de mamíferos, 11 especies de reptiles y 90 especies de aves. El Aviario QúiTzi' quién es la jaula más grande de Centroamérica con más de 600 m<sup>2</sup> de construcción con capacidad para 400 aves.

Durante el recorrido del zoológico se pueden encontrar kioscos en los cuales se pueden ingerir licuados o alimentos. Además de la recreación, en la jungla se cumple con los principales objetivos de un zoológico, como la reproducción, la conservación, la investigación y la educación.

Se ha logrado con éxito la reproducción de especies en peligro de extinción, tal es el caso de los jaguares de los que se tienen 6 ejemplares de segunda generación nacidos en cautiverio.

Otras especies reproducidas con éxito son los monos saraguates, monos arañas, venados cola blanca, tepescuincles, tortugas e iguanas; algunas especies de aves como garzas, guacamayas rojas, verdes y azul-amarillo, cotuzas, y pavos reales.

### **1.3.2. Plaza de las Estrellas**

En esta área se encuentra el teatro, el cual es un domo equipado con iluminación, sonido; con capacidad de 1,600 butacas, cuya finalidad es que el usuario disfrute de espectáculos relacionados con la música y teatro. Además, en esta área se incluye oficina de relaciones públicas, eventos y servicios generales tales como: alquiler de carruajes para niños y adultos, casilleros y tienda de suvenires.

### **1.3.3. Plaza Arcoíris**

La imagen principal de esta área es el castillo, el concepto de esta área es transportar al usuario a un entorno de cuentos de hadas.

El área consta de juegos de arcada y 14 juegos electromecánicos, de los cuales 6 juegos se están innovando dentro del parque, su innovación brinda al padre de familia la oportunidad compartir con su hijo o familiar. Además, esta área proporciona lugar para reuniones de trabajo, seminarios o piñatas.

### **1.3.4. Plaza Alegría**

El área tiene de nueve juegos electromecánicos; su atractivo es el Rascacielos, es el juego mecánico más alto ya que es una torre de 53 metros. Además, el área consta también de cuatro juegos adicionales al antes mencionado.

También, se encuentra la Plaza Divertida, su concepto es la música ya que su fachada es una rock ola, teniendo una capacidad de 3000 personas el objetivo de esta área es realizar todo tipo de espectáculos musicales, formándolo también, los restaurantes La Refa y El Pajonal, donde se encuentra toda variedad de comida.

### **1.3.5. Valle de los Dinos**

El área es un parque jurásico, formada por reproducciones de dinosaurios a escala natural y juegos psicomotrices para niños. Además, se pueden encontrar áreas verdes, área para piñatas y área para *pic nic*.

### **1.3.6. Área social y de piscinas**

Consta de dos piscinas, una olímpica con capacidad de 564 adultos y una de niños con capacidad de 572 niños, cuenta con vestidores para damas y caballeros. Posee una pista de baile del área social y área de comida en la cafetería Norte y Sur.

## **1.4. Energías alternativas**

Las energías alternativas o renovables son llamadas así porque son fuentes de energía inagotables. Al hacer uso este tipo de energía no se daña el medio ambiente, ya que su impacto es mínimo. Su concepto es el aprovechamiento de la energía producida por medios o procesos naturales, no destructivos.

### **1.4.1. Clasificación**

- Energía eólica: es la energía cinética o de movimiento que contiene el viento, es captada por medio de aerogeneradores o molinos de viento. Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima de 12 km/h, y que no supere los 65 km/h.
- Energía hidráulica: consiste en la captación de la energía potencial del agua, y que se obtiene en centrales hidroeléctricas.
- Energía oceánica o mareomotriz: se obtiene de las mareas y también a través de la energía de las olas. Aprovechando la fuerza del mar se puede producir energía eléctrica.

- Energía solar: recolectada de forma directa a alta temperatura en centrales solares, o a baja temperatura mediante paneles térmicos domésticos.
- Energía geotérmica: es la obtenida por el aprovechamiento del calor del subsuelo.
- Energía por biomasa: es una fuente de energía procedente del procesamiento de materia orgánica renovable de origen vegetal.
- Cogeneración: es la producción de 2 o más fuentes de energía a partir de una sola fuente de combustible.

#### **1.4.2. Energía no renovable**

Son todas aquellas fuentes energéticas que existen en una cantidad limitada, una vez empleada no puede ser sustituida, ya que no existe sistema de producción para las mismas. Las fuentes de energía no renovable son:

- Petróleo
- Carbón
- Gas natural
- Nuclear



## **1.5. Combustible orgánico**

Los conceptos en relación al combustible se han ampliado, por la búsqueda de nuevas alternativas energéticas que son necesarias para nuestro tiempo. La definición de combustible material que libera energía y que en sus diferentes procesos cambia de una energía química transformándose a una energía mecánica o térmica.

Cuando se refiere a combustibles orgánicos, se dice que son aquellos que tienen su origen biológico obteniendo su materia prima de los restos orgánicos.

Estos combustibles son conocidos también como biocombustibles porque su producción parte de material orgánico, su origen surge de la necesidad del ser humano del controlar la contaminación producida por los combustibles provenientes del petróleo, y del alto costo del mismo.

Con el uso de este tipo de combustible se busca reducir la cantidad de CO<sub>2</sub> que se emite a la atmosfera, la economía del usuario y el constante abastecimiento del mismo. Sin embargo, existen diversidad de opiniones ante este tipo de combustibles, porque aunque resulte más económico, menos contaminante y su abastecimiento sea constante, la dificultad se encuentra en la producción de materia prima, entre la que se pueden mencionar: la caña, trigo, maíz o semillas oleaginosas.

Dicha materia prima necesita grandes cantidades de terrenos para poder ser producidas, para llevar a cabo este tipo de cultivo es necesario eliminar zonas boscosas las cuales contribuyen a la destrucción del medio ambiente colaborando a la vez al efecto invernadero de nuestra tierra.

Los combustibles orgánicos o biocombustibles se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Biodiesel: combustible producido a partir del maíz, caña de azúcar o remolacha y su producto es el alcohol.
- Biomasa: combustible producido por materia orgánica de origen animal o vegetal.
- Biogás: combustible que se produce a partir de la fermentación de los desechos orgánicos.

#### **1.5.1. El uso de biogás para producción eléctrica**

Como ya se mencionó con anterioridad, el biogás proviene de la fermentación de los desechos orgánicos, este tipo de combustible puede ser utilizado en motores diesel y gasolina los cuales al ser conectados a un generador producen energía eléctrica.

En un motor diesel se puede reemplazar en un 80% del combustible convencional, debido a que el ciclo de combustión es a base de aire; sin embargo, su dificultad en el remplazo de la totalidad del combustible se encuentra en la baja capacidad de ignición del biogás, además que este tipo de motor carece de bujía para la combustión del combustible. En tanto que un motor otto o de gasolina es distinto el ciclo de combustión porque el mismo necesita una mezcla entre el combustible, aire y una bujía de combustión para que se genere la explosión.

Con el biogás se puede sustituir el combustible en su totalidad, porque el motor contiene un sistema de ignición el cual estimularía a la mezcla de biogás como combustible y el aire a la explosión generando la suficiente fuerza al motor para su funcionamiento. Sin embargo, la sustitución del combustible dependerá de la calidad del biogás, las condiciones en que se encuentre el motor y el uso del motor.

### **1.6. Energías renovables en Guatemala**

En Guatemala se cuenta con fuentes de energía renovables las cuales se están aprovechando, obteniéndose resultados favorables, como en los siguientes proyectos:

- Plantaciones de *Jatropha Curcas* para biocombustibles.
- Agroindustrias la Laguna, uso directo de la geotermia en alimentos.
- Torre para la medición eólica en Alotenango, Sacatepequez, Guatemala.
- Proyecto en biomasa (Ingenio San Diego, S.A., Ingenio Magdalena, Central Agroindustrial Guatemalteca).
- Proyectos biocombustibles (Helios, empresa dedicada a la producción de aceite combustible y biodiesel).
- Proyectos hidroeléctricos (Hidrocanadá, Hidroeléctrica Candelaria, Hidro Xacbal, etc.).
- Proyecto geotérmico Ortitlán.

- Proyecto de sistemas fotovoltaicos de 112 sistemas.

Según datos obtenidos del Ministerio de Energía y Minas, Guatemala cuenta con mayor capacidad en cuanto al aprovechamiento de las fuentes de energía renovables enfocado al potencial eléctrico, descrito de la siguiente forma:

- Un potencial de 5 000 MW en energía hidroeléctrica y de 1 000 MW energía geotérmica, de los cuales sólo se utilizan el 14% (705 MW) y el 4% (40 MW), respectivamente.
- El potencial teórico de energía eólica para la generación de electricidad es de aproximadamente 7 800 MW, tomando de base las clases de viento de 3 a 7.

La energía solar en Guatemala su valor anual de radiación global solar para todo el país, en promedio es de 5,3 kWh/m<sup>2</sup>/día.



## **2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Compromiso con la población**

El compromiso que tiene el IRTRA como institución, es el de servir a Guatemala en su desarrollo, dedicada a proveer esparcimiento y recreación a todo el pueblo guatemalteco, incluyendo así al turista que visite la región guatemalteca.

El servicio que ofrece el IRTRA Petapa a la ciudadanía capitalina es la experiencia de un ambiente placentero y tranquilo. El compromiso del parque es reflejado en el cuidado de las instalaciones y en el servicio que la institución le proporciona a su clientela, haciéndose notar el esfuerzo de la institución en las capacitaciones que la misma le proporciona a todos sus colaboradores, producto de este esfuerzo es que el servicio sea placentero al usuario, a la vez, las instalaciones tienen un cuidado minucioso, que va desde la limpieza del parque hasta la maquinaria la cual debe estar en perfecto funcionamiento, ofreciendo al usuario un ambiente limpio y seguro.

A la vez, el compromiso de la institución también se refleja en el esfuerzo que hace por la innovación de nuevas instalaciones, por ejemplo: un área nueva la cual se encuentra en construcción y la renovación del teatro, con esta ampliación generará más empleos, nuevos servicios para la clientela e innovación en su estructura física.

En cuanto al medio ambiente, la institución está realizando esfuerzos para generar proyectos enfocados al cuidado del medio ambiente, la institución ha puesto en marcha proyectos relacionados con el tratamiento y aprovechamiento de basura orgánica e inorgánica, pudiéndose obtener excelentes resultados.

### **2.1.1. Políticas**

La institución tiene en cuenta que parte de la competitividad es el cuidado del medio ambiente; por consiguiente, las políticas dirigidas al medio ambiente se encuentran en pleno desarrollo dentro de la institución, esto debido a que están surgiendo nuevos proyectos en cada una de las sedes.

## **2.2. Proyectos para la producción más limpia**

Cuando se habla de proyectos enfocados hacia la producción más limpia nos referimos a aquellos proyectos que buscan el aprovechamiento de los insumos de una empresa.

Como institución tiene contemplado la generación de proyectos enfocados al aprovechamiento de insumos y cuidado del medio ambiente, se tienen proyectos dirigidos al tratamiento de basura orgánica e inorgánica; sin embargo, este proyecto es llevado a cabo en uno de los parques, ya que no en todas las sedes de la institución cuenta con condiciones similares, refiriéndose así a las instalaciones y la cantidad generada de desecho orgánico e inorgánico.

Como institución el mantenimiento que se le proporciona a la maquinaria (refiriéndonos a los juegos mecánicos) es de tipo preventivo teniendo como resultado bajo consumo de energía eléctrica, aceites y repuestos.

En la industria de los parques de diversiones, el IRTRA es de las instituciones que están tomando auge en proyectos referentes a la producción más limpia, siendo parte de una innovación el involucrar el cuidado al medio ambiente notándose a la vez la rentabilidad de los proyectos ejecutados. El concepto de producción más limpia en el país está tomando campo dentro de la industria guatemalteca; sin embargo, aún se encuentra en la etapa de desarrollo este tipo de sistema.

### **2.3. Consumo eléctrico**

El parque IRTRA Petapa, su régimen eléctrico es el de mercado mayorista. De las variantes que pueden hacerse notar en el consumo eléctrico del parque es cuando surgen cambios en el horario del parque, sobre todo en el cierre del parque, esto debido temporadas altas, bajas y días festivos.

Además, la utilización de juegos mecánicos es variante, porque los días de más afluencia son los fines de semana y entre semana la utilización de los mismos es mucho menor.

La energía eléctrica es parte fundamental del parque porque es un insumo directo para el mismo, haciendo la debida referencia a la maquinaria utilizada dentro del parque, ya que el buen funcionamiento de los juegos mecánicos depende del mantenimiento.

Sin embargo, existen áreas indispensables para los distintos trabajos efectuados para el mantenimiento como se puede mencionar el área de herrería y mecánica, las cuales podrían generar un alto consumo eléctrico.



El control de la energía eléctrica es llevado a cabo en forma estricta en los juegos mecánicos, debido a que es parte del mantenimiento de la maquinaria, las mismas utilizan tecnologías que permiten llevar el control del consumo.

A la vez, proporcionan indicadores del buen funcionamiento de la maquinaria. También parte del control de consumo eléctrico es la contabilización de luminarias instaladas por área, horario de utilización, el buen estado de instalaciones y el funcionamiento de las mismas.

El parque está dividido en las siguientes áreas: plaza de las estrellas, plaza arcoíris, plaza alegría, valle de los dinos, área social y piscinas, zoológico la jungla. Siendo los de mayor consumo donde se tienen los juegos mecánicos, que son las áreas de plaza arcoíris y plaza de la alegría.

Para esta propuesta se ha elegido el área de zoológico, porque la cantidad de luminarias es menor que todas las demás áreas considerando también que el consumo eléctrico es menor.

#### **2.4. Producción de desechos orgánicos**

Para poder comprender qué es un desecho orgánico debemos de definir los mismos como aquellos desechos de origen biológico, quiere decir que son aquellos desechos naturales de origen vegetal o animal que el ser humano consume, como por ejemplo: desechos de frutas, semillas, hojas, madera etc... Según datos obtenidos de un estudio realizado dentro de las instalaciones del IRTRA Petapa sobre la cantidad de basura generada por el parque, dio como resultado un promedio de 2 092,13 Lb. diarias; sin embargo, esto varía según la temporada en la que se encuentre el parque. Del dato anterior debemos mencionar que el 62,61% es desecho orgánico.

La institución ha ejecutado proyectos en los cuales se le proporciona tratamiento al desecho orgánico obteniendo beneficios para la institución y para el medio ambiente.

La sede de la institución ubicada sobre la avenida Petapa, se encuentra en la etapa de desarrollo de proyectos dirigidos al aprovechamiento del desecho orgánico, mientras tanto este tipo de desecho es recogido por el sistema municipal de recolección de desechos sólidos.

## **2.5. Utilización de desechos inorgánicos**

Los desechos inorgánicos se pueden definir como aquellos productos elaborados por el hombre, como por ejemplo: bolsas plásticas, duroport, cartón, papel, envases, latas, etc... Como se mencionó con anterioridad, el estudio realizado sobre la generación de desechos en sede Petapa, dio como resultado un 37,39% de basura inorgánica. Sin embargo, del porcentaje antes mencionado se debe mencionar que es clasificado un 13,98% en plástico, un 7,74% en aluminio y un 15,67% de desecho no clasificado. Este último porcentaje es recolectado por el sistema municipal de recolección de desechos sólidos; aun así, la institución se encuentra en una etapa de desarrollo de proyectos, los cuales permitirán clasificar este tipo de desechos con mayor eficiencia.

## **2.6. Proyectos implementados hacia el ahorro de energía eléctrica**

En cuanto a proyectos que relacionan la minimización del consumo energético se pueden mencionar el cambio de la iluminación de juegos mecánicos.

Este proyecto consistió en hacer el cambio de luminarias convencionales hacia la iluminación a base de leds, la dificultad que tiene este proyecto es que su costo es demasiado elevado y no en todos los juegos mecánicos se ha implementado. Además se cambió la iluminación de kioscos y restaurantes de luz amarilla a luz blanca.

