



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS, CAPTADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Moises Josué Ordoñez Velásquez

Asesorado por la Msc. Inga. Tania Isabel Morán Cárcamo

Guatemala, mayo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS, CAPTADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MOISES JOSUÉ ORDOÑEZ VELÁSQUEZ

ASESORADO POR LA MSC. INGA. TANIA ISABEL MORÁN CÁRCAMO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MAYO DE 2014

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. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

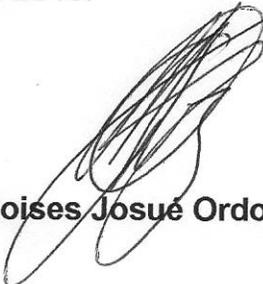
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS, CAPTADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 27 de marzo de 2013.



Moises Josué Ordoñez Velásquez



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

MOD-MEAPP-0002-2014

10 002 42

Guatemala, 27 de marzo de 2013.

Director:
 Guillermo Antonio Puente
 Escuela de Ingeniería Electrónica
 Presente.

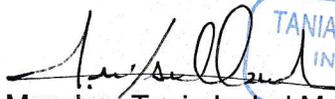
Estimado Director:

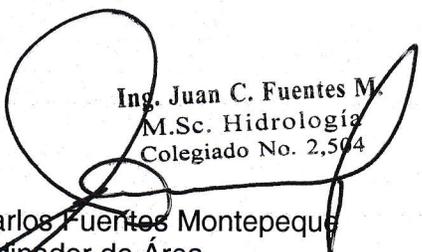
Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Moises Josue Ordoñez Velásquez** con carné número **99-19783**, quien opto la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

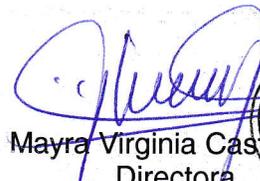
Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

“Id y enseñad a todos”


TANIA ISABEL MORÁN CÁRCAMO
 INGENIERA INDUSTRIAL
 Colegiado No. 2,504
 Msc. Ing. Tania Isabel Morán Cárcamo
 Asesor (a)


 Ing. Juan C. Fuentes M.
 M.Sc. Hidrología
 Colegiado No. 2,504
 Msc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
 Coordinador de Área
 Desarrollo social y energético


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE POST-GRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
GUATEMALA
 Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
 Directora
 Escuela de Estudios de Postgrado

Cc: archivo
 /db



REF. EIME 76 .2014.
Guatemala, 23 de ABRIL 2014.

FACULTAD DE INGENIERIA

Doctora
Mayra Virginia Castillo Montes
Directora Escuela de Postgrado
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimada Doctora Castillo:

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el protocolo del Diseño de Investigación, en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado Titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, CAPTADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **MOISÉS JOSUÉ ORDOÑEZ VELÁSQUEZ**, considerando que ha cumplido con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería se procede a darle su aprobación.

100% ENSEÑAD A TODOS

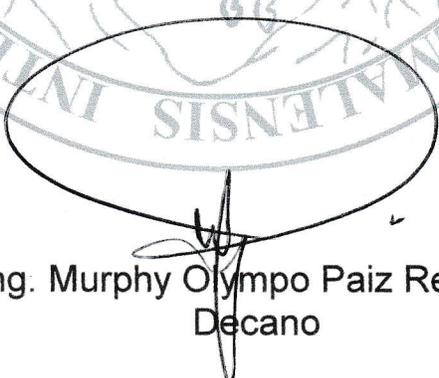
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica





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 Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, CAPTADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Moises Josué Ordoñez Velásquez** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, mayo de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien es mi creador y salvador. Ha cuidado de mí siempre, concediéndome vida para seguir luchando por mis objetivos.
Mi madre	Mercedes Velásquez. Su guía ha sido fundamental en mi camino, siendo un ejemplo que respeto y amo.
Mi padre	Pablo Ordoñez. Los consejos y apoyo que me ha dado los tengo presentes diariamente.
Mi esposa	Dania de Ordoñez, por comprender y motivarme para la finalización de este proyecto.
Mis hermanos	Pues todos ellos me han motivado para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de ser parte de esta casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Gracias a ella adquirí nuevos conocimientos relacionados a mi carrera.
Mis amigos de la Facultad	Por todos los momentos que compartimos juntos, adquiriendo conocimientos y alegrías. En especial con el grupo Koinonía.
Inga. Tania Moran	Por su asesoría profesional.
Ing. Guillermo Antonio Puente	Por su apoyo y colaboración.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. ANTECEDENTES	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. OBJETIVOS	13
5. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIONES.....	15
6. ALCANCES	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. Incineración de residuos.....	19
7.2. Generación de electricidad por medio de la incineración	19
7.3. Tipos de residuos sólidos	21
7.4. Muestreo de residuos sólidos	23
7.5. Método de American Public Works Association (APWA).....	23
7.6. Poder calorífico de los residuos.....	24

7.7.	Contaminación ambiental.....	24
7.8.	Emisiones comunes de la incineración	26
7.9.	Generación de energía eléctrica	27
8.	ÍNDICE GENERAL.....	33
9.	METODOLOGÍA	37
9.1.	Descripción de la investigación	37
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	41
11.	CRONOGRAMA	43
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	45
	BIBLIOGRAFÍA.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Diagrama de una planta de incineración 21
2. Esquema de una central térmica de vapor 28

TABLAS

- I. Recursos económicos para la investigación 45

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kcal	Kilocaloría
MJ/kg	Megajoule por kilogramo
%	Porcentaje

GLOSARIO

Incinerador	Es la combustión completa de la materia orgánica hasta su conversión en cenizas.
PCI	Poder calorífico interno.
Relleno sanitario	Un relleno sanitario es un lugar destinado a la disposición final de desechos o basura, en el cual se toman múltiples medidas para reducir los problemas generados por otro método de tratamiento de la basura como son los tiraderos.