Los últimos juegos mecánicos que el parque ha adquirido, los cuales se encuentran en el área de plaza alegría, son de bajo consumo energético, esto es posible por los nuevos sistemas eléctricos y controles en mantenimiento que se le proporciona la maquinaria.

### **3. PROPUESTA**

#### **3.1. Manejo del desecho orgánico**

Como se mencionó con anterioridad el desecho orgánico es de origen biológico, por lo tanto, debemos de saber diferenciar de aquel desecho que aún es útil o no, esto debido a que este tipo de propuesta requiere de desecho orgánico húmedo y no de aquel desecho orgánico que sea de baja humedad, como se pueden mencionar la hojarasca, ramas secas, pino seco, etc. La razón de selección de desecho orgánico es porque se creará una mezcla con características líquidas, las cuales dependerán de la descomposición del desecho orgánico para así poder generar bacterias, las cuales ayudarán a generar gas, el cual podrá ser usado como combustible orgánico.

Además, la buena mezcla de desecho orgánico ayudará a tener una reacción anaeróbica efectiva produciendo constantemente microorganismos responsables de la descomposición, a la vez, permitirá que la mezcla mantenga un pH con características neutras, permitiendo la producción de gases y compost de calidad.

##### **3.1.1. Clasificación de los desechos**

Como se mencionó con anterioridad, es necesario poner la debida atención a cada uno de los desechos orgánicos, ya que cada uno de los desechos tiene distinto pH. Para poder comprender la importancia pH para este proyecto se definirán ácido y alcalino como:

“Ácido es una sustancia que suelta hidrogeno en una solución química y, alcalino es una sustancia que remueve el hidrogeno de una solución química”<sup>1</sup>

El significado de pH es hidrógeno potencial, ayuda para medir el nivel de acidez y alcalinidad de los desechos que se ingrese en el sistema de digestores, la escala de medición es de 1 a 14 siendo el nivel 7 la medición neutra, el nivel 1 la medición más ácida y el nivel 14 la medición más alcalina.

La medición del pH, es necesaria porque la mezcla de sustancia contenida en el digestor y dependiendo del resultado del pH se tendrá que agregar desechos de tipo ácido o alcalino, porque para el buen funcionamiento del digestor es el tener un pH lo más neutro posible.

Si se menciona la clasificación de desechos es porque necesariamente se tendrá que tener en cuenta cuales desechos son alcalinos y cuales ácidos, esto con la finalidad de mantener una mezcla de sustancia lo más cercano a un pH con características neutras, ya que de los productos que se obtienen de un digestor es el gas metano y mezcla líquida utilizada para compost, en este último, para su buena utilización debe ser un compost con características neutras.

Para este proyecto se define la siguiente clasificación:

---

<sup>1</sup> REARDON, Joseph W. *Ph Y Los Alimentos*. División de alimentos y medicinas del departamento de agricultura de Carolina del Norte, 2010. p. 3

Tabla I. **Clasificación de los desechos**

<b>DESECHOS ÁCIDOS</b>	<b>DESECHOS ALCALINOS</b>
1. Hojas secas de los pinos	1. Césped
2. Naranjas	2. Restos de jardín
3. Limones	3. Zanahorias
4. Mandarinas	4. Banano
5. Pescado	5. Papaya
6. Carne de res	6. Mango
7. Pollo	7. Manzanas
8. Maíz	8. Sandía
9. Arroz blanco	9. Tomate
10. Papas (sin piel)	10. Jugo frescos de frutas

Fuente: elaboración propia.

La tabla I menciona aquellos desechos que son recolectados por el área de jardines, restaurantes, caminatas y el zoológico. Según lo observado dentro del parque, la mayor cantidad de basura orgánica es manejada por jardinería, siendo la hoja de pino la que predomina en los desechos de jardinería.

Como se ha mencionado con anterioridad, lo importante en un sistema de biodigestión es un pH tipo neutro en la mezcla de desechos, todos los elementos mencionados en la tabla I pueden ser combinados; sin embargo, se debe tomar un control constante en cuanto al pH, ya que si se le combina la hoja de pino en su totalidad aportaría acidificantes a nuestra mezcla y se perdería a todos los microorganismos responsables de la descomposición de los desechos y generación de gases.

### **3.1.2. Recolección de los desechos**

De los aspectos importantes en este tipo de propuesta, es la recolección de los desechos orgánicos, el parque tiene contemplado la clasificación de desechos tales como el plástico y el aluminio; sin embargo, con esta propuesta se estaría tomando en cuenta los desechos orgánicos, aumentando así la labor del área de clasificado de desechos y proporcionando un buen uso a este tipo de desecho.

Para la recolección de desechos orgánicos será necesario tener en cuenta la programación de limpieza y los responsables de cada área, esto con la finalidad que cada área aporte orden al momento de depositar el desecho orgánico en el área de clasificado y así facilitar la clasificación del mismo. A la vez, permitirá la evacuación del desecho no utilizable de manera pronta y ordenada.

Para que la recolección sea efectiva y apropiada para depositar los desechos en nuestro sistema de digestores debemos de mencionar lo siguiente:

- Los desechos provenientes del área de zoológico no deberán tener tierra combinada, a la vez todo tipo de hueso deberá ser triturado.
- Los desechos provenientes de los alrededores del parque y restaurantes no deberán ser combinadas con envoltorios o empaques.
- Los desechos provenientes de la jardinería deberán previamente triturarlos en caso de ramas y hojas. Además, se deberá evitar la combinación de lodos o tierra.

- El exceso de hoja de pino deberá ser utilizado a discreción del encargado en alimentar los digestores.

### 3.2. Clasificación de los gases

El combustible orgánico es generado por la basura ingresada a un digestor donde ocurre la reacción química, como producto de esta reacción se generan distintos tipos de gases, esta mezcla de gases es llamada biogás. Para está propuesta el biogás es el que será utilizado como combustible; sin embargo, de esta mezcla de gases se debe de tener en cuenta cuáles son perjudiciales y cuáles no, por está razón es necesario llevar el control de acidez y alcalinidad de la mezcla contenida en el digestor porque del pH dependerá la generación de microorganismos responsables de la producción del gas.

La composición del biogás es la siguiente:

Tabla II. **Compuesto típicos del biogás**

<b>COMPONENTE</b>	<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>PORCENTAJE APROXIMADO (%)</b>
Metano	CH <sub>4</sub>	45 a 60
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	40 a 60
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	2 a 5
Oxígeno	O <sub>2</sub>	0,1 a 1,0
Sulfuro de hidrógeno	H <sub>2</sub> S	0 a 1,0
Amoníaco	NH <sub>3</sub>	0,1 a 1,0
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0 a 0,2



Continuación de la tabla II.

Monóxido de carbono	CO	0 a 0,2
Constituyentes en cantidades traza		0,01 a 0,6

Fuente: PÉREZ ROSALES, Mario Fernando. *Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos*. p. 39.

De los compuestos antes mencionados en la tabla II. Se puede decir que los componentes principales del biogás son: el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los cuales son utilizados como combustibles.

El nitrógeno y oxígeno se deben a filtraciones de aire exterior, la presencia de estos dos últimos resulta tóxico para las bacterias responsables de la fermentación anaerobia, además, la presencia de estos gases en el sistema de generación de biogás proporcionan al mismo características explosivas en altas concentraciones comprendidas entre 8 y 20% del volumen total.

El sistema de producción del biogás está expuesto a gases contaminantes los cuales pueden generar problemas en todo el sistema siendo un combustible de mala calidad, entre los gases contaminantes están: el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), compuestos de azufre como el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), fluoruro de hidrógeno ( $\text{HF}$ ) y cloruro de hidrógeno ( $\text{HCl}$ ), estos dos últimos son ácidos.

El saber la composición del biogás permite establecer un plan de mantenimiento a todo el equipo y el debido control de la mezcla, ya que esta propuesta tiene la finalidad de utilizar el gas como combustible dentro de un motor de combustión interna, se debe mencionar las recomendaciones siguientes:

- El contenido máximo de amoníaco en el combustible es de 1,5 mg/MJ
- EL sulfuro de hidrógeno el máximo de contenido es de 70 mg/MJ
- La cantidad máxima de haluros es de 3,5 mg Cl/MJ
- En cuanto al oxígeno será un máximo de 2% del volumen de mezcla
- El hidrógeno tendrá un máximo de del 12% del volumen de mezcla

Estás recomendaciones llegan a ser variables porque dependerá del tipo mezcla que tendrían los digestores. De los problemas que pueden notar por la presencia de estos gases en cantidades excesivas son las siguientes:

- El sulfuro de hidrógeno provoca corrosión y en presencia de agua ( $H_2O$ ) se llega a formar ácido sulfúrico, a la vez, este tipo de gas llega a ser tóxico.
- Al tener amoníaco en altas concentraciones indica que existe oxígeno en la mezcla, indicando que el proceso de producción de gas no ha sido eficiente.
- La presencia de hidrógeno indica el mal proceso de fermentación de la mezcla contenida en el digestor

Toda esta información es necesaria para verificar la calidad de combustible que se está generando, además, de los gases que más importa que se mantenga con concentración alta es el dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

Porque este gas proporcionará información referente al gas metano tal como, si cumple el octanaje necesario para poder ser utilizado en un motor de combustión interna y la eficiencia del proceso en los digestores.

### **3.2.1. Reacción anaeróbica**

Podemos definir la reacción anaeróbica como la serie de reacciones responsables del proceso biológico encargado de la de la degradación de la materia orgánica.

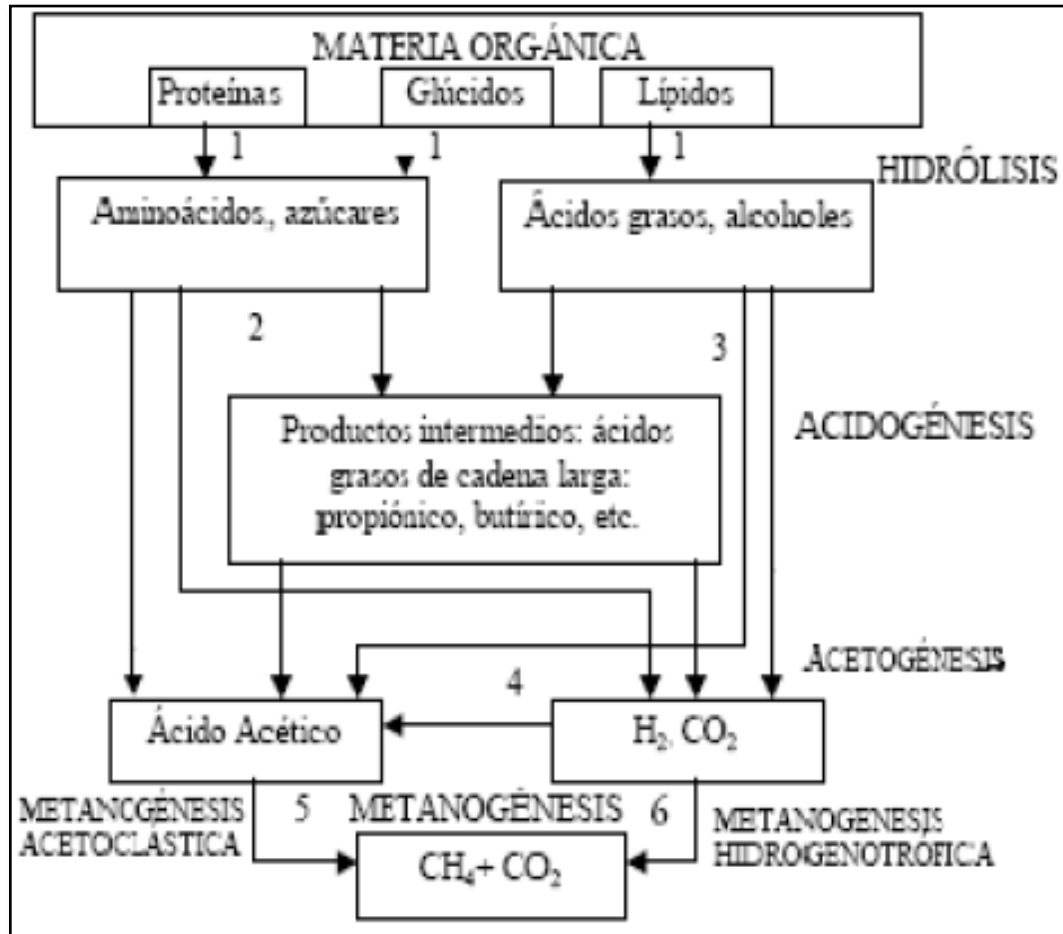
Los temas que se han venido desarrollando en el transcurso de este capítulo están ligados a ese punto, porque este proceso es el que genera una mezcla de gases de los cuales sobresalen el metano y el dióxido de carbono.

En este caso nos estamos refiriendo a este proceso como reacción, sin embargo mucha de la literatura y artículos se refieren al proceso como digestión o fermentación, básicamente nos estamos refiriendo al proceso que se realiza en ausencia de oxígeno dentro de un digestor produciendo gas, el proceso en si es complejo por sus variantes, tales como el pH, la cantidad de desechos y gases producidos por la mezcla. Además el proceso está dividido en cuatro fases las cuales son las siguientes:

- **Hidrólisis:** siendo la primera parte del proceso para la degradación, esta fase proporciona los sustratos orgánicos a la digestión anaerobia. En esta etapa los microorganismos que realizan la depuración únicamente son capaces de actuar sobre materia orgánica disuelta, desde esta fase es muy importante llevar el control en el pH, temperatura, concentración de biomasa y el tipo de partículas de la materia, ya que estos aspectos al no llevar la debida atención pueden detener las fases siguientes.

- Acidogénesis: de los compuestos resultantes de la fase anterior tales como ácidos grasos de cadena larga, ácidos y aminoácidos, siendo estos los compuestos que sufren un cambio a compuestos de bajo peso molecular tales como el ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). En esta fase se pueden obtener compuestos como el etanol, propionato, butirato y sales como el lactato, debido a las sales que podrían obtenerse en esta fase, la misma depende de los microorganismos productores de hidrógeno para descomponer y degradar estos compuestos, por tal motivo se le da el nombre de acidogénesis.
- Acetogénesis: en esta fase siempre se obtienen acetatos, la acetogénesis es mencionada, porque esta fase llega a ser una etapa intermedia entre la acidogénesis y la metanogénesis, esto debido a que los componentes finales de la fase anterior no pueden ser utilizados de forma directa por los organismos producidos en la metanogénesis que es la fase siguiente. En esta etapa se da la relación sintrópica llamada así porque los organismos producidos en este periodo dependen del hidrógeno para la degradación de los sustratos, dándose una interdependencia entre los organismos productores y consumidores del hidrógeno.
- Metanogénesis: siendo la etapa final del proceso anaerobio, a la vez es la más importante del proceso porque se producen los microorganismos responsables de completar el proceso anaerobio los cuales son llamados metanogénicos. Los mismos son responsables de la formación de metano a partir de sustratos monocarbonatados, además los microorganismos metanogénicos son los responsables de la eliminación de las condiciones en las que se generan los productos de las fases anteriores.

Figura 2. **Vías metabólicas de la fermentación en la fermentación anaeróbica**



Fuente: PÉREZ ROSALES, Mario Fernando. *Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos*. p. 45.

Los temas anteriores desarrollados durante este capítulo están enlazados al proceso anaeróbico, el proceso inicia desde el momento del manejo de desechos orgánicos llegando al digestor donde ocurrirá dicho proceso; sin embargo, existen consideraciones a tomar para que el proceso anaeróbico sea efectivo, estas consideraciones son las siguientes:

- **Temperatura:** es un parámetro que influye en el crecimiento de microorganismos y proporciona velocidad a las distintas reacciones que se llevan a cabo en el digestor. Dependiendo del rango de temperatura que se encuentre, será el comportamiento de la producción de gas y la eficiencia del proceso, lo recomendable es mantener una temperatura entre los 45 °C o mayor. Los rangos de temperatura son los siguientes: psicofílico (por debajo de 25 °C), mesofílico (entre 25 °C y 45 °C) y termofílico (entre 45 °C y 65 °C).
- **pH:** para los microorganismos acidogénicos el pH adecuado es de 6, para los microorganismos acetogénicos y metanógenos el pH recomendable es de 7. Este parámetro permite saber cómo se están desarrollando los microorganismos; aun así, este no puede ser utilizado como medida para llevar un control de eficiencia del sistema, pero si permite saber la composición de los sustratos y por lo tanto la producción de gas.
- **Nutrientes:** los principales nutrientes que debe de tener nuestra mezcla de sustratos son carbono, nitrógeno, fósforo y minerales (hierro, calcio, magnesio, potasio). Con la presencia de nutrientes antes mencionados se considera la relación C/N (carbono/nitrógeno) la cual permite tener una optimización del biogás, ésta se da cuando se tiene una relación que oscile entre 20:1 y 30:1 siendo ésta última la relación óptima.
- **Agitación o mezcla:** al mencionar este aspecto como parte importante del desarrollo de la reacción anaeróbica, es porque busca mantener concentraciones bajas de inhibidores tratando de mantener una mezcla homogeneizada, esto se logra con la agitación lenta.

- Con la agitación lenta, se evita la formación de espacios muertos sin actividad biológica deteniendo los distintos procesos anaeróbicos.
- A la vez, el sustrato fresco es mezclado de manera uniforme con la población bacteriana, además, se evita la formación de costras en el digestor.

La reacción anaeróbica tiene distintos inhibidores, en la tabla III se muestran las concentraciones de los inhibidores:

Tabla III. **Inhibidores comunes en proceso fermentativo**

INHIBIDORES	CONCENTRACIÓN INHIBIDORA
SO <sub>4</sub>	5,000 ppm
NaCl	40,000 ppm
Nitrato (según contenido de nitrógeno)	0,05 mg/ml
Cu	100 mg/l
Cr	200 mg/l
Ni	200-500 mg/l
CN (Después que se han domesticado las bacterias metanogénicas a 2-10 mg/ml)	25 mg/l
ABS (detergente sintético)	20-40 mg/l
Na	3,500-5,500 mg/l
K	2,500-4,500 mg/l
Ca	2,500-4,500 mg/l
Mg	1,000-1,500 mg/l

Fuente: HILBERT, Jorge. *Manual para la producción de biogás*. Instituto de ingeniería rural. p.

Los datos proporcionados anteriormente por la tabla III pueden ser indicadores del proceso; sin embargo, el proceso es muy versátil, ya que las bacterias pueden adaptarse a las condiciones que en un principio les afectaba.

### **3.3. Equipo para la producción de energía eléctrica**

Equipo para la producción de energía eléctrica, son todos aquellos elementos relacionados con la producción de la energía eléctrica. El proceso de producción de energía eléctrica da inicio desde la recolección y proceso de desechos orgánicos, siendo depositados en un digestor para producir una reacción anaeróbica obteniéndose gas metano, este será trasladado a un motor de combustión interna lo que moverá un generador eléctrico produciéndose la electricidad, la cual será conectada a la red de distribución eléctrica del área de zoológico.

#### **3.3.1. Triturador de residuos**

El triturador es utilizado con la finalidad de fragmentar los desechos orgánicos, ya que la reacción anaeróbica tendrá un mejor desempeño al tener fragmentos más pequeños; además, permitirá que los fragmentos sean de fácil combinación con el sistema acuoso presentado en el digestor.

Los desechos generados por el parque, en su gran mayoría son; por parte del área de jardinería, zoológico y restaurantes. Ya que de este tipo de desechos su característica principal es la humedad contenida en ellos, para su trituración de todo tipo de desecho se utilizará un triturador para desechos orgánicos lo cual permitirá fragmentar todo desecho.



### **3.3.2. Depósito y mezclador de residuos**

Como se ha explicado en los puntos anteriores el proceso de la reacción es la parte principal para la obtención de los gases, influye en el proceso el depósito en el cual se realiza dicha reacción y la manera en que se combinan los residuos.

Existe diferentes tipos de tecnologías que se han utilizado en la producción de gas como combustible, entre éstas tecnologías tenemos las siguientes:

- Sistema continuo: la carga de materia orgánica y la producción de biogás es continuo, siendo este tipo digestor el más utilizado.
- Sistema Discontinuos: mantiene una entrada y salida mediante la cual es vaciado y llenado, su dificultad es la constante obstrucción de los conductos, poseen gasómetros, las variaciones en la temperatura es menor; de las dificultades que presenta este tipo de digestor es la disminución de producción de gas hasta llegar a tener tiempos extensos sin producir gas, ya que se les vacía y se les recarga, por lo regular se trabaja con 3 digestores.
- Sistemas semicontinuos: siendo estos los más utilizados en el área rural ya que su producción de bioabono es constante. Este tipo de digestores presenta una mejor eficiencia en la producción de gas.

La instalación de los digestores es variante, ya que dependerá del área, condiciones ambientales y cantidad de residuos orgánicos. Ahora para el mezclado de producto se describe dos formas de mezclado:

- Mezclado completo: para lograr este mezclado se puede utilizar bombas internas o externas al digestor o un proceso de reinyección de gas dentro de la cámara produciendo burbujeo de la mezcla.
- Mezclado parcial: este tipo de mezclado es manual, este sistema es utilizado en zonas rurales.

En ambas situaciones el proceso de mezclado se ha utilizado un sistema de aspas, de los aspectos que hay que considerar para la aplicación de un movimiento por aspas, es la velocidad con la que funciona el sistema, ya que el propósito es colaborar a la reacción anaeróbica y el evitar la formación de costras dentro del depósito.

### **3.3.3. Separador de residuos**

El separador de residuos será el encargado de recibir los desechos que serán utilizados como abono o bioabono, la función de éste es el recibir la materia orgánica que sea exceso en el digestor, al referirse al proceso de renovación de materia orgánica.

Al ingresar materia orgánica nueva al digestor se debe generar un exceso de producto que ha pasado por el proceso de la reacción anaeróbica, este producto es el que será depositado en el separador de residuos.

Es importante mencionar que la extracción de este producto debe hacerse de manera manual, ya que éste será el que se utilizará como abono o bioabono. El bioabono puede ser utilizado para el mejoramiento del suelo especialmente en las condiciones físicas, químicas y biológicas, provocando que las condiciones del suelo cambien considerablemente.

Otra de las utilizaciones que se puede encontrar para el separador de residuos es el poder observar la constancia con la cual se obtiene el abono, ya que constantemente se esta alimentando el digestor, además, la calidad del abono dependerá del proceso de manejo de residuos, reacción anaeróbica, pH de la reacción y los nutrientes que se hayan adquirido durante el proceso.

#### **3.3.4. Motor de combustión**

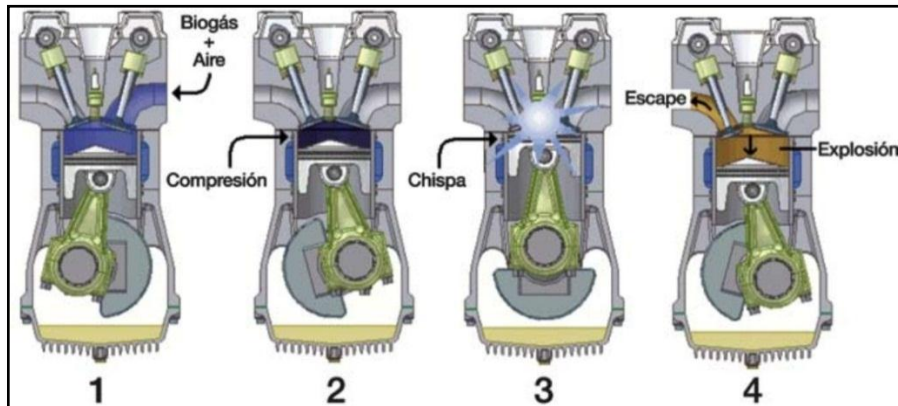
En este punto se propone un motor de combustión interna debido a que el gas producido en el digestor será utilizado como combustible, ya sea para motor tipo diesel u otto; sin embargo, la selección de motor dependerá de la cantidad de gas que se pueda producir dentro del digestor. El sistema completo lo conforma una máquina que pasa de energía mecánica a energía eléctrica en este caso el sistema de máquinas es el motor de combustión interna y un generador.

Enfocándose en los componentes del motor, este se encuentra formado de manera general por un eje de válvulas, bielas, cigüeñal, pistones, cámara de explosión y bujías.

Su funcionamiento radica en introducir un combustible en la cámara de explosión, con una relación de aire: combustible y realizar una explosión del mismo provocado por la bujía, la cual da la chispa de ignición.

Al tener la chispa, está provoca la explosión e impulsa el pistón hacia afuera, la biela es la que conecta el pistón con el cigüeñal transformando la energía lineal en energía rotativa.

Figura 3. **Esquema del funcionamiento de motor de combustión interna de chispa**



Fuente: VÍQUEZ ARIAS, Joaquín. *Generación eléctrica con biogás*. VIOGAZ S.A. p. 16.

El gas o biogás producido en el digestor es introducido por la válvula de admisión siendo esta parte del sistema aire: combustible, a la vez, es parte de la energía mecánica producida por el motor transmitiéndose a la vez al generador produciendo la electricidad. Dentro de las cualidades que tiene el biogás, siendo utilizado como combustible, están las siguientes:

- Alto rango de octanaje
- Depósitos mínimos de carbono en los cilindros o pistones
- La detonación en la cámara de combustión es más efectiva

“La relación aire-gas puede ser ajustada aumentando la presión del aire, incrementando la apertura de la válvula dosificadora de gas (el biogás requiere de una apertura 2 a 3 veces mayor a la utilizada por el metano puro y que sea modificada la geometría del paso de aire desde el exterior).

Debido al contenido de dióxido de carbono, el biogás tiene una velocidad de propagación de la llama lenta, 43 cm/seg y por lo tanto la llama tiende a escaparse de los quemadores.”<sup>2</sup>

En cuanto a la aplicación de este tipo de sistema se ingresa al concepto de cogeneración la misma se define como la producción simultanea de electricidad y de calor a base de un mismo combustible.

El concepto es fundamentado en un equipo de motor que proporciona energía mecánica que mueve un alternador/generador de corriente eléctrica y al mismo tiempo el calor del motor es utilizado.

Con este concepto se busca obtener rendimientos elevados de los sistemas aplicados; sin embargo, la aplicación del sistema dependerá del rango de potencia que se quiera manejar.

Los motores utilizados para la cogeneración producen energía térmica, una a baja temperatura y la otra a alta temperatura. La primera se encuentra en un rango de 80 °C a 90 °C procedente de la camisa del motor y la segunda se encuentra en el rango de 450 °C a 500 °C provenientes de los gases de escape del motor.

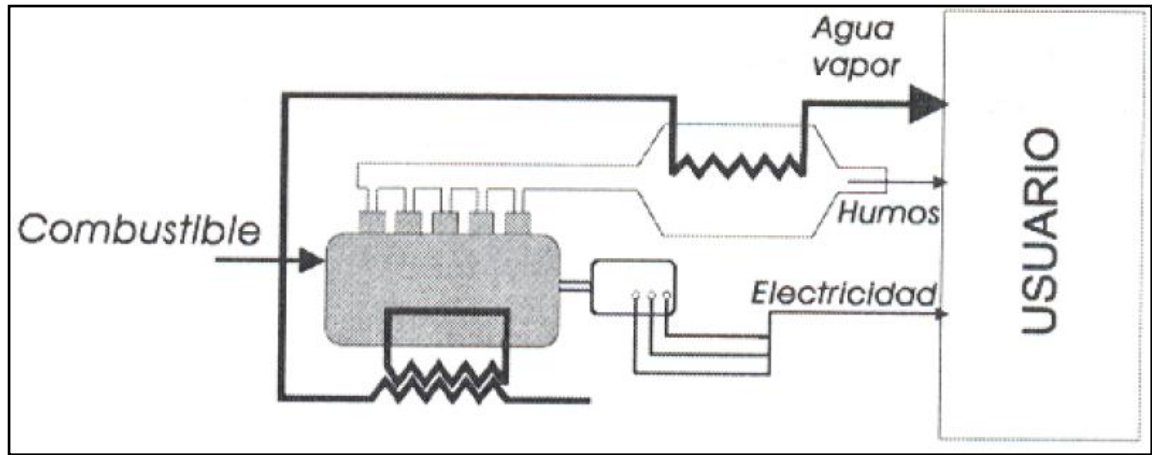
“La cogeneración mediante motores de combustión interna alternativos es una tecnología madura, con amplia implantación en la industria, aunque normalmente se utiliza con combustibles como el gas natural”<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> HILBERT, Jorge A. *Manual para la producción de biogás*. Instituto de Ingeniería Rural. Argentina: INTA Castelar, 2005. p. 35.

<sup>3</sup> IRURETAGOIANA, Iñaki; GONZÁLEZ CANO, Iñaki. *Estudio de viabilidad de sistemas de purificación y aprovechamiento de biogás*. PSE PROBIOGÁS. España, 2010. p. 6.

Figura 4. **Esquema de cogeneración por medio de un motor de combustión interna**



Fuente: PEREZ ROSALES. *Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos*. p. 84.

### 3.3.5. **Generador eléctrico**

El generador eléctrico va adherido al sistema de motor de combustión interna y la función de este es convertir la energía mecánica en energía eléctrica. La capacidad del generador al igual que el motor dependerá del tipo de motor que se seleccionará para poder ser utilizado en el sistema.

El generador se conectará al sistema convencional de electricidad del parque para que en su momento este sea accionado para proporcionar electricidad al área del zoológico

### **3.3.6. Tubería**

En cuanto a la tubería es la que formará el sistema de conducción de gas proveniente de los digestores hacia el sistema motor/generador.

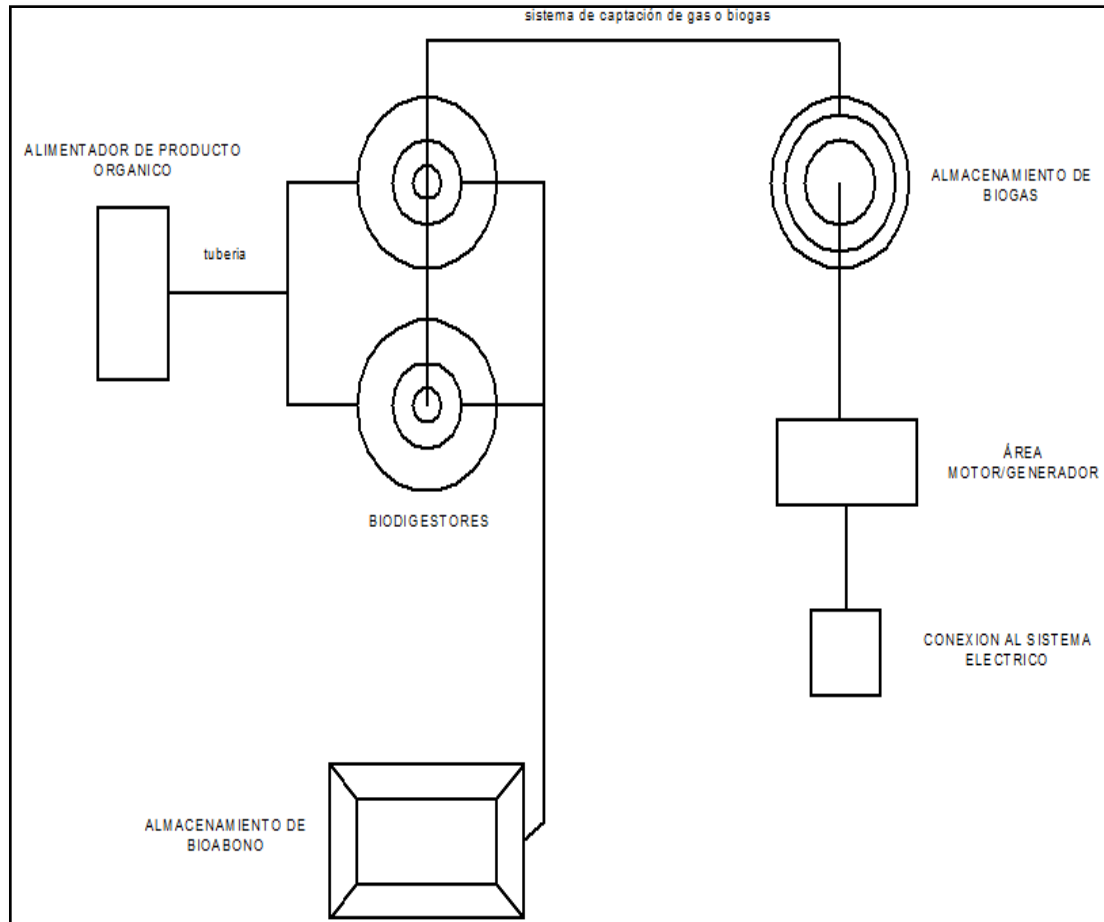
La tubería recomendable es la de PVC o tubos de hierro galvanizados esto con la finalidad de proteger el sistema de digestores de las fugas provocadas por corrosión, ya que el gas obtenido por el proceso anaeróbico causa corrosión en todos los materiales.