RESUMEN

Esta investigación abordará temas como la historia de la incineración de residuos sólidos para generar electricidad, así como las leyes que rigen dicha actividad. Es necesario conocer los tipos de residuos sólidos captados en la zona ya que cada residuo posee características distintas que al momento de incinerarse liberan contaminantes al ambiente, con las características de los residuos sólidos se puede obtener el poder calorífico que desprenden al ser incinerados.

Generar electricidad por medio de incineración conlleva un proceso que comprende desde la selección de los residuos sólidos aptos para la incineración, control de gases y cenizas de los residuos sólidos, conversión de energía calorífica a mecánica y conversión de energía mecánica a energía eléctrica. Este proceso se detallará en el capítulo de la generación de electricidad a base de incineración.

Los impactos producidos por la generación de electricidad a base de incineración de residuos sólidos, produce impactos positivos y negativos los cuales se ampliarán en el capítulo de impactos. Se destina un capítulo al análisis de la sustentabilidad de la generación a base de incineración, este análisis comprende los aspectos de ambiente, social y económico, ya que es necesario satisfacer estas tres necesidades para que el proyecto sea catalogado como sustentable.

INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de la basura o residuos sólidos es un problema en el ámbito doméstico e industrial porque contamina el ambiente. Los rellenos sanitarios es una forma de manejar los residuos sólidos aunque estos contaminan el área utilizada, debido a la descomposición de los residuos sólidos y por medio de lixiviados pueden llegar a contaminar aguas subterráneas. (Bella Sosa, SNV, 2011).

En la incineración se dejan cenizas de los residuos sólidos, contaminando también el suelo pero tiene la ventaja de que se aprovecha el potencial calorífico de los residuos sólidos y el área necesaria para enterrar las cenizas es mucho menor (CEMPRE, 1998). En una forma precipitada se podría pensar que incinerar los residuos sólidos para la generación de electricidad es una opción que supera a la de rellenos sanitarios convencionales.

Es necesario el análisis de todos los impactos producidos en la actividad de generación de electricidad a base de incineración de residuos sólidos, captados en el relleno sanitario de Villa Nueva, con los datos obtenidos se pueden tener bases para afirmar si esta alternativa integra los tres aspectos de la sustentabilidad siendo rentable económicamente y al mismo tiempo que no ponga en riesgo los requerimientos de la población y del medio ambiente, o afirmar lo contrario.

1. ANTECEDENTES

De la mano de la implementación de incineradoras ha existido rechazo a las mismas, dando paso a los debates en defensa y ataque de esta tecnología. La problemática de qué hacer con la basura o residuos sólidos seguirá existiendo junto con el consumo de productos por parte de las personas, son dos variables directamente relacionadas. La alternativa de incineración de residuos sólidos reduce el espacio requerido para la disposición final de los mismos, esto es debido a que solamente se tiene que manejar las cenizas restantes las cuales son de menor volumen. José Antoni Saiz, en 1995 realizó el estudio del impacto ambiental de las incineradoras, en donde cita “conocer los riesgos ayuda a tomar decisiones para minimizar los impactos” (Saiz, 1995).

La tesis de Roberto Caballeros (2003), en la Universidad Francisco Marroquín, abarca a los desechos sólidos como fuente de energía y material de construcción, en donde la incineración de los residuos es vista como una opción viable para la generación de electricidad en la capital de Guatemala. La red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, afirma que “en cualquier parte donde existe aglomeración de personas se producen los residuos sólidos urbanos y estos pueden ser utilizados para generar electricidad” (Bruzos, 2005).

Aguilar Virgen escribió para la red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, acerca del potencial energético de los residuos municipales, dando a alusión que las reservas mundiales de petróleo disminuyen conforme pasa el tiempo, y una alternativa para generar energía es “la generación de energía a través de los residuos sólidos municipales (basura)

por medio de su combustión directa” (Aguilar-Virgen, 2009). Por medio de la combustión directa se obtiene energía calorífica para aprovecharla en el proceso de la generación eléctrica, aprovechando el potencial energético de la basura.

El informe de Greenpeace, nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos urbanos en el 2011, toma en cuenta los factores negativos de la incineración y el poco desarrollo de nuevas tecnologías para la generación de energía por medio de los residuos sólidos, tomando la postura de que no existe una solución mágica para el problema de la basura, y resalta “El peor camino es procurar su destrucción, por la contaminación que genera y por la pérdida del valor que existe en ellos. Basura cero es el método para aprovechar al máximo el potencial” (Greenpeace, 2011). Esta postura definitivamente rechaza la incineración de residuos sólidos, para su aprovechamiento energético.