De las características que tiene el tubo de hierro galvanizado es la resistencia a la corrosión a la vez es resistente a la intemperie, al igual que el PVC permite estar expuesto al ambiente y es resistente a los procesos de oxidación. Con el sistema de tubería se busca la disminución de pérdidas de presión de gas provenientes del digestor asegurándose al mismo tiempo del flujo constante de gas hacia el sistema motor/generador, teniéndose un buen proceso de conducción de gas al sistema.

### **3.4. Instalación**

Con el objetivo de mostrar todo el elemento necesario para la generación de electricidad utilizando el biogás en la figura 5 se muestran todos los componentes del sistema a utilizar. Para la instalación de esta propuesta, se tiene contemplado el siguiente diagrama:

Figura 5. **Diagrama de elementos para instalación de sistema para la generación de electricidad en parque temático**



Fuente: elaboración propia.

Los componentes del sistema que se muestran en el diagrama anterior son los siguientes:

- Sistema de alimentación de producto orgánico
- Sistema de tubería hacia los biodigestores



- Sistema de biodigestores
- Almacenadora de bioabono
- Almacenamiento de biogás
- Área de motor/generador

En cuanto a la conexión de electricidad es sólo la indicación que a partir del sistema motor/generador se realiza la conexión hacia el sistema eléctrico del parque. A la vez, por efectos de explicación se ha colocado 2 digestores en serie, ya que el sistema podrá crecer si así es requerido por el parque.

#### **3.4.1. Fases**

Para llevar a cabo la instalación de esta propuesta se ha definido las siguientes fases:

- Fase 1: en ésta se realizará la preparación del terreno en el cual será instalado el sistema de digestión, además se preparará el área donde se instalará el sistema motor/generador.
- Fase 2: construcción de área para motor/generador, obteniéndose a la vez todo el equipo que hará la función de digestores en conjunto con los sistemas de alimentación de producto orgánico y almacenamiento del bioabono, para que los mismos sean instalados en las áreas seleccionadas y preparadas en la fase anterior. Dentro de las consideraciones a tomar están la vibración del motor/generador y el ajuste del equipo.

- Fase 3: se tiene contemplada la instalación del sistema de conducción del producto orgánico hacia los digestores y el sistema de conducción de gas. Esta fase se refiere a la instalación de toda la tubería del sistema a instalar, únicamente se tiene que verificar que la instalación se realice de buena forma, ya que se debe de evitar fugas del producto orgánico y del gas extraído del digestor.
- Fase 4: Esta etapa será la de espera ya que se deben de llenar los biodigestores, a la vez, se esperará la reacción anaeróbica, la cual será la que proporcionará el gas al motor/generador, esta etapa es la más extensa durando como máximo 3 meses dando como aprobado el proceso de generación de gas hasta que nuestros indicadores de obtención de gas sean los adecuados para poner en funcionamiento el motor/generador, a la vez, el proceso de alimentación y almacenamiento de producto tendrá que ser constante, esto con la finalidad de asegurarnos que el proceso funciona adecuadamente.

En esta última fase el tiempo puede variar, ya que dependerá de la alimentación del producto orgánico, dependiendo a la vez como se desarrolla la reacción anaeróbica y la producción de gas que la misma genere.



## 4. IMPLEMENTACIÓN

### 4.1. Selección de área

Esta propuesta está siendo enfocada para el área de zoológico, en la figura 6 se muestra el mapa de dicha área, además, el área seleccionada donde es posible la instalación del equipo para la generación de electricidad.

Figura 6. Área seleccionada del zoológico



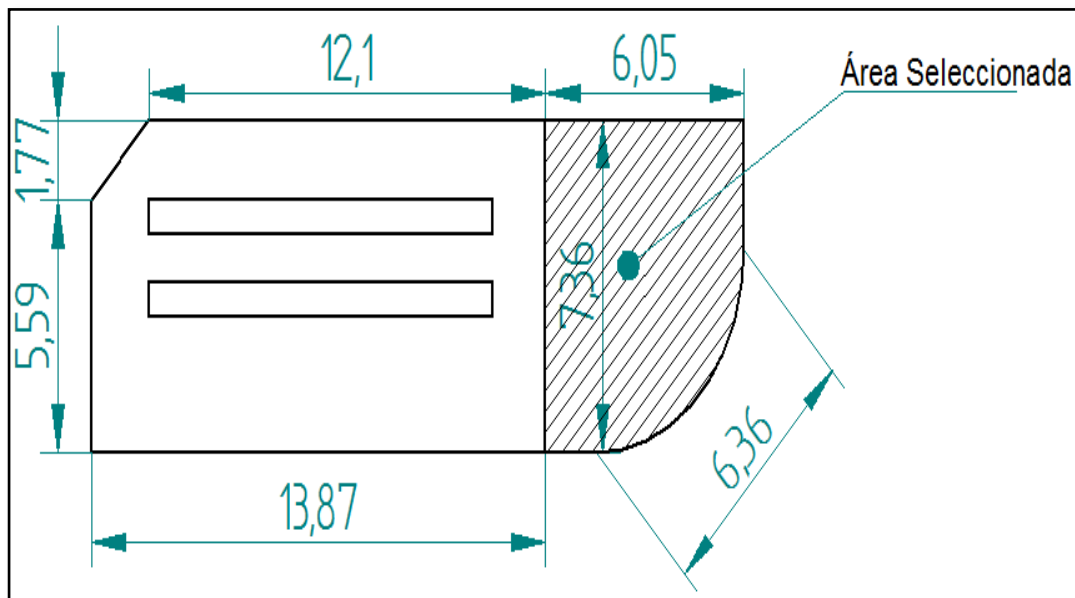
Fuente: IRTRA Petapa, 2012.

Para seleccionar el área para la instalación de equipo se tomaron los siguientes aspectos:

- El ruido que el equipo podría generar
- Distancia de las jaulas al equipo
- Espacio del área
- Entorno del área

Las medidas del área están dadas en metros dando como resultado un área de 40 m<sup>2</sup>, las especificaciones del área son las siguientes:

Figura 7. **Datos técnicos del área seleccionada**



Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Selección de equipo

Dentro de las consideraciones a tomar en la selección de equipo para este tipo de propuesta es importante la estimación de la recolección de producto orgánico, porque de está dependerá todo el proceso de producción de gas, según los datos obtenidos la producción de producto orgánico es de un 74,7 % diario, dicha cantidad es la que será ingresada a los digestores para que se genere la reacción anaeróbica.

### 4.2.1. Selección de motor de combustión

Dentro de las consideraciones que se han de tomar en cuenta para la selección de un motor está la eficiencia que ofrece el fabricante con respecto al equipo. Además el fabricante debe de informar sobre el cambio de función de gas natural a gasolina. El tamaño del motor será influenciado por la cantidad de electricidad que se desea generar en este caso el área seleccionada consume 53 kwh. En la tabla IV se muestra las especificaciones técnicas del motor de combustión interna, el cual puede ser utilizado para esta propuesta:

Tabla IV. **Especificaciones técnicas de motor**

<b>MOTOR DIESEL</b>	
MARCA MOTOR	
MODELO DEL MOTOR	403D-11G
<b>DATOS TECNICOS</b>	
CARACTERISTICAS	ESPECIFICACIÓN
MÁXIMA POTENCIA (kw)	17.9
ASPIRACIÓN	NATURAL
BORE (mm)xSTROKE (mm)	77x81

Continuación de la tabla IV.

RATIO DE COMPRESIÓN	23.0:1	
CONSUMO (L/H)	3.0(100% LOAD)	
DESPLAZAMIENTO	1.13	
SISTEMA COMBUSTIBLE	MECÁNICO CON BOMBA DE INYECCIÓN	
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	RESISTENTE HASTA TEMPERATURAS DE 70°	
DEPÓSITO ACEITE (L)	4.9	
CAPACIDAD LÍQUIDO REFRIGERANTE(L)	5.2	
SISTEMA DE ARRANQUE (V)	ELÉCTRICO 12	
AJUSTE VELOCIDAD MOTOR	MECÁNICO	
NIVEL SONORO(A) @ 7m	≤76dBA(abierto)	≤70dBA(insonorizado)

Fuente: TAIGÜER GENERADORES. *Grupos Electrögenos Taigüer Profesional Perkins.*  
<http://www.taiguergeneradores.com>. Consulta: 20 de junio de 2012.

#### 4.2.2. Selección de depósitos

Los depósitos serán los digestores que se utiliza en el sistema; sin embargo, para seleccionar los depósitos se debe de tomar en cuenta el volumen que cada depósito deberá de tener, ya que será el indicativo para las dimensiones que tendrá el sistema.

En este caso los digestores deben permitir el manejo de materia orgánica ingresada, lo que se evita es sobre cargar el digestor, además, el proceso no sería del todo eficiente. Por otro lado, el tener un digestor sobredimensionado existiría baja eficiencia en el proceso y el costo sería alto.

De los factores que se toman en cuenta para el cálculo del volumen de los digestores son: tipo de producto a ingresar, cantidad de mezcla y proporción de agua. Además, se recomienda tener una mezcla que tiene que ocupar 2/3 del volumen total del digestor, esta cantidad es recomendable cuando el almacenamiento de gas se encuentre dentro del mismo digestor. Los cálculos ha realizar son los siguientes:

Tabla V. **Condiciones para el cálculo del volumen del digestor**

<b>CONDICIONES PARA EL CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL DIGESTOR</b>	
Masa total de mezcla húmeda	Debe ser el 30% de la mezcla total
Cantidad de agua a agregar	Debe ser el 70% de la mezcla total
Volumen de la mezcla total, m <sup>3</sup> , V <sub>mezcla</sub>	$V_{mezcla} = \frac{M_{total_{hum}} + V_{agua}}{1000}$
Volumen del digestor, m <sup>3</sup> , V <sub>total</sub>	$V_{total} = \frac{V_{mezcla}}{2/3}$

Fuente: VALENCIA, Auri Beatriz; TOLEDO MÉNDEZ, Clara del Rocío; MAGAÑA VILLEGAS, Elizabeth. *Propuesta de un sistema digestor anaerobio y generación eléctrica para abastecer el herbario de la dacabiol.* p.15.

Para esta propuesta se han calculado las siguientes dimensiones del digestor teniendo en cuenta que se maneja un aproximado de 62,61% de producto orgánico:

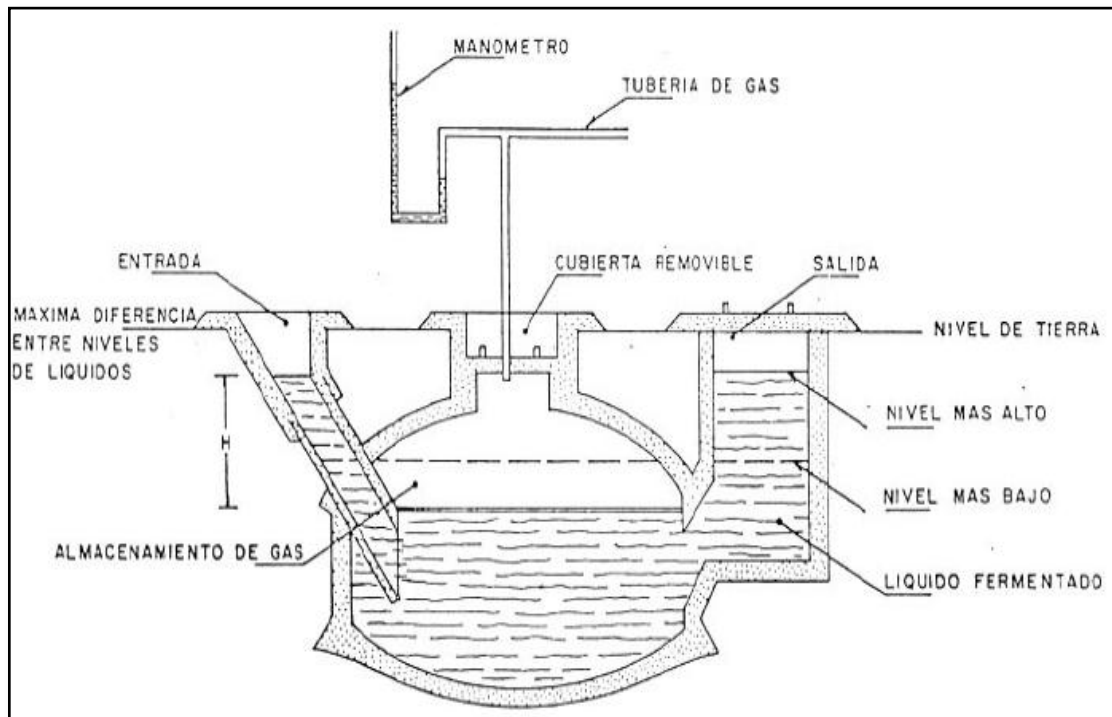
- Volumen de agua a agregar será 1:1 esta relación variará conforme a las masas.
- La cantidad de masa que se ingresará a los digestores es de 400 Kg.
- Volumen de líquido 1 m<sup>3</sup> lo que significaría 1000 Lt. de agua.



- Volumen total de mezcla diluida  $V_{mezcla} = 1.4 \text{ m}^3$
- Volumen del digester =  $2.1 \text{ m}^3$

En cuanto al radio y altura dependerá del equipo a adquirir, para esta propuesta la estructura del sistema sería el siguiente:

Figura 8. **Especificaciones técnicas del digester tipo chino**



Fuente: CHÁVEZ, Jorge. *Ficha técnica digestores*. Tecnologías desafiando la pobreza. Peru: ITDG, 2010. p. 3.

Como se indica en el punto 3.4. los sistemas se pueden expandir colocando los digestores en serie, esto da la oportunidad de tener mayor capacidad en cuanto a tratamiento de producto orgánico y generación de gas.

El expandir el sistema significará un costo mayor en cuanto a modificaciones a todo el sistema.

#### **4.2.3. Selección de tubería**

Para elegir la mejor tubería para este tipo de sistema se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Corrosión
- Manejo de líquido y gas
- Exposición al medio ambiente
- Diámetros

De los aspectos antes mencionados la corrosión es lo que puede provocar la reacción anaeróbica a todo el sistema de tubería, esto debido por los distintos grupos de compuestos químicos generados durante el proceso.

El manejo de líquido, debido a que hay que conducir la combinación de producto orgánico y agua. En cuanto al gas se tiene que tomar en cuenta que por el tipo de componentes este tiene propiedades corrosivas. Aunque la presión no sea elevada se debe de cuidar que el sistema de tuberías no debe de tener fugas de gas.

A la vez, el sistema funciona con el medio ambiente, por lo tanto, la tubería se encontraría expuesta, sobre todo la tubería que conduciría el gas extraído de los digestores hacia el motor.

El diámetro de la tubería es importante, ya que se puede ocasionar obstrucción en el sistema de alimentación o ingreso de producto orgánico y bajas de presión en el sistema de extracción de gas. El producto ingresado al digestor es un producto espeso y puede generar problemas de obstrucción, por esta razón el diámetro debe ser amplio para evitar este tipo de problemas, en cuanto al diámetro de tubería en el sistema de extracción de gas, éste es de un diámetro menor, ya que se manejará un tipo de presión con la finalidad de inyectar el gas hacia el motor.

Para este sistema se recomienda utilizar tubería de PVC y tubo galvanizado, ambos tipos de tubos son resistentes al medio ambiente, corrosión, son aptos para utilizarse en líquidos y gases. Los diámetros que se pueden utilizar en el sistema son los siguientes:



- Tubo de 1 ½ para sistema de extracción de gas.
- Tubo de 18 pulgadas para los sistemas de introducción de producto orgánico y extracción de producto.

Las medidas pueden variar según se dé la necesidad de realizar alguna modificación en el sistema debido a equipo adquirido.

#### **4.2.4. Selección del generador eléctrico**

El sistema que viene adherido al tipo de motor recomendado en el punto 4.2.1. es un alternador que tiene las siguientes especificaciones:

Tabla VI. **Especificaciones técnicas de alternador**

<b>ALTERNADOR</b>		
ALTERNADOR		
MODELO ALTERNADOR	LSA42.2VSO	PI044E
Autoexcitado	Sin escobillas	
Tipo de aislamiento	H	
Tipo de protección	IP23	
Tipo de conexión	Re-conectable	
Regulación de voltaje	$\leq 1,5\%$	
Dispersión de onda	$< 1,5\%$	
THF/TIF	$< 2\% / 50\%$	

Fuente: TAIGÜER GENERADORES. *Grupos Electrógenos Taigüer Profesional Perkins.*  
<http://www.taiguergeneradores.com>. Consulta: 20 de junio de 2012.

El alternador será el que se encargue de transformar de energía mecánica a eléctrica, de las ventajas que podemos encontrar en este tipo de generador es:

- Bajo costo en mantenimiento
- Vida útil superior
- Menor espacio y peso
- Un solo elemento regulador de tensión

### 4.3. Manejo de desechos

El proceso del manejo de desechos comienza desde que se clasifica el desecho orgánico en el área del vertedero, sin embargo, en proceso para que el desecho ingrese al digester debe llevarse a cabo una fragmentación de todo el desecho, esto para que la reacción anaeróbica sea con mayor eficiencia.

Además, se aprovecharán de mejor forma los nutrientes que el desecho podrá aportar a la reacción anaeróbica.

Como se explica en el punto 3.3.1. se utilizará un triturador para desechos orgánicos, tendrá que tener la capacidad de triturar residuos biológicos, residuos húmedos, desechos de animales, restos de comida. Las especificaciones técnicas del triturador son las siguientes:

Tabla VII. Datos técnicos de trituradores

TRITURADOR		
TRITURADOR BOMATIC		
MODELO	DS4	DSA4 LARGO
Abertura del mecanismos de corte (LxAn)	650 x 540 mm	1,070 x 540 mm

Continuación de la tabla VII.

Dimensiones del mecanismo de corte (LxA <sub>n</sub> )	1,960 x 750 mm		2,390 x 750 mm	
Abertura de la tolva	1,200 x 1,050 mm		1,400 x 1,050 mm	
Altura total	2,500 mm		2,500 mm	
Diámetro del eje	100 mm		100 mm	
Peso total	1 700 kg		2 300 kg	
Potencia de accionamiento	11-22 kw		11-22 kw	
<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN</b>				
Residuos orgánicos	4-5 m <sup>3</sup> /h		8-10 m <sup>3</sup> /h	
Restos de alimentos/comida	4-5 m <sup>3</sup> /h		8-10 m <sup>3</sup> /h	
Residuos animales	1,000 kg/h		2,000 kg/h	
Depósito de plástico	Hasta 60L	300 Kg/h	Hasta 120L	700 Kg/h
Depósito de chapa	Hasta 60L	800 Kg/h	Hasta 120L	1.000 Kg/h
Residuos de producción	2-3 m <sup>3</sup> /h		4-6 m <sup>3</sup> /h	
Torneaduras	3-4 m <sup>3</sup> /h		6-8 m <sup>3</sup> /h	

Fuente: BOMATIC. *Datos Técnicos DS4*. [http:// www.unoreciclaje.com](http://www.unoreciclaje.com). Consulta: 1 de julio de 2012.

Los trituradores presentados con anterioridad son adecuados para realizar el proceso de trituración, para realizar el análisis en cuanto al costo se tomará como referencia el triturador de mayor capacidad (DSA4).

#### **4.3.1. Introducción de desecho al equipo**

El proceso que lleva el desecho orgánico es la trituración, agregado de H<sub>2</sub>O (Hidratación de la mezcla) e introducción al digestor. El primer paso del proceso es la trituración, el desecho orgánico después de haber sido seleccionado se introduce a la maquinaria indicada en el punto 4.3., en un recipiente se recibe el producto fragmentado, después de haber pasado el desecho orgánico por el triturador se le agrega agua, para determinar la cantidad de agua se deberá de pesar el desecho orgánico para tener un estimado de la cantidad de agua a agregar a la mezcla, finalizando este último paso se introduce al digestor (ver diagrama de proceso en apéndice).

#### **4.3.2. Evacuación de residuos del equipo**

El producto obtenido de los digestores será el abono o bioabono, en cuanto a su extracción se debe monitorear el área de salida del digestor (figura 6) ya que será el área indicada para extraer el abono, su consistencia es espesa, por lo tanto se debe de realizar de forma manual. La salida del digestor no será del todo vaciada únicamente se extraerá abono hasta el nivel más bajo (figura 6).

El proceso de llenado para los digestores es de manera constante, en cuanto al vaciado puede variar el tiempo para realizar dicha acción porque dependerá del nivel almacenamiento de producto orgánico que tendrá el digestor.

Además, con la extracción de producto se podrá observar la calidad del proceso de reacción anaeróbica, realizar las mediciones de pH y nutrientes.

#### 4.4. Análisis de la producción de energía

Para realizar un análisis de la producción de energía se están proponiendo herramientas para estimar el funcionamiento del sistema de producción de biogás en cuanto a la generación de electricidad.

##### 4.4.1. Cálculos de producción

El realizar cálculos matemáticos para la estimación de datos nos proporcionará información si el sistema funciona con eficiencia, las operaciones indicadas deben de ser realizadas cuando el sistema se encuentre en funcionamiento. Los cálculos que se han tomado en cuenta para este punto son los siguientes:

- Cálculo de producción de biogás

Tabla VIII. Cálculos de producción de biogás

DATO	CÁLCULO
TIEMPO DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS (TRS)	El rango de tiempo se encuentre entre 20 y 30 días.
Sólidos totales (ST)	Es igual a la masa seca de la mezcla en Kg.
Sólidos volátiles (SV)	$SV = (0.95) * (ST)$
Sólidos volátiles biodegradables (SVB)	$SVB = (0.70) * (SV)$
Composición del biogás	$\%CH_4 = 60\%$ Y $\%CO_2 = 40\%$

Fuente: VALENCIA, Auri Beatriz; TOLEDO MÉNDEZ, Clara del Rocío; MAGAÑA VILLEGAS, Elizabeth. Propuesta de un sistema digester anaerobio y generación eléctrica para abastecer el herbario de la DACabiol. p. 14



- Balance de masa para el digestor: para realizar este balance se utiliza la ley de conservación de la masa la cual indica que todo lo que ingresa al sistema será igual a la masa que sale agregándole la acumulada en el proceso.

[biomasa que entra + biomasa producida = biomasa que sale]

- Valores de entrada del gas al motor/generador: para realizar el balance energético y de materia se toman en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla IX. **Valores de entrada de gas**

<b>NOMBRE</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>UNIDAD</b>
Temperatura de entrada del gas	$T_{\text{gas}}$	°C
Flujo másico del gas	$m_{\text{mh}}$	kg/h
Potencia disponible en el gas	$P_t$	kw
Presión del gas a la entrada del motor	$P_e$	kPa
PCI del gas en base seca	PCI	$\text{kJ/Nm}^3$

Fuente: elaboración propia.

- Balance de materia para el motor

Tabla X. **Balance de materia para el motor**

<b>ENTRADA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>SALIDAS</b>	<b>UNIDAD</b>
Gas húmedo	kg/h	Humos	kg/h
Aire	kg/h		

Fuente: elaboración propia.

- Balance de energía para el motor

Tabla XI. **Balance de energía para el motor**

<b>ENTRADA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>SALIDA</b>	<b>UNIDAD</b>
Gas	kw	Potencia eléctrica	kw
Aire	kw	Humos	kw

Fuente: elaboración propia.

- Rendimiento energético: es la comparación entre la energía que entra al ciclo, y la que se obtiene como electricidad.

$$n_{el} = \frac{W}{F}$$

Donde:

F = energía de combustible

W = energía eléctrica generada

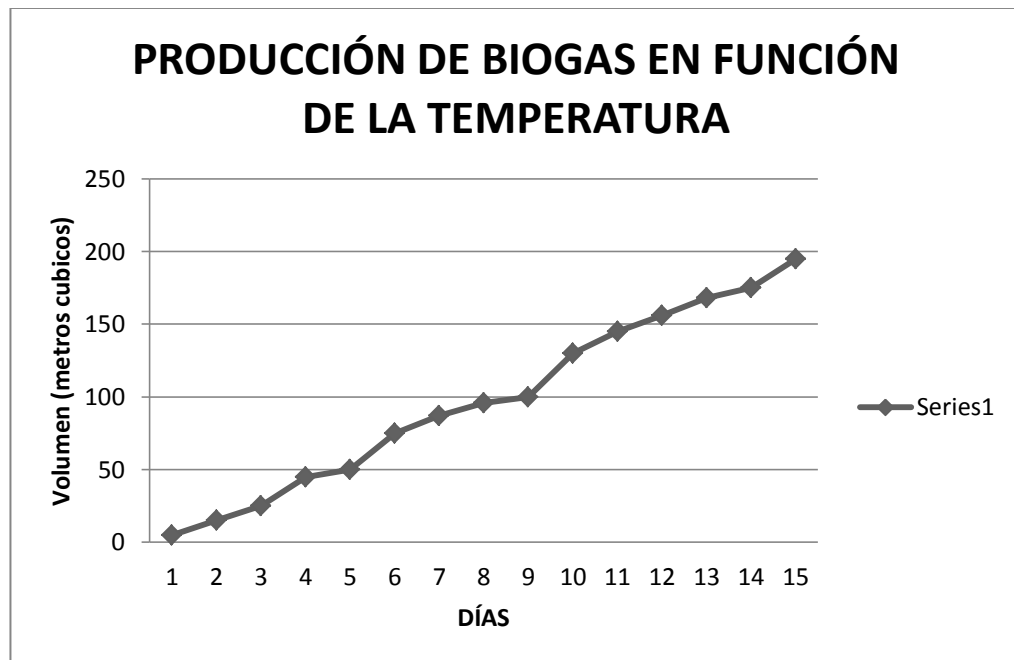
#### **4.4.2. Gráficos de proyección**

Los gráficos de proyección permitirán tener un estimado de la cantidad de producto del sistema.

Para esta propuesta las proyecciones se realizan en función de una temperatura, porque será la que influirá en nuestra producción de biogás.

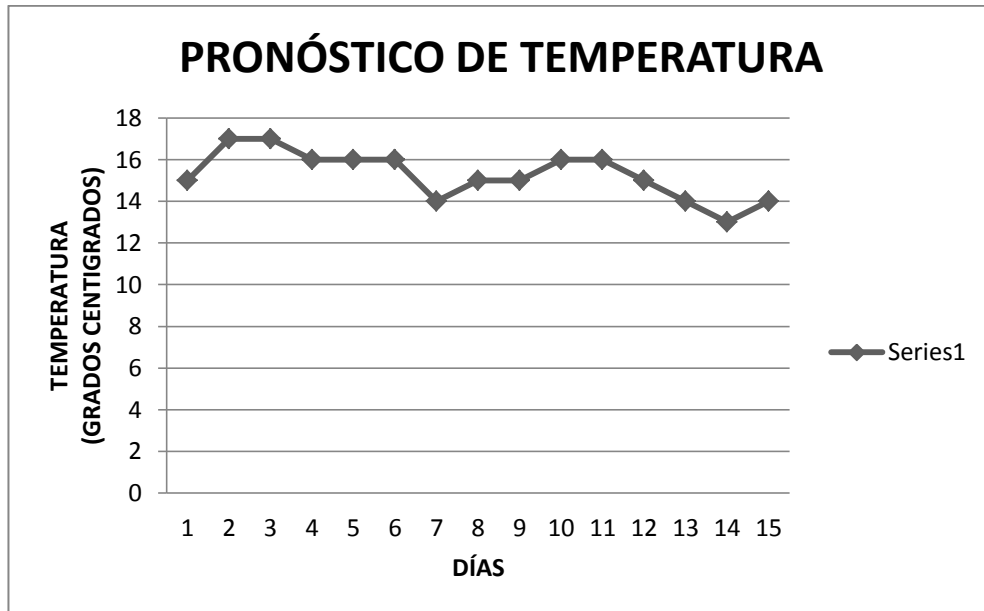
Para la elaboración de la siguiente gráfica se ha utilizado la temperatura mínima de la ciudad de Guatemala porque sería la temperatura crítica con la cual el sistema estuviera trabajando, según lo explicado en el punto 3.2.1. la temperatura ideal para el buen funcionamiento del sistema es una comprendida entre 25 °C y 45 °C, la gráfica es la siguiente:

Figura 9. **Producción de biogás en función de la temperatura**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Pronóstico de temperatura para la ciudad de Guatemala**



FUENTE: INSIVUMEH. Temperatura del mes de julio. [www.insivumeh.gov.gt](http://www.insivumeh.gov.gt). Consulta: 6 de julio de 2012.

El tener el pronóstico de la temperatura nos permitirá tener un estimado de la cantidad de biogás que podrá producir, a la vez se estimara si se tiene la cantidad suficiente de gas para accionar el sistema motor/generador.

#### 4.4.3. Cálculos de reducción

La reducción de consumo eléctrico es la parte que aporta esta propuesta a la institución, el cálculo de reducción de electricidad se realizará de manera mensual y anual, el cálculo será el siguiente:

$$\text{Consumo de electricidad} = \frac{\text{Consumo de energía}}{\text{Facturación (Q.)}}$$

Donde:

Consumo de energía =sumatoria de consumo de gas, diesel, electricidad.

Facturación =monto de consumo eléctrico

El consumo de electricidad funcionará como un indicador de la reducción de electricidad que generará la propuesta. El cálculo tendrá que ser en comparación a la facturación de meses anteriores; además, se podrá generar gráficas (kWh-Tiempo) que indiquen el progreso en la disminución del consumo eléctrico.

#### 4.5. Análisis de costos

Para la realización de análisis de costos se utilizan herramientas analíticas que permiten valorar cada etapa que contiene esta propuesta, además permitirá formar criterio para la comparación entre los costos y beneficios. Para así tomar la decisión ante la inversión que conlleva la ejecución de esta propuesta. Para este análisis se están tomando en cuenta la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN). La inversión que se requiere para esta propuesta es desglosada de la siguiente manera:

Tabla XII. **Costo de inversión para propuesta de reducción de consumo eléctrico en área de zoológico mediante combustibles orgánicos en parque temático**

RUBRO	COSTO
SISTEMA MOTOR/GENERADOR	Q. 196 000,00
SISTEMA DE DIGESTORES	Q. 18 000,00
SISTEMA DE TRITURACIÓN	Q. 78 385,00

Continuación de la tabla XII.