Paddington, Inglaterra, fue el primer lugar donde se construyó el primer incinerador en 1870. Pero esta tecnología empezó a tener problemas por la generación de cenizas y malos olores de los cuales se quejaron los pobladores, además de que la eficiencia para la generación de vapor fue demasiado baja y no pudo cumplir con las expectativas esperadas convirtiéndolo en una prueba fallida para la generación de energía. (GAIA, 2002).

Se trabajó en las deficiencias y se construyeron nuevas centrales eléctricas de incineración de residuos sólidos, a partir de entonces esta tecnología sufrió de altos y bajos de producción debido a que otras fuentes de energía como el carbón, gas y petróleo tuvieron costos menores y con una mayor eficiencia, a pesar de los altos y bajos de la incineración esta aun es un recurso para generación de energía y para la eliminación de residuos peligrosos. (GAIA, 2002).

En el 2009 la capacidad de incineración en todo el mundo alcanzó las 350 millones de toneladas correspondientes a 2 180 instalaciones, con una proyección para el 2014 de aproximadamente 420 millones de toneladas. Uno de los principales motivos para recurrir a esta alternativa a pesar de la oposición por los posibles efectos ambientales que puede causar, se debe a la limitante de espacio necesario para depositar los residuos sólidos en los vertederos o rellenos sanitarios. (Study Waste to Energy 2010-2011).

El continente asiático ha incrementado su requerimiento de energía así como la producción de la misma especialmente en China que ahora es uno de los países con mayor consumo a nivel mundial, dando como resultado que la incineración en Asia triplicó a la realizada en Europa, asimismo China ha superado a Japón como el mayor mercado mundial de incineración (Study Waste to Energy 2010-2011). En Guatemala no existe en la actualidad incineradoras de residuos sólidos para la producción de electricidad, pero existen incineradoras para material peligroso “En Guatemala existen empresas dedicadas a la recolección e incineración industrializada de desechos sólidos, pero estos provienen principalmente de hospitales y laboratorios biológicos” (Caballeros, 2003).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En 1998 la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, AMSA, fue nombrada responsable de la administración del vertedero de basura ubicado en el kilómetro 22 de Bárcenas, Villa Nueva. Posteriormente, en el 2000 AMSA tomó las medidas pertinentes para convertir el vertedero en relleno sanitario. Durante el transcurso de la existencia del relleno sanitario, han existido solicitudes de cierre debido al impacto en el ambiente del mismo, con medidas tomadas por AMSA los efectos negativos como malos olores, moscas, material suspendido en el aire se minimizaron (Rodriguez, 2008).

El relleno sanitario sigue funcionando y en proceso de la apertura de su segunda fase, sin embargo, su tiempo de vida se está agotando. La segunda fase tiene una proyección para recibir los residuos sólidos en el transcurso de 5 años (AMSA). Posteriormente, se tendrá que buscar otro lugar para depositar los residuos sólidos, contaminando nuevas áreas. Así que se necesita buscar medidas para prolongar la vida útil del relleno sanitario.

Una alternativa para reducir el volumen depositado en el relleno sanitario es la incineración de los residuos sólidos, lo que reduce el volumen del residuo alrededor de un 29 % del volumen original (Trenholm, 1984). Aun después de que el relleno sanitario llegue a su tiempo de vida útil, la información obtenida en esta investigación puede ser utilizada para la evaluación de otro relleno sanitario en la localidad ya que los residuos generados serán prácticamente los mismos.

En el momento de la incineración de los residuos sólidos se desprende energía calorífica, energía que puede ser aprovechada en el proceso de generación de energía eléctrica por medio de vapor. Parece una solución lógica pero es necesario analizar todos los efectos que conlleva incinerar los residuos sólidos y por medio de investigación responder las siguientes interrogantes.

¿Es sustentable la generación de electricidad por el método de incineración de residuos sólidos en la localidad de Villa Nueva?

La interrogante anterior es la que está ligada al objetivo central en donde se busca analizar la alternativa de incineración de los residuos sólidos captados en el relleno sanitario de Villa Nueva para la generación de electricidad. Para obtener la respuesta a la interrogante central es necesario recolectar información para evaluar los impactos generados por la actividad de una central eléctrica por medio de incinerar residuos sólidos en el área de Villa Nueva.

Específicamente es necesario responder interrogantes como ¿Cuáles son los tipos de residuos que están disponibles en la zona? Así como ¿Cuál es el potencial calorífico al incinerar estos residuos? Por medio de estas interrogantes se puede estimar el potencial energético para generar electricidad por la incineración de residuos sólidos de la zona investigada.

Generar electricidad por medio de incinerar residuos sólidos es una actividad que tiene impactos ambientales tanto positivos como negativos lo que conlleva a tratar de responder ¿Cuáles son los efectos ambientales que impactarán al ecosistema por la incineración de residuos sólidos del relleno sanitario de Villa Nueva? Esta interrogante dará la información necesaria para

describir los impactos en el medio ambiente así como en la salud de las personas que habitan en la zona cercana al relleno sanitario.