TUBERIA Y ACCESORIOS	Q.	9 000,00
CONSTRUCCIÓN	Q.	31 186,00
INSTALACIÓN DE SISTEMA	Q.	30 000,00
TRANSPORTE	Q.	30 000,00
COSTO TOTAL	Q.	392 571,00

Fuente: elaboración propia.

La propuesta será trabajada con capital de la institución, aportando un 15% anual al proyecto, estimando un tiempo de vida de 15 años. Para realizar los cálculos se tomó un 40% de ahorro que pueda generar esta propuesta, el porcentaje puede variar según el funcionamiento del mismo.

#### **4.5.1. Tasa interna de retorno de instalación de equipo**

La Tasa Interna de Retorno (TIR) determinará la rentabilidad de la propuesta. Los cálculos realizados dieron como resultado un 29% lo que se puede interpretar como el valor máximo de retorno de la inversión para esta propuesta.

#### **4.5.2. Valor Actual Neto de instalación de equipo**

Se puede definir el Valor Actual Neto como el valor presente que podría tener un capital invertido en un período de tiempo.

Para esta propuesta se ha obtenido un Valor Actual Neto (VAN) de Q. 252 045,93 lo que se puede interpretar como el valor de la inversión durante el tiempo de vida que tendrá el proyecto, además, se interpreta como una propuesta viable para ser ejecutada por parte de institución.

#### 4.5.3. Costo de personal

El personal que estará encargado del sistema puede ser del área de mantenimiento ya que manejará el sistema sobre todo en el accionamiento de mismo. En cuanto a esta propuesta se realiza el siguiente cálculo:

Tabla XIII. **Costo de personal para propuesta de reducción de consumo eléctrico en área de zoológico mediante combustible orgánico en parque temático**

CONCEPTO	CANTIDAD
BASE	Q.2 050,00
BONO	Q. 250,00
SUELDO MENSUAL	Q.2 300,00
BONO 14	Q. 170,76
AGUINALDO	Q. 170,76
VACACIONES	Q. 85,48
INDEMNIZACIÓN	Q. 170,76
PRESTACIONES MENSUALES	Q. 597,76

ANUALIDAD	CANTIDAD
SALARIO	Q.27 600,00
PRESTACIONES	Q. 7 173,12
TOTAL	Q.34 773,12

PRESTACIONES	ANUALIDAD
IGGS	Q. 245,54
IRTRA	Q. 133,00
INTECAP	Q. 133,00

Fuente: elaboración propia.

## **5. SEGUIMIENTO**

### **5.1. Mantenimiento**

El buen mantenimiento aplicado al sistema, garantizaría el funcionamiento regular y la conservación del equipo en buen estado, lo más importante es evitar los paros de la maquinaria, mantener las condiciones seguras de operación y prolongar la vida útil de los bienes.

Para esta propuesta se recomienda el mantenimiento de tipo predictivo el cual permite mantener un seguimiento y diagnóstico continuo del sistema, con este tipo de mantenimiento obliga a la monitorización del sistema en sus distintos parámetros como los siguientes: presión, ruido, temperatura, etc. Se han tomado a consideración el triturador, motor de combustión, generador eléctrico, tubería y filtros, ya que son áreas en donde se pueden generar problemas y tienen que monitoreadas constantemente.

#### **5.1.1. Triturador**

El mantenimiento que lleva la trituradora para desechos orgánicos será enfocado en el motor tipo eléctrico ya que al sobrecargar el triturador podrá sobre forzar el motor provocando el mal funcionamiento y la mala trituración de los desechos. El mantenimiento que se aplicará será a cada 2 000 horas de funcionamiento, además, se tendrá las siguientes consideraciones:



**Tabla XIV. Aspecto a considerar para mantenimiento en un motor eléctrico**

<b>Síntomas</b>	<b>Causas posibles</b>	<b>Verificación y Soluciones</b>
1.El motor no arranca	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.No le llega corriente al motor</li> <li>2.Si el motor ronca y no llega a arrancar, le falta una fase</li> <li>3.Tension insuficiente o carga excesiva</li> <li>4.Devanados a masa</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar tensiones en la red, fusibles, contactos, conexiones del motor.</li> <li>2.Verificar la correcta conexión estrella o triángulo, en su placa de bornes y la carga del motor</li> <li>3.Verificar aislamiento de los devanados</li> </ol>
2.El motor arranca pero no alcanza la velocidad nominal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tensión insuficiente o caída de tensión excesiva</li> <li>2.Fase del estator cortada</li> <li>3.Cortocircuito o devanado a masa</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Verificar tensión de red y sección de línea</li> <li>2.Verificar tensión y devanado</li> <li>3.Verificar circuitos de arranque</li> <li>4.Verificar conexiones, escobillas y devanados</li> <li>5.Verificar devanados y reparar</li> </ol>
3.La corriente absorbida en funcionamiento es excesiva	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Maquina accionada agarrotada o carga excesiva</li> <li>2.Si el motor ronca y las intensidades de las fases son desiguales , cortocircuito en el estator</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Verificar carga y sustituir motor</li> <li>2.Verificar aislamiento y reparar o rebobinar el motor</li> </ol>
4.La corriente absorbida en el arranque es excesiva	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Par resistente muy grande</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Verificar la carga del motor</li> </ol>
5.El motor se calienta exageradamente	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Motor sobrecargado</li> <li>2.Ventilación incorrecta</li> <li>3.Si el motor se calienta en vacío, conexión defectuosa</li> <li>4.Cortocircuito en el estator</li> <li>5.Tension de red excesiva</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Verificar carga</li> <li>2.Verificar, limpiar rejillas y ranuras de ventilación</li> <li>3.Verificar las conexiones de la placa de bornes</li> <li>4.Verificar devanado en el estator</li> <li>5. Verificar tensión y corregir.</li> </ol>

Continuación de la tabla XIV.

6.El motor humea y se quema	1.Cortocircuito directo o de un número excesivo de espiras en cualquiera de sus devanados 2.Mala ventilación del motor	1.Verificar devanados y reparar o rebobinar 2.Mantener siempre limpios los circuitos de ventilación
7. El motor produce demasiado ruido	1.vibraciones de ciertos órganos 2.Si el ruido es solamente en reposo y no en marcha, cortocircuito en el rotor 3.Si el ruido cesa al cortar la corriente 4.Barra del rotor desoldada	1.Desconectar el motor, si el ruido persiste, verificar fijaciones y cojinetes 2.Verificar devanado del rotor y reparar 3.Verificar cojinetes y rotor 4. Verificar barras del rotor.

Fuente: TERAN S., Luis Alberto. Mantenimiento de motores eléctricos. p. 5.

### 5.1.2. Motor de combustión

El motor realizará el trabajo de convertir de energía mecánica a eléctrica, por lo tanto es de las partes del sistema que debe llevar mayor atención en cuanto al mantenimiento. Para aplicar un mantenimiento al motor, se deben tener las siguientes observaciones proporcionadas por el fabricante:

- El mejor rendimiento se dará en una altitud  $\leq 1\ 500$  m, temperatura ambiente  $\leq 40$  °C, si la altura es superior a 1 500 m, cada 100 m causará un decremento del 1% en el rendimiento.
- El sistema no debe de sobrecargarse más de 1 hora cada 12 horas.

Para realizar el mantenimiento al motor del sistema, el cual es tipo diesel, debiéndose tomar las siguientes consideraciones:

Tabla XV. **Guía de mantenimiento para motores diesel**

ASPECTO	EXPLICACIÓN	RECOMEDACIÓN
Aceite y filtros	Una lubricación adecuada es crítica para mantener el desempeño y vida del motor.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar el nivel de aceite diariamente.</li> <li>2. Analizar aceite, ya que se detectaran desgastes y estado del aceite</li> </ol>
Sistema de enfriamiento	Los refrigerantes sufren desgastes y pérdidas de sus propiedades. Una química apropiada del refrigerante protege contra cavitación, corrosión, depósitos, gelatinización y congelamiento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Verificar el nivel de refrigerante diariamente</li> <li>2. No utilizar agua ya que sus propiedades no son las adecuadas para el sistema de enfriamiento.</li> <li>3. Inspeccionar regularmente las aspas del ventilador, con la finalidad de buscar desperfectos y así remplazar la pieza.</li> <li>4.Limpiar radiador</li> <li>5. Medir la presión del sistema de enfriamiento y la temperatura de apertura del termostato cada 1200 horas.</li> </ol>
Bandas	Al tener problemas con las bandas estas pueden provocar un mal funcionamiento y llegar al paro total del motor.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mida la tensión de la banda.</li> <li>2. Inspeccionar las bandas en busca de fisuras, desgaste o estiramiento, según los intervalos establecidos por el fabricante.</li> </ol>
Sistema de combustible	Este proporciona estabilidad en el sistema en cuanto al funcionamiento del motor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambiar los filtros de combustible regularmente.</li> <li>2. Revisar los inyectores y el tiempo de la bomba de inyección según lo especifica el fabricante.</li> </ol>

Continuación de la tabla XIV.

Amortiguador torsional	Reduce la vibración torsional del cigüeñal, reducir desgaste de engranes y bomba de agua, incrementar la vida de las bandas y los accesorios de las tomas de fuerzas frontales	1. Revisión del estado según las instrucciones del fabricante.
------------------------	--	--

Fuente: [www.JohnDeere.com.mx](http://www.JohnDeere.com.mx). Consulta: 27 de junio de 2012.

### 5.1.3. Generador eléctrico

Para este sistema se deben de tomar en cuenta las siguientes recomendaciones por parte del fabricante:

- La sobrecarga no está contemplada en las especificaciones del sistema.
- El alternador está preparado para soportar las especificaciones del sistema a 27 C°.

Para aplicar el mantenimiento al alternador debemos de seguir lo siguiente:

- La entrada y salida de aire deben ser aptas para el flujo de aire en la tabla con una caída de presión adicional inferior o igual a las siguientes:

Tabla XVI. **Requisitos de flujo de aire**

FRECUENCIA	50Hz		60Hz		(ENTRADA/SALIDA)
Velocidad	1 500 rpm	1 000 rpm	1 800 rpm	1 200 rpm	Caída de presión
Todos los núcleos	2,69 m <sup>3</sup> /s	1,79 m <sup>3</sup> /s	3,45 m <sup>3</sup> /s	2,3 m <sup>3</sup> /s	Densímetro de 6 mm
	5 700 pcm	3 793 pcm	7 200 pcm	4 874 pcm	(0,25)

Fuente: STAMFORD. *Manual de instalación, servicio y mantenimiento para alternadores.*

<http://www.cumminsgeneratortechnologies.com>. Consulta: 10 de marzo de 2012.

- El momento de flexión en el punto de unión del alojamiento del volante del motor y el adaptador del alternador no debe ser superado a los 275 kg.
- Los valores de par de apriete de todas las conexiones dentro del alternador, puentes, transformadores de intensidad, accesorios, etc. Se establecen en 45 Nm.
- Los cables de salida del cliente deben ser limpiados en las superficies galvanizadas con un agente desengrasante. Además, deben estar conectados a los bornes con unos pernos de acero de grado 8,8 y los elementos anti-vibratorios asociados.
- Engrasar los rodamientos de la siguiente forma:

Tabla XVII. **Detalles de reengrase de los rodamientos**

POSICIÓN DEL RODAMIENTO	CANTIDAD DE GRASA	
	cm <sup>3</sup>	Gramos
Lado opuesto al de accionamiento	85	75
Lado de accionamiento	100	89

Fuente: STAMFORD. *Manual de instalación, servicio y mantenimiento para alternadores*.  
<http://www.cumminsgeneratortechnologies.com>. Consulta: 10 de marzo de 2012.

#### 5.1.4. Tubería

El mantenimiento aplicado a la tubería será el de inspeccionar el estado físico de la tubería, verificación de la no existencia de fugas y limpieza de la tubería expuesta al medioambiente. Si en dado caso surge la necesidad de limpieza el cambio debe ser programado para no generar pérdidas de gas.

#### 5.1.5. Filtros

Dentro del sistema motor/generador se pueden encontrar los siguientes filtros:

- Sistema combustible: filtro de gasoil con separador de agua integrado.
- Sistema de lubricación: filtro de aceite.
- Sistema de entrada de aire: filtro de aire.

Los filtros serán cambiados de acuerdo a las indicaciones proporcionadas por el fabricante, ya que permitirá el buen funcionamiento en el sistema.

## **5.2. Plan de mantenimiento**

Como se mencionó al principio en el punto 5.1. se recomienda un mantenimiento tipo predictivo, este tipo de mantenimiento tiene como objetivo la reducción de costos y su optimización. Cuando se refiere a un plan se están detallando un programa y sus medios para realizarlo, en un plan de mantenimiento predictivo se aplican técnicas de medición y análisis.

A la vez el monitoreo es indispensable para obtener información de la maquinaria en cuanto a la tendencia de su funcionamiento para así anticiparse a las averías posibles en la maquinaria y así poder programar la restauración, además, se tomarán en cuenta las especificaciones del fabricante.

Para esta propuesta se describirán los pasos a seguir para formular el plan de mantenimiento predictivo al tener el sistema instalado y en la etapa de funcionamiento, los pasos que se seguirán para poder aplicar el mantenimiento son los siguientes:

- **Factibilidad de aplicación:** como primer paso es determinar si es posible establecer el plan de mantenimiento tipo predictivo, ya que de los factores que pueden afectar es la experiencia del personal con este tipo de sistema.
- **Análisis de equipo:** cuando el sistema se encuentre en operación se debe establecer el correcto funcionamiento del sistema, manera de operación, criticidad y el momento en el cual debe ser detenido.

- Selección de las técnicas de verificación: se establecerá el mantenimiento necesario que llevará el sistema definiendo las variables que se desean medir, preliminarmente se tomará en cuenta el grado de impureza del lubricante, temperatura, emisión de gases y ruido. A la vez, se determinará la disposición de instrumentos para realizar las mediciones, períodos de medición y establecer rangos de valores de medición que permitan detectar los defectos de la maquinaria.
- Sistema de mantenimiento predictivo: una vez realizados los pasos anteriores se define el cronograma de monitoreo, recopilación de datos, análisis de datos, creación de registros e informes.
- Revisión de informes: esto permitirá establecer medidas de acción según los límites de funcionamiento del sistema. A la vez, permitirá realizar un análisis de resultados para evaluación de las condiciones del sistema y pronosticar un mantenimiento correctivo o preventivo.
- Inspección periódica: con las decisiones tomadas según los resultados obtenidos de los informes se dará seguimiento a los cambios efectuados y a las condiciones del sistema, para que nuevamente se pueda analizar y generar nuevos datos.

A continuación se presenta la programación para el sistema propuesto de digestores y motor/generador:



Tabla XVIII. Programa de mantenimiento para sistema de generación eléctrica mediante el uso de biogás

R= remplazar I=inspeccionar

ELEMENTO	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Salida del digestor	I	I	I	I	I	I	I	I
Filtro de aire	R	R	R	R	R	R	R	R
Filtro de aceite	R	R	R	R	R	R	R	R
Filtro de combustible	R	R	R	R	R	R	R	R
Aceite	I	I	I	I	I	I	I	I
Fajas	I	I	I	I	I	I	I	I
Nivel de refrigerante	I	I	I	I	I	I	I	I
Alternador	I	I	I	I	I	I	I	I

Fuente: elaboración propia.

La tabla XVIII nos permitirá generar los primeros reportes de funcionamiento de nuestro sistema. En cuanto a mediciones de temperatura, presión de aceite, velocidad de motor y voltaje se obtendrán del panel de control. En cuanto a la emisión de gas y ruido se explicará en el capítulo 6 los elementos necesarios para llevar el control de estos aspectos.

### 5.3. Control de recepción de residuos

Como se ha mencionado en puntos anteriores el residuo orgánico es parte fundamental para el proceso de generación de combustible orgánico, para que éste sea utilizado en el sistema propuesto de motor/generador.

Para llevar el control del mismo será necesario dirigir al primer paso que es el sistema de triturado de desechos orgánicos (punto 4.3), después de haber sido ingresado el desecho orgánico al triturador, éste deberá ser pesado, ya que el producto triturado será depositado en recipientes, los mismos permitirán que el pesado del producto sea de una forma sencilla.

El pesado proporcionará datos como: cantidad de producto triturado y generación de gráficas para establecer comportamiento de producto triturado.

#### **5.4. Control de emisión de gases**

El sistema de generación de biogás esta en función de la reacción anaeróbica la cual produce distintas clases de gases los cuales son los componentes del biogás. El llevar el control de emisión de gases permitirá saber si el gas que se está produciendo es de buena calidad o no.

Es de buena calidad cuando los porcentajes de cada componente del biogás se encuentran dentro del rango de aceptación y cuando se excede de los porcentajes indicados en la tabla 2 (inciso 3.2). El biogás puede estar provocando efectos negativos al equipo. Para realizar el control se deberá realizar un estudio de los gases emitidos por el sistema que será desarrollado en el punto 6.1.

#### **5.5. Control de temperatura de motor de combustión**

El control de temperatura será proporcionado por el panel de control del sistema motor/generador. El panel de control tiene las siguientes funciones:

- AC/DC: botón paro de emergencia, voltímetro, selector de fase y frecuencímetro.
- Controlador con selección para autoarranque: paro y marcha, contador de horas, monitor de temperatura del motor con alarma configurable, monitor de presión de aceite con alarma configurable.

La importancia de llevar el control de la temperatura del motor es la de asegurar el funcionamiento del motor no excediendo la temperatura indicada por el fabricante. Un exceso de temperatura repercutirá en la eficiencia del motor y en la generación de electricidad, el control de temperatura deberá ser por medio de inspecciones diarias llevando bitácoras de control al ser utilizado el sistema.

#### **5.6. Control de generación de residuos por proceso**

Este punto se refiere al sistema de digestión, ya que, el proceso genera producto acuoso el cual puede ser utilizado como abono orgánico.

El sistema de digestión es de tipo chino tal como se muestra en la figura 8 (inciso 4.2.2), el cual tiene una entrada y una salida, el control de residuos es llevado a cabo en la salida del digestor porque será en ese lugar donde se depositará el desecho procesado por la reacción anaeróbica.

El control del residuo es debido a que no debe existir exceso de residuos dentro del digestor, porque el mismo debe de seguir recibiendo producto orgánico para alimentar a las bacterias responsables de la reacción anaeróbica.

El control puede ser llevado por la cantidad de galones de producto orgánico extraídos del digestor, esto nos proporcionará información sobre el tiempo de llenado del digestor, cantidad de galones extraídos y a la vez se podrá analizar la calidad del proceso.




## 6. IMPACTO AMBIENTAL

### 6.1. Estudio de emisión de gases

Para realizar un análisis de emisión necesitaremos un medidor de gas el cual se muestra en la tabla XIX, este medidor proporcionará datos de concentraciones de gas emitidos por los digestores, a la vez, detectará la existencia de fugas en la instalación; las especificaciones son las siguientes:

Tabla XIX. **Especificaciones de medición de gas**

IMAGEN	
DESCRIPCIÓN	Funcionamiento autárquico, también bajo condiciones extremas, permite una red de datos de medición extraordinariamente eficientes desde el punto de vista energético y exento de mantenimiento. Los robustos y resistentes aparatos le permiten registrar en sus aplicaciones todos los datos los datos de medición necesarios de forma optimizada en cuanto a costes y sin tener que iniciar desarrollos propios.

Continuación de la tabla XIX.

APLICACIÓN	Sistema de alcantarillado Instalaciones industriales Plantas municipales de potabilización Plantas de depuración de aguas residuales
CARACTERÍSTICAS	Transferencia automática de la configuración existente al sustituir aparato Gestión desde cualquier lugar a través de internet de los puntos de medición Capacidad de almacenamiento de valores medidos en el aparato para 440000 ciclos de medición Posibilidad de ajustar los ciclos de medición y de transmisión Dimensiones compactas Durabilidad de la batería hasta 5 años

Fuente: Microtonics. [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es). Consulta: 12 de junio de 2012.

El estudio de emisión de gas puede utilizar la siguiente ecuación para el cálculo de emisiones:

$$E = A \times EF \times \left( \frac{1 - ER}{100} \right)$$

Donde:

E = emisiones

A = tasa de actividad

EF = factor de emisión

ER = eficiencia de reducción de emisiones, %

El factor de emisión es un valor que relaciona la cantidad representativa de un contaminante liberado a la atmósfera causado por una actividad que produce el contaminante. El factor es expresado como el peso del contaminante, volumen, distancia o duración la actividad que emite. Como en esta propuesta se maneja un motor de combustión interna se considera como gases contaminante: el monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), óxido de azufre (SO<sub>x</sub>) e hidrocarburos (HC).

El sistema propuesto se instalará en un área cercana al zoológico, por esa razón será necesario llevar a cabo un estudio de emisión de gases, para que los mismos no afecten al ambiente del zoológico, a la vez, proporcionará información sobre el funcionamiento interno del sistema de digestores y motor, también permitirá tomar decisiones en cuanto a la aplicación del mantenimiento.

## **6.2. Estudio de contaminación visual**

El estudio de contaminación visual es necesario, ya que la propuesta está diseñada para el área de zoológico y se encontraría instalada dentro de la misma área. El no cuidar el aspecto visual dentro de la instalación puede dañar el paisaje del área, provocando inestabilidad en el medio ambiente.

## **6.3. Estudio de contaminación por ruido**

La importancia que tiene el estudio del ruido es porque la instalación del sistema de digestores y motor/generador se encontraría en un área cercana al zoológico lo cual puede producir inconformidades a la clientela y animales del parque. Para realizar este estudio se deben de tener en cuenta los siguientes conceptos:



- Ruido: es todo sonido indeseable, que según su naturaleza, magnitud o duración, puede afectar la salud y/o producir otros efectos adversos para las personas y el ambiente.
- Ruido ambiental: ruido normalmente presente en el ambiente y de intensidad mensurable, compuesto usualmente por sonidos de varias fuentes cercanas y lejanas.
- Ruido continuo: es un sonido que se prolonga en el tiempo, pero es de baja intensidad.
- Ruido estable: es aquel que se registra con una variación de su nivel de presión acústica insignificante, no superior a  $\pm 2$  dB, durante el período de observación.
- Ruido de fondo: ruido que se encuentra superpuesto o interfiere con la medida de la señal deseada.
- Ruido de impacto: es un sonido de corta duración y de elevada intensidad.
- Ruido de impulso: es aquel ruido inestable que fluctúa en una razón extremadamente grande y que se registra durante un período menor de 1 segundo.
- Ruido fluctuante: es el ruido inestable que se registra durante un período mayor o igual a un segundo, y cuyo nivel cambia continuamente en una apreciable extensión durante el período de la observación.

- Ruido Inestable: es aquel que se registra con una variación perceptible de presión acústica superior a  $\pm 2$  dB durante el período de observación.
- Ruido intermitente: es el ruido estable y recurrente cuyo nivel máximo se manifiesta de manera súbita y después de sostenerse durante un segundo o más, desciende súbitamente por una causa.
- Sonómetro: es el instrumento utilizado para la medición de la presión acústica expresada en decibeles (dB).

Los conceptos antes descritos nos permitirán identificar y clasificar los ruidos identificados por el sonómetro. El sonómetro permitirá obtener información sobre el nivel de decibelios generados por nuestro sistema, las especificaciones técnicas son las siguientes:

Tabla XX. **Sonómetro integrador**

IMAGEN	
DESCRIPCIÓN	SONÓMETRO
RANGO DE FRECUENCIA	31.5 Hz a 8 KHz
Rango de medición	30 a 130 dB
Pantalla	LCD

Continuación de la tabla XX.

Visualización digital	4 dígitos Resolución: 1dB Ciclo de pantalla: 100 ms
Visualización temporal	Fast (125ms), Slow (1s)
Rangos de medición	Bajo = 30~80 dB Medio = 50~100 db Alto = 80~130 db Automático = 30~130db
Precisión	± 1.5 dB (con referencia de 94 dB a 1 KHz)
Rango dinámico	50 dB
Alimentación	Pila alcalina de 9 V tipo IEC6LR61
Duración de la pila	50 horas (con pila alcalina)
Temperatura de funcionamiento	0 a 40 °C
Humedad de funcionamiento	10 a 90 %de humedad relativa
Altitud de funcionamiento	Hasta 2000 m sobre el nivel del mar
Temperatura de almacenamiento	-10 a 60 °C
Humedad de almacenamiento	10 a 75% de humedad relativa
Dimensiones	275 x64x30 mm
Dimensiones del maletín	310x165x73 mm
Peso	285 g. pila incluida
Peso total (con maletín)	730g.

Fuente: SKF. *Productos de mantenimiento y lubricación SKF.*

<http://www.cumminsgeneratortechnologies.com>. Consulta: 10 de marzo de 2012.

Además del sonómetro, se pueden realizar los cálculos matemáticos indicados en la siguiente tabla:

Tabla XXI. **Análisis del sonido**

ASPECTO	DESCRIPCIÓN	CÁLCULO
Velocidad del sonido (c)	En el aire al nivel del mar a 20 °C es aproximadamente de 340 m/s	
Longitud de onda ( $\lambda$ )	Distancias entre crestas	$\lambda=c/f$
Periodo (P)	Tiempo transcurrido	$P= 1/f$
Amplitud (A)	Mide las variaciones de presión	$dB = 20\log\frac{P}{P_0} = 10\log\frac{W}{W_0}$ <p>Donde:</p> $P_0 = \frac{20\mu nW}{M^2}$ $P_0 = 20\mu Pa(\text{Presión})$ $W_0 = 10^{-12}\text{vatios}(\text{potencia})$
Nivel de potencia (Lw)	Potencia sonora de una fuente expresada en vatios	$Lw = 10 \log_{10} \left( \frac{W}{W_0} \right) dB$
Nivel de presión sonora (Lp)	Presión sonora de una fuente	$Lp = 20 \log_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right) dB$
Intensidad del sonido (I)	Flujo de energía. Donde r es igual a distancia, W es la potencia del sonido en vatios	$I = \frac{W}{4\pi r^2}$

Continuación de la tabla XXI.

Relación entre intensidad sonora y la presión sonora	Comprobación que una distancia suficiente de la fuente de ruido.	$I = \frac{p^2}{\rho c}$ <p>Donde:                      I = Intensidad acústica, W/m<sup>2</sup>                      p = Presión del sonido, Pa.                      ρ = Densidad del medio, Kg/m<sup>3</sup>                      c = Velocidad del sonido en el medio, m/s</p>
Nivel de intensidad del sonido (L <sub>I</sub> )	Nivel de flujo de energía	$L_I = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) dB$ <p>donde</p> $I_0 = 10^{-12} W/m^2$

Fuente: VICENTE APARICI, Pablo. *Método y evaluación de la incertidumbre en acústica ambiental*. p. 20.

Teniendo los resultados se puede referir a la tabla XXII:

Tabla XXII. **Niveles de exposición sonora**

DECIBELES	TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN
85	8 horas
88	4 horas
91	2 horas
94	1 hora
97	30 minutos
100	15 minutos
103	7.5 minutos

Fuente: PARRA, Manuel. *Conceptos básicos en salud laboral*. Oficina Internacional del trabajo

p. 8.

La tabla XXII anterior nos da la medida de exposición máxima para una persona que trabaje ante el nivel de sonido indicado, se han tomado en cuenta estos niveles, porque habrá personal al cuidado del sistema.

Además, el sistema se encuentra dentro del área del zoológico y cualquier tipo de emisión sonora puede ser percibida por los animales provocándoles cualquier tipo de enfermedad. El estudio de ruido permitirá cuidar el medio ambiente y el sistema, a la vez, se generará un informe donde se expondrá: identificación de personal que realizó la medición, ruido existente, resultados de las mediciones, tiempo de medición, análisis, conclusiones y recomendaciones ante la aplicación de mantenimiento.

#### **6.4. Estudio de evaluación de riesgo a instalación**

El propósito de una evaluación es la prevención de incidentes y accidentes, el realizar una evaluación de riesgos permite a la empresa obtener conocimiento del estado de un área en específico con respecto a la seguridad y salud de los trabajadores; además, se identificarán los factores de riesgos y las deficiencias originadas por las condiciones de trabajo.

El haber realizado una evaluación de riesgos permitirá a tomar acciones en aquellos factores que podrán ser evitables o no, aun así lo que se busca es controlar, reducir y eliminar el factor de riesgo.

Para esta propuesta los factores de riesgos más notables son: ruido, inhalación de gas tóxico, escape de gases, explosión, fugas de líquidos y contacto con desechos orgánicos.

Para la realización de la evaluación de riesgos se podrá utilizar el método de Nota Técnica de Prevención 330 (NTP 330), este método permite cuantificar el nivel de riesgo y, dependiendo de los resultados, se podrá jerarquizar la intervención del riesgo.

El método de NTP 330 proporciona información que nos orientara en la toma de decisiones para actuar ante el riesgo, el método NTP 330 utiliza las siguientes tablas:

- Nivel de deficiencia (ND): magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgos considerados y su relación causal directa con el posible accidente.

Tabla XXIII. **Determinación del nivel de deficiencia**

DEFICIENCIA	ND	SIGNIFICADO
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgos de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de formas apreciable
Aceptable (B)	-	No se ha detectado anomalía destacable alguna el riesgo está controlado. No se valora

Fuente: BESTRATÉN BELLOVIN, Manuel; PAREJA MALAGÓN, Francisco. *Sistema de evaluación de riesgos de accidente*. p.3.

- Nivel de exposición (NE): es una medida de la frecuencia con la que se da la exposición de riesgo. Para un riesgo concreto, el nivel de exposición se puede estimar en función de los tiempos de permanencia en áreas de trabajo, operaciones con máquinas, etc.

Tabla XXIV. **Determinación del nivel de exposición**

<b>Nivel de exposición</b>	<b>NE</b>	<b>Significado</b>
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo
Esporádica (EE)	1	Irregularmente

Fuente: BESTRATÉN BELLOVIN, Manuel; PAREJA MALAGÓN, Francisco. *Sistema de evaluación de riesgos de accidente*. p.5.

- Nivel de probabilidad (NP): en función del nivel de deficiencia de las medidas preventivas y del nivel de exposición al riesgo, el nivel de probabilidad se expresa como el producto de ambos términos:  $NP = ND \times NE$ . La primera tabla se utiliza para clasificación y la segunda para su evaluación.



Tabla XXV. **Determinación del nivel de probabilidad**

		NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)			
		4	3	2	1
NIVEL DE DEFICIENCIA	10	MA-40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-18	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B2

Fuente: BESTRATÉN BELLOVIN, Manuel; PAREJA MALAGÓN, Francisco. *Sistema de evaluación de riesgos de accidente*. p.5.

Tabla XXVI. **Significado de los diferente niveles de probabilidad**

NIVEL DE PROBABILIDAD	NP	SIGNIFICADO
Muy alta (MA)	ENTRE 40 Y 24	Situación deficiente con exposición continuada, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia
Alta (A)	ENTRE 20 Y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida laboral.
Media(M)	ENTRE 8 Y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Baja(B)	ENTRE 4 Y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo aunque puede ser concebible.

Fuente: BESTRATÉN BELLOVIN, Manuel; PAREJA MALAGÓN, Francisco. *Sistema de evaluación de riesgos de accidente*. p.5.

- Nivel de consecuencia (NC): se ha establecido un doble significado; daños físicos y daños materiales, por tal razón el factor tiene una valoración alta.