¿Qué procedimientos implica la generación de electricidad por medio de la incineración de residuos sólidos? Conocer el procedimiento que implica la generación de electricidad mediante la incineración de residuos sólidos dará una perspectiva amplia para analizar la implementación de una central eléctrica a base de incineración de residuos sólidos, entonces en la investigación se describirá el proceso así como todos los factores que conlleva el proceso.

3. JUSTIFICACIÓN

Las líneas de investigación son: opciones de aprovechamiento de energía e impactos económicos, financieros ambientales.

En promedio, la generación de basura en Guatemala por persona está entre 1 y 2 libras diarias según el poder adquisitivo de las personas, en donde las personas de mayor poder adquisitivo son evidentemente las de mayor producción de basura diaria, “aproximadamente un 50 % de los desechos son orgánicos, mientras otro 40 % corresponde a inorgánicos reciclables (papel, plásticos, vidrios y metales)” (Velasquez, 2000). La población en Guatemala ha aumentado en el transcurrir de los años, así como la producción total de basura, específicamente en 1995 en Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa, la producción de basura fue de 135,8, 47,3, 27,9 toneladas respectivamente, en el 2000 se calcularon para estos tres municipios 165,9, 57,8, 39,3 toneladas de basura, se puede observar el incremento de la basura producida por municipio (Velasquez, 2000).

Actualmente el relleno sanitario de Villa Nueva recibe más de 400 toneladas diarias de basura según AMSA, desaprovechando el poder energético de los residuos pues estos son enterrados en las celdas del relleno sanitario, también debido al volumen de la basura se requiere de gran espacio para su disposición final. Según registros de la entidad, Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán (AMSA), los municipios que utilizan el relleno sanitario ubicado en el km 22 de Villa Nueva son: Villa Canales, San Miguel Petapa, Villa Nueva, Amatitlán, y parte de Mixco. El relleno sanitario tiene una longitud de 950 metros. El ancho del barranco es

irregular, sin embargo, se considera un promedio de 150 metros y su profundidad total se estima en 300 metros (González, 2008).

La investigación sobre los impactos de una central eléctrica a base de incineración de residuos sólidos, es de vital importancia debido a que con los resultados obtenidos se pueden tomar decisiones y directrices para evaluar si es de beneficio general ejecutar este tipo de proyectos o por lo contrario si es más perjudicial que de beneficio en la comuna de Villa Nueva, como lo enuncia José Saiz en el estudio del impacto ambiental de las incineradoras “conocer los riesgos ayuda a tomar decisiones para minimizar los impactos” (Saiz, 1995).

Debido a que el tiempo de vida útil del relleno sanitario llegará pronto a su fin pues actualmente se está llenando la última celda de la fase 1 del relleno sanitario y se encuentra en trámite la autorización para la fase 2 en donde terminará el espacio útil del relleno sanitario, la fase 2 tiene una estimación de máximo 5 años para recibir los residuos sólidos. Implementar una central eléctrica por incineración de residuos sólidos, aprovechará el poder calorífico de los residuos sólidos y a su vez se prolongará la vida útil del relleno sanitario de Villa Nueva, evitando o prolongando el tiempo en que será necesario la contaminación o alteración de nuevas áreas para la disposición final de los residuos sólidos.

El tiempo de vida del relleno sanitario de Villa Nueva se puede ampliar incinerando los residuos sólidos que no se puedan reciclar y que llegan a dicho relleno pues a través de la incineración de residuos sólidos se puede reducir el volumen de los mismos, llegando a ocupar un promedio de 29 % del volumen inicial (Trenholm, 1984).

El poder calorífico obtenido por medio de la incineración se puede aprovechar para hacer trabajar turbinas de vapor, las cuales hacen girar generadores eléctricos por medio de los cuales se obtiene energía eléctrica. La electricidad generada se puede vender al sistema nacional de energía eléctrica y así aprovechar la energía calorífica de los residuos sólidos, generar empleo y aumentar el tiempo de vida útil del relleno.

En esta investigación se analizará los efectos de implementar la generación de energía eléctrica por medio de la incineración de los residuos sólidos captados en el relleno sanitario de Villa Nueva, tomando en consideración la sustentabilidad del proyecto. Para ello es necesario tomar en cuenta variables como el poder calorífico de los residuos sólidos, los impactos ambientales producidos por la quema de los mismos, los beneficios que obtendrá la comunidad. En general la investigación consistirá en hacer un balance de todos los efectos y determinar si es sustentable la actividad de incinerar los residuos sólidos del relleno sanitario de Villa Nueva.

4. OBJETIVOS

General

Presentar un estudio de sustentabilidad para la generación de energía eléctrica a base de incineración de residuos sólidos captados en el relleno sanitario de Villa Nueva, Guatemala.