Tabla XXVII. **Determinación del nivel de consecuencia**

NIVEL DE CONSECUENCIA	NC	SIGNIFICADO	
		DAÑOS PERSONALES	DAÑOS MATERIALES
Mortal o catastrófico (M)	100	1 muerto o más	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema (compleja y costosa la reparación)
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria (I.L.T)	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso

Fuente: BESTRATÉN BELLOVIN, Manuel; PAREJA MALAGÓN, Francisco. *Sistema de evaluación de riesgos de accidente*. p.5.

- Nivel de riesgo y nivel de intervención: el nivel de riesgo es expresado como el producto del nivel probabilidad por el nivel de consecuencia (NR= NP x NC).

Tabla XXVIII. **Significado del nivel de intervención**

NIVEL DE INTERVENCIÓN	NR	SIGNIFICADO
I	4000-600	Situación crítica. Corrección urgente
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control
III	120-40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.

Fuente: BESTRATÉN BELLOVIN, Manuel; PAREJA MALAGÓN, Francisco. *Sistema de evaluación de riesgos de accidente*. p.6.

Tabla XXIX. **Determinación del nivel de riesgo y de intervención**

		NIVEL DE PROBABILIDAD					
		40-24	20-10		8-6	4-2	
NIVEL DE CONSECUENCIA (NC)	100	I 4000-2400	I 2000-1200		I 800-600	II 400-200	
	60	I 2400-1440	I 1200-600		II 480-360	II 240	III 120
	25	I 1000-600	II 500-250		II 200-150	III 100-50	
	10	II 400-240	II 200	III 100	III 80-60	III 40	IV 20

Fuente: BESTRATÉN BELLOVIN, Manuel; PAREJA MALAGÓN, Francisco. *Sistema de evaluación de riesgos de accidente*. p.6.

El método proporciona valores que son orientativos para la toma de decisiones para la eliminación o reducción del riesgo evaluado. El método es simple de usar, ya que la valoración del riesgo queda a criterio del evaluador y el cálculo es mediante la multiplicación de la valoración elegida de los distintos aspectos antes mencionados. Obtenidos los resultados el evaluador proporcionará el informe donde incluirá datos como: área evaluada, tiempo evaluado, resultados, conclusiones, recomendaciones y fotografías de los aspectos identificados.



## CONCLUSIONES

1. El aprovechamiento de basura orgánica llega a tener beneficio para la institución porque se puede obtener biogás y bioabono, el primero puede ser utilizado como combustible orgánico para ser utilizado en un sistema motor/generador y generar electricidad, esto beneficiaría en la reducción de consumo eléctrico y el segundo, el bioabono podrá ser utilizado en los distintos jardines existentes en el parque.
2. El sistema propuesto consta de un sistema de digestores, sistema de conducción y sistema motor/generador, siendo el primero el que producirá el bioabono y biogás, el biogás será conducido por el sistema de tuberías hacia el sistema motor/generador que será el que genera la electricidad, en este caso para el área de zoológico.
3. Los sistemas que utilizan el biogás para la generación de electricidad han demostrado que reducen hasta un 40% del consumo de electricidad; sin embargo, la efectividad del sistema es en función de la cantidad de gas que produzca el sistema y la calidad del mismo para que éste pueda ser utilizado en el sistema de motor/generador.
4. Para la instalación de esta propuesta se ha elegido un área de 40 m<sup>2</sup>, espacio que permitirá instalar los digestores y el sistema motor/generador en una misma área, lo cual permite tener menos pérdidas por presión en el sistema de conducción de gas hacia el motor, la pérdida de presión es debido a la distancia en la cual será conducido el gas.

5. Los cálculos económicos realizados han dado como resultado una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 29% y un valor actual neto de Q. 252 045,93 lo que puede interpretarse como un proyecto viable para llegar a ser ejecutado.
  
6. Al utilizar este tipo de sistema la institución estaría utilizando energía renovable, lo que significaría una innovación más que la institución aportaría para este tipo de industria.

## RECOMENDACIONES

1. El gas extraído de los digestores es variante en su composición lo cual podría ocasionar problemas en el sistema motor/generador, para que las distintas composiciones no afecte se debe de analizar constantemente.
2. El monitoreo del sistema en sus distintas partes será fundamental en cuanto al funcionamiento y eficiencia.
3. Se debe contemplar que el sistema puede ser expandido, principalmente el sistema de digestión, ya que éste es que recibe la basura orgánica generada por el parque.
4. El gas tiene características explosivas, por lo que la evaluación de riesgos será necesaria efectuarla constantemente, ya que una situación problemática afectaría al cliente, personal y animales del parque.
5. El aspecto visual y el ruido debe de ser considerado al momento de instalar el sistema, porque el área que se ha elegido para la instalación del sistema se encuentra dentro del área del zoológico, siendo aspectos que pueden afectar al medio ambiente.





## BIBLIOGRAFÍA

1. AMADOR, Luis. *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para la flota de equipos pesados de la gerencia de (PMH) de la empresa CVG Ferrominera Orinoco C.A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Venezuela: Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José De Sucre, Facultad de Ingeniería, 2005. 178 p.
2. BESTRATÉN BELLOVIN, Manuel; PAREJA MALAGÓN, Francisco. *Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.* España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2010. 7 p.
3. BOMATIC. *Datos técnicos DS4.* [en línea]. < <http://www.unoreciclaje.com> >. [Consulta: 1 de julio de 2012].
4. CHÁVEZ, Jorge. *Ficha técnica digestores.* Tecnologías desafiando la pobreza. Perú: ITDG, 2010. 4 p.
5. *Estimación de emisiones atmosféricas proyecto parque eólico laguna verde.* [en línea]. < <http://www.e-seia.cl> >. [Consulta: 11 julio de 2012].
6. GUEVARA VERA, Antonio. *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales.* Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. División de Salud y Ambiente, 1996. 80 p.

7. HILBERT, Jorge. *Manual para la producción de biogás*. Argentina: Instituto de Ingeniería Rural, 2005. 57 p.
8. INSIVUMEH. *Temperatura del mes de julio*. [en línea]. < <http://www.insivumeh.gob.gt> >. [Consulta: 6 de julio de 2012].
9. IRURETAGOIENA, Iñaki; GONZÁLEZ CANO, Iñaki. *Estudio de viabilidad de sistemas de purificación y aprovechamiento de biogás: PSE PROBIOGAS*. España: GUASCOR, 2010. 20 p.
10. IVOR MEDINA, Julissa. *Normas ambientales para la protección contra ruidos*. República Dominicana: Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003. 49 p.
11. JOHN DEERE. *Mantenimiento de motores diesel*. [en línea]. < <http://www.JohnDeere.com.mx> >. [Consulta: 9 de junio de 2012].
12. Ministerio de Energía y Minas. *Energías renovables en Guatemala*. [en línea]. < <http://www.mem.gob.gt> >. [Consulta: 5 de agosto de 2011].
13. MICROTONICS. *Especificaciones de medición de gas*. [en línea]. < <http://www.directindustry.es> >. [Consulta: 12 de junio de 2012].
14. ORTEGA MARTÍ, Nuria. *Estudio del proceso de digestión anaerobia para optimizar la recuperación de fósforo en EDAR'S*. USA: DISSERTATION, 2006. 25 p.

15. PARRA, Manuel. *Conceptos básicos en salud laboral*. Chile: Oficina Internacional del Trabajo, 2003. 31 p.
16. PÉREZ ROSALES, Mario Fernando. *Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 162 p.
17. *Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo*. [en línea]. < <http://www.plantasdepuradoras.com> >. [Consulta: 15 de mayo de 2012].
18. RAMOS LEAL, Jose Alfredo; HERNÁNDEZ MORENA, Jorge Isaac. *Implementación de un biodigestor anaeróbico para la generación de energía eléctrica a partir de lodos activados, producto del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Abasco*. México: AQUAFORUM, 2007. 31 p.
19. REARDON, Joseph W. *Ph Y Los Alimentos*. USA: División de alimentos y medicinas del departamento de Agricultura de Carolina del Norte. 2010. 7 p.
20. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario*. México: CPM, 2007. 76 p.

21. SKF. *Productos de mantenimiento y lubricación SKF*. [en línea]. < <http://www.cumminsgeneratortechnologies.com> >. [Consulta: 10 de marzo de 2012].
22. STAMFORD. *Manual de instalación, servicio y mantenimiento para alternadores*. [en línea]. < <http://www.cumminsgeneratortechnologies.com> >. [Consulta: 10 marzo de 2012].
23. TAIGÜER GENERADORES. *Grupos Electrógenos Taigüer Profesional Perkins*. [en línea]. < <http://www.taiguergeneradores.com> >. [Consulta: 20 de junio de 2012].
24. TERAN S., Luis Alberto. *Mantenimiento de motores eléctricos*. Bolivia: Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca de Sucre, Facultad de Ingeniería, 2007. 187 p.
25. TZUL TZUL, Doroteo Pascual. *Diseño e implementación de procedimientos de mantenimiento y balance de cargas, el sistema eléctrico del hospital General San Juan de Dios*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 198 p.
26. VALENCIA, Auri Beatriz; TOLEDO MÉNDEZ, Clara del Rocío; MAGAÑA VILLEGAS, Elizabeth. *Propuesta de un sistema digestor anaerobio y generación eléctrica para abastecer el herbario de la dacabiol*. Trabajo de graduación de Lic. en Ing. Ambiental. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Facultad de Ingeniería, 2005. 180 p.

27. VICENTE APARICIO, Pablo. *Método y evaluación de la incertidumbre en acústica ambiental*. Trabajo de graduación, Lic. en sonido e imagen. España: Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Telecomunicaciones, 2010. 137 p.
  
28. VÍQUEZ ARIAS, Joaquín. *Generación eléctrica con biogás*. VIOGAZ Costa Rica: ECAG, VIOGAZ 2010. 20 p.



## APÉNDICES

### Apéndice 1. Análisis económico del proyecto

ANO	0	1	2	3	4	5
RUBRO						
INVERSION INICIAL	Q (392,571.00)					
AHORRO EN ENERGIA ELECTRICA		Q 192,096.00	Q 192,096.00	Q 192,096.00	Q 192,096.00	Q 192,096.00
EGRESOS						
COSTOS DE OPERACION		Q 30,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00
FLUJO ANTES DE IMPUESTOS		Q 162,096.00	Q 162,096.00	Q 162,096.00	Q 162,096.00	Q 162,096.00
DEPRECIACIÓN DE EQUIPO						
MOBILIARIO Y EQUIPO	Q 78,385.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00
FLUJO DE CAJA - DEPRECIACIONES		Q 146,419.00	Q 146,419.00	Q 146,419.00	Q 146,419.00	Q 146,419.00
ISR 31%		Q 45,389.89	Q 45,389.89	Q 45,389.89	Q 45,389.89	Q 45,389.89
(FLUJO DE CAJA - DEPRECIACIONES)-ISR		Q 101,029.11	Q 101,029.11	Q 101,029.11	Q 101,029.11	Q 101,029.11
((F-D)-ISR 31%)+D		Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11
FLUJO NETO DEL PROYECTO	Q (392,571.00)	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11



Continuación de apéndice 1.

AÑO	0	6	7	8	9	10
RUBRO						
INVERSION INICIAL	Q (392,571.00)					
AHORRO EN ENERGIA ELECTRICA		Q 192,096.00	Q 192,096.00	Q 192,096.00	Q 192,096.00	Q 192,096.00
EGRESOS						
COSTOS DE OPERACION		Q 30,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00
FLUJO ANTES DE IMPUESTOS		Q 162,096.00	Q 162,096.00	Q 162,096.00	Q 162,096.00	Q 162,096.00
DEPRECIACIÓN DE EQUIPO						
MOBILIARIO Y EQUIPO	Q 78,385.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00
FLUJO DE CAJA - DEPRECIACIONES		Q 146,419.00	Q 146,419.00	Q 146,419.00	Q 146,419.00	Q 146,419.00
ISR 31%		Q 45,389.89	Q 45,389.89	Q 45,389.89	Q 45,389.89	Q 45,389.89
(FLUJO DE CAJA - DEPRECIACIONES)-ISR		Q 101,029.11	Q 101,029.11	Q 101,029.11	Q 101,029.11	Q 101,029.11
((F-D)-ISR 31%)+D		Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11
FLUJO NETO DEL PROYECTO	Q (392,571.00)	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11

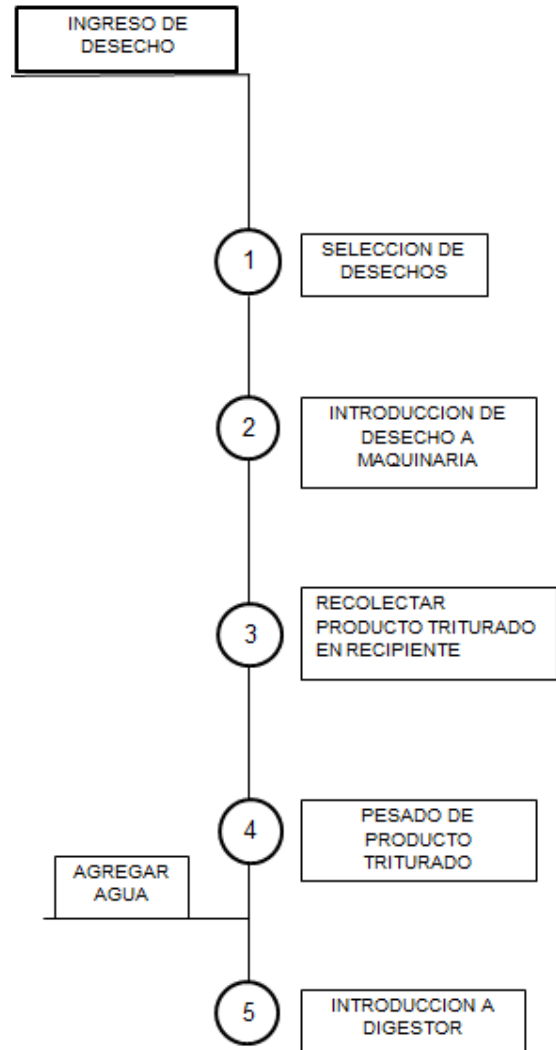
AÑO	0	11	12	13	14	15
RUBRO						
INVERSION INICIAL	Q (392,571.00)					
AHORRO EN ENERGIA ELECTRICA		Q 192,096.00	Q 192,096.00	Q 192,096.00	Q 192,096.00	Q 192,096.00
EGRESOS						
COSTOS DE OPERACION		Q 30,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00	Q 30,000.00
FLUJO ANTES DE IMPUESTOS		Q 162,096.00	Q 162,096.00	Q 162,096.00	Q 162,096.00	Q 162,096.00
DEPRECIACIÓN DE EQUIPO						
MOBILIARIO Y EQUIPO	Q 78,385.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00	Q 15,677.00
FLUJO DE CAJA - DEPRECIACIONES		Q 146,419.00	Q 146,419.00	Q 146,419.00	Q 146,419.00	Q 146,419.00
ISR 31%		Q 45,389.89	Q 45,389.89	Q 45,389.89	Q 45,389.89	Q 45,389.89
(FLUJO DE CAJA - DEPRECIACIONES)-ISR		Q 101,029.11	Q 101,029.11	Q 101,029.11	Q 101,029.11	Q 101,029.11
((F-D)-ISR 31%)+D		Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11
FLUJO NETO DEL PROYECTO	Q (392,571.00)	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11	Q 116,706.11
TIR				29%		
VAN				Q252,045.93		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Introducción de desecho al equipo**

**DIAGRAMA DE PROCESO**

FECHA: Julio 2012	HOJA: 1/1
EMPRESA: IRTRA PETAPA	ELABORADO POR: Hessler Alexander De León M.
DIAGRAMA: Proceso de triturado	OPERACIÓN: Trituración de desecho orgánico
MAQUINA: Trituradora	METODO: PROPUESTO



RESUMEN	
EVENTO	CANTIDAD
Operación	5

Fuente: elaboración propia.