Específicos

1. Presentar los antecedentes del manejo de la basura de Villa Nueva y la historia de incineración de los residuos sólidos a nivel mundial.
2. Determinar el tipo de residuos sólidos captados en el relleno sanitario de Villa Nueva y cuales son aptos para la incineración.
3. Describir el proceso de una central eléctrica por incineración de residuos sólidos.
4. Detallar la contaminación ambiental debido a la generación de electricidad a base de incineración de residuos sólidos, así como los impactos ambientales, sociales y económicos.
5. Realizar el análisis y evaluación de los impactos provocados por la implementación de una central eléctrica a base de incineración de residuos sólidos del relleno sanitario de Villa Nueva, Guatemala.

5. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIONES

El problema de la generación de basura es un problema mundial el cual se ha tratado de solucionar en algún momento con los rellenos sanitarios, aunque lo idóneo es la reutilización de los recursos (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2002). Aun después de recuperar algunos recursos una gran cantidad de desechos sólidos son enterrados, enterrando también su poder calorífico que puede ser utilizado para la generación de energía eléctrica.

Un estudio para obtener la información necesaria para la toma de decisión de implementar la generación de electricidad por medio de la incineración, es necesaria para aprovechar el poder calorífico de los residuos y reducir el área que se necesita para enterrar las cenizas que quedan después de la incineración. Los residuos sólidos de la localidad tienen que ser manejados responsablemente, es por ello que es necesario el análisis del aprovechamiento del poder calorífico de los residuos de la localidad para generar energía y beneficios a la comunidad.

La investigación proporcionará datos de análisis necesarios para verificar si es sustentable el proyecto de una incineradora para la generación de electricidad en la localidad de Bárcenas, y así obtener provecho de los residuos sólidos y contribuir al medio ambiente, contaminando en una forma más lenta suelos que con los rellenos sanitarios comunes se contaminan en un tiempo más corto debido al área necesaria para enterrar los residuos sólidos sin incinerar.

6. ALCANCES

La investigación es de carácter descriptivo, ya que se estudiará la generación de electricidad por incineración de residuos exponiendo sus propiedades y características que afectan al medio ambiente, lo económico y el ámbito social. Tendrá un rasgo cuantitativo ya que se obtendrán variables como cantidad de residuos incinerados, contaminación generada, impactos generados, ingresos económicos debidos a la cantidad de potencia eléctrica generada a través de los residuos incinerados. Con los resultados obtenidos de la investigación se tendrán herramientas para determinar si la generación de electricidad por incineración de residuos tiene un aspecto sustentable en la localidad, beneficiando a los vecinos que usan el servicio de manejo de basura así como a la Municipalidad de Villa Nueva.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Incineración de residuos

En la incineración se queman los materiales a temperaturas que rondan los 900 °C, para una correcta combustión y que los gases contaminantes sean mínimos es necesario inyectar una cantidad apropiada de aire durante un tiempo específico. En la incineración de residuos sólidos los componentes obtenidos después del proceso son dependiendo su origen, “los compuestos orgánicos son reducidos a sus constituyentes minerales, principalmente dióxido de carbono gaseoso, vapor de agua, y sólidos inorgánicos (cenizas)”. (CEMPRE, 1998).

Incinerar los residuos sólidos produce energía calorífica y reduce el volumen inicial de los mismos, por medio de filtros y una combustión adecuada es posible que en las cenizas queden concentradas las sustancias potencialmente nocivas. El aprovechamiento de la energía que desprende la incineración de los residuos puede ser aprovechada para diversos procesos, “pueden ofrecer un medio que permita la recuperación del contenido energético, mineral o químico de los residuos” (COMISION EUROPEA, 2006).

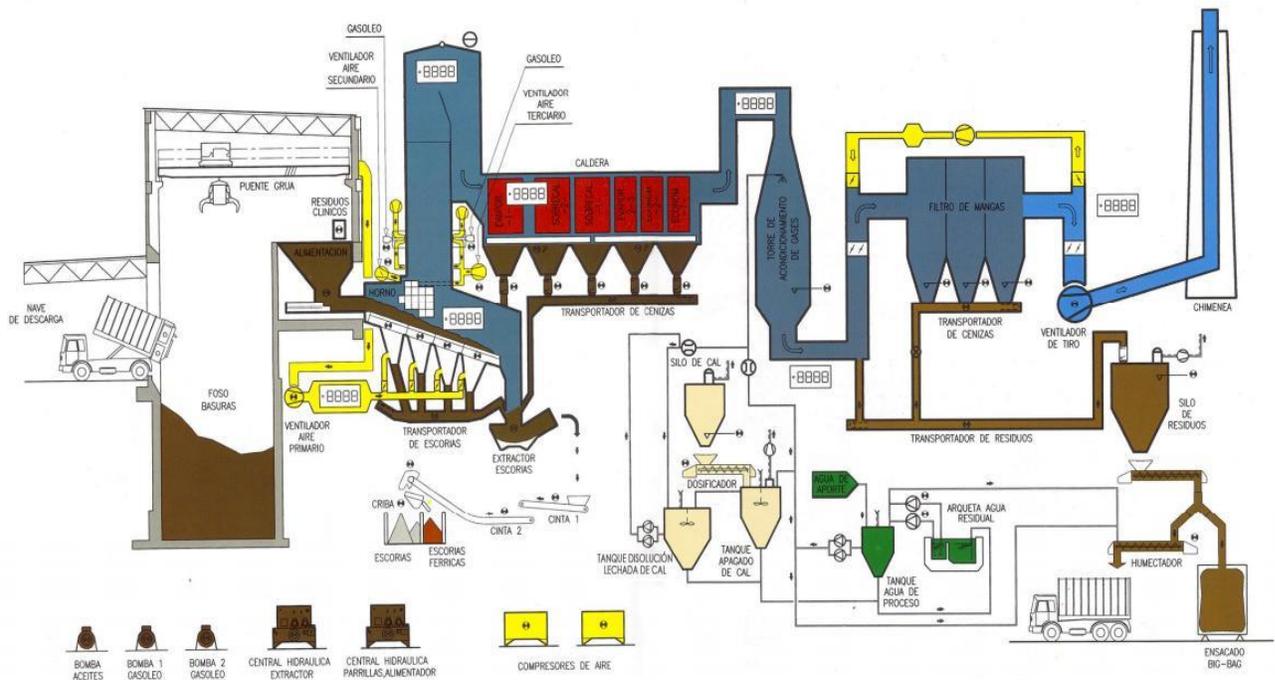
7.2. Generación de electricidad por medio de la incineración

El proceso comienza con la recepción de los residuos sólidos por medio de una garra o grúa, se colocan selectivamente los residuos en el sistema automático de alimentación, estos residuos abastecen el horno en donde se incineran y se obtienen temperaturas elevadas por medio de las cuales se

evapora agua para mover turbinas de vapor y así generar energía eléctrica. En la combustión la combustión se producen cenizas que son retiradas del horno para ser enterradas o utilizadas en materiales de construcción. Para asegurar una correcta combustión es necesario inyectar una corriente de oxígeno en un tiempo requerido según sea el residuo sólido, “al introducir una corriente gaseosa durante al menos dos segundos con exceso de oxígeno, se destruyen todos los compuestos indeseables y se oxida completamente todo el carbono que ha llegado en esa corriente gaseosa” (Centeno, 2006).

El calor que sale se puede aprovechar para procesos industriales o utilizarlo para el pre secado de los residuos sólidos con humedad, así como para la generación de energía eléctrica. Antes de emitir los gases producidos en la incineración a la atmósfera se tienen que someter a un proceso de filtración de cenizas, partículas tóxicas y gases contaminantes del medio ambiente. Si llegará a salir los contaminantes por encima de los niveles que son nocivos para la salud y el medio ambiente, estos contaminantes pueden viajar por medio del aire a otras zonas, “es necesario reducir la contaminación a niveles por debajo de los límites fijados por normativa, y así no se produzcan procesos de dispersión de contaminación de un medio a otro” (Centeno, 2006).

Figura 1. Diagrama de una planta de incineración



Fuente: REMESA, 2006.

7.3. Tipos de residuos sólidos

Cada población tiene hábitos propios que determinan el tipo de residuos sólidos que desechan los cuales llegan al relleno sanitario o vertedero. Los residuos se pueden clasificar según su origen, pues de ello depende la composición molecular de los mismos y el tratamiento o gestión adecuada para cada uno de ellos, “según su origen se clasifican en: residuos sólidos urbanos, residuos industriales, residuos rurales (ganaderos y agrícolas), residuos sanitarios” (Bella Sosa, SNV, 2011).

En la gestión de residuos sólidos, se pueden clasificar por su peligrosidad en residuo peligroso, residuo no peligroso/ asimilables a urbanos, residuo

inerte. A cada uno le corresponde un tipo de gestión diferente pues los materiales peligrosos tienen que ser incinerados o encriptados en lugares con niveles de seguridad alta. (Bella Sosa, SNV, 2011).

Una buena parte de los residuos sólidos se pueden reciclar aproximadamente el 40 % es apto para el reciclaje, esto dependiendo de los hábitos de la población. El 60 % son materiales que no son recuperables o que el costo de recuperación es alto como para ser atractivo su reciclaje, estos son atractivos para el proceso de descomposición o incineración pues son ricos en energía (Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, 2010).

La caracterización de los residuos sólidos es muy importante para una correcta incineración pues incinerar un residuo desconocido puede provocar tratarlo en condiciones no aptas para sus características y ocasionar desastres para el medio ambiente. (CEMPRE, 1998).

Los puntos esenciales en la caracterización de un residuo son el poder calorífico inferior (PCI), las cenizas, la humedad, y su composición química. El PCI es el indicador de cuánto calor genera la incineración del residuo, el valor promedio para los residuos sólidos domiciliarios es de 5,44 MJ/kg. Las cenizas que son producto de la incineración están constituidas por material mineral, carbono, metales y dioxinas. La humedad se relaciona con el grado de trabajo para recuperar la energía por medio de incineración. La composición química depende del residuo incinerado, en función al residuo pueden estar presentes componentes como carbono, hidrogeno, oxigeno, azufre, óxido nitroso, y en la incineración se puede llegar a producir gases corrosivos y tóxicos que afectan al medio ambiente en general. (CEMPRE, 1998).

7.4. Muestreo de residuos sólidos

El relleno sanitario, generalmente no recibe la misma cantidad y tipo de basura, que la que es generada por la comunidad, esto es debido a que se pueden recuperar materiales por medio del reciclado entre los cuales se encuentran papeles, cartones, botellas y metales. Sin embargo, llega un porcentaje de estos materiales al relleno sanitario, materiales que son extraídos por personas autorizadas que se dedican al reciclaje. En el relleno sanitario, todos los otros residuos sólidos a excepción de los que contienen gran porcentaje de humedad, son los que serán analizados pues son los que tienen como destino ser enterrados desperdiciando su poder calorífico.

7.5. Método de American Public Works Association (APWA)

Este método se enfoca en preparar la muestra de basura para posteriores análisis, principalmente químicos. Se toma como muestra inicial residuos mixtos con por lo menos 500 libras y los cuales deben estar bien mezclados. La preparación de la muestra es necesario realizarla con la mayor rapidez posible para evitar la alteración excesiva del índice de humedad y evitar que se inicie el proceso de descomposición de los residuos sólidos. Después de obtenida la muestra de los residuos sólidos, estos deben ser triturados o cortados para tener una muestra compacta y lo más uniforme posible, se recomienda llegar a tener partículas que no excedan 1-1/2 pulgadas.

A continuación los residuos sólidos se colocan sobre una superficie impermeable y se dividen en cuatro partes, se extrae aproximadamente un pala de cada cuarto mezclándolas con las otras tres porciones restantes de residuos. El contenido de las cuatro palas debe ser bien mezclado y esa será la muestra

que se lleve al laboratorio, tomando aproximadamente 10 libras del residuo sólido (Sakurai, 1983).

7.6. Poder calorífico de los residuos

Existen dos rangos del poder calorífico, el poder calorífico inferior (pci) y el poder calorífico superior (pcs), cada uno tiene un rango de energía asociada a la condensación del vapor de agua contenido en los gases de su combustión. Es posible calcular el pci por medio del método analítico y el método práctico, el analítico consiste en sumar los poderes calóricos de los elementos principales que forman la muestra de basura, ponderados por su fracción en peso, descontando de la cantidad de hidrógeno total la que se encuentra ya combinada con el oxígeno (Diego Moratorio, 2012).

$$PCI \left(\frac{kcal}{kg} \right) = 8.140 \cdot C + 29000 \cdot \left(H - \frac{O}{8} \right) 2.220 \cdot S - 600 \cdot H_2O$$

El método práctico consiste en calcular el pci a partir del valor del pcs hallado mediante el ensayo de poder calórico. Para poder hallar el pci basta con restarle el calor de cambio de estado del agua. Para ello se precisa conocer la cantidad de H del combustible y la humedad. (Diego Moratorio, 2012).

$$PCI \left(\frac{kcal}{kg} \right) = PCS \left(\frac{kcal}{kg} \right) - 597 \cdot (9 \cdot H + H_2O)$$

7.7. Contaminación ambiental

La contaminación es la modificación de las condiciones naturales de un elemento específico, en el ambiente se hace presente por el aumento o disminución de sustancias, esto puede ser por la elaboración de un proceso,

cada actividad que se realiza puede llegar a tener efectos contaminantes, existen parámetros que establecen los niveles máximos de contaminación para determinado entorno, minimizando los riesgos a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental (Claudio Alfredo, 2000).

El aire, el agua y el suelo, constituyen los medios donde se vierten los residuos generados por el hombre, contaminando ríos, lagos, tierras y el aire. Dichos residuos con el tiempo se descomponen y participan en procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en el medio natural, sufriendo transformaciones y, en muchos casos, alterando el funcionamiento de los ecosistemas así como pueden afectar la salud humana (Claudio Alfredo, 2000).

Los contaminantes pueden ser primarios o secundarios, los primarios son los que se emiten directamente a la atmósfera debido a procesos naturales o antropogénicos. Los secundarios son los que se generan por reacciones químicas que algunos contaminantes primarios sufren en la atmósfera. Entre los contaminantes primarios generados por la actividad humana están los compuestos de azufre, compuestos de nitrógeno, compuestos orgánicos, compuestos metálicos, ruido, radiaciones ionizantes. Entre los contaminantes secundarios, están aquellos generados por reacciones fotoquímicas. “La contaminación fotoquímica es el producto de una serie de reacciones químicas complejas entre diversos constituyentes descargados a la atmósfera urbana. Cuando estos reaccionan bajo condiciones de luz solar brillante, generan una mezcla de contaminantes agresivos denominada smog fotoquímico” (Claudio Alfredo, 2000).

La contaminación tiene lugar en todo el medio ambiente ya sea en el agua, tierra, aire. El agua es contaminada generalmente por residuos líquidos

tanto en corrientes superficiales como en corrientes del manto freático. El aire es contaminado por partículas tóxicas o dioxinas que son nocivas para la salud animal y vegetal, además algunas de estas partículas contaminantes son causantes del calentamiento global. El suelo contaminado por químicos es un vector importante en la dispersión de contaminantes y los productos comestibles llegan a tener un grado de contaminación peligroso si es que el suelo es aun capaz de generar vegetación, además el suelo constituye una vía para la contaminación de aguas subterráneas por el lixiviado de los contaminantes (Claudio Alfredo, 2000).

7.8. Emisiones comunes de la incineración

La incineración de residuos sólidos urbanos, es la una fuente importante de dioxinas, las cuales son extremadamente peligrosas para la salud. En países industrializados en donde la incineración de residuos no es una práctica extraña, las emisiones de por esta actividad llega a representar entre el 40 y el 80 % de las emisiones a la atmósfera de dioxinas, esto es un grave problema en la contaminación ambiental debido a que esta contaminación puede ser transportada por viento, suelo o agua a otras áreas (GAIA, 2003).

Los contaminantes tienen la capacidad de desplazarse a cualquier punto del globo, y pueden afectar a todos los seres vivos que habitan en las zonas afectadas. En la incineración se emiten metales pesados como el plomo y cadmio, estos metales son persistentes y presentan diversidad de impactos negativos en la salud. Las partículas que contienen metales pesados, como las que se emiten desde incineradoras, son perjudiciales para todo el medio ambiente, es por eso que las incineradoras deben invertir en filtros capaces de retener tales contaminantes, aunque siempre existe fuga de estos

contaminantes haciendo a esta tecnología muy peligrosa para la salud ambiental (GAIA, 2003).

Las cenizas que se generan como resultado de la incineración, contienen numerosas sustancias químicas peligrosas, como las dioxinas y los metales pesados. La mayoría de las cenizas se depositan en vertederos, lo que puede generar la contaminación del subsuelo y aguas subterráneas. Se ha documentado la contaminación de las aguas subterráneas por compuestos que han lixiviado desde los residuos, y en particular metales pesados como plomo y cadmio, procedente de las cenizas volantes (Allsopp, 2001).

7.9. Generación de energía eléctrica

- Central eléctrica

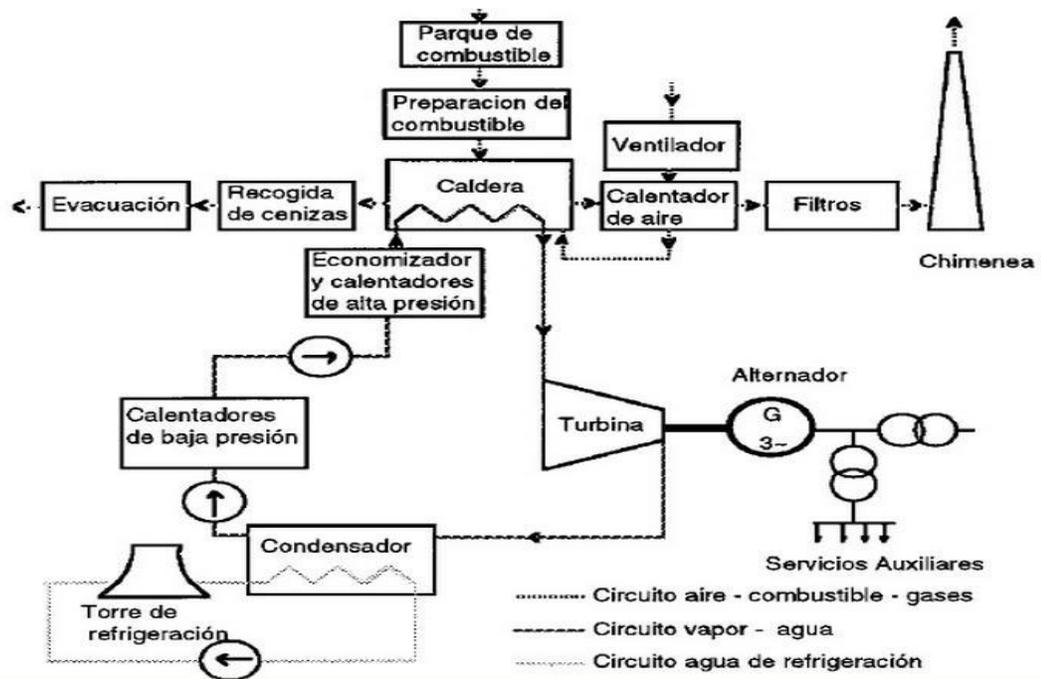
Una central eléctrica está compuesta por instalaciones diferentes que es su conjunto trabajan para la generación de energía eléctrica. La central eléctrica térmica de turbina de vapor se compone de: calderas, turbinas, generadores. Esencialmente este tipo de centrales produce energía eléctrica a través de vapor de agua que alimenta una turbina de vapor, esta última transforma la presión del vapor a energía mecánica la cual es aprovechada por el generador síncrono, obteniendo así energía eléctrica de corriente alterna (Orille, 1993).

- Generadores síncronos

Los generadores sincrónicos son máquinas en donde los campos magnéticos del estator y rotor están sincronizados, estos generadores son capaces de convertir potencia mecánica en potencia eléctrica

alterna. En un generador sincrónico se aplica una corriente de corriente directa al devano del rotor, cuando el rotor gira ayudado por un fuerza o motor primario, produce un campo magnético. El campo magnético rotacional induce un grupo trifásico alterno de voltajes en los devanados del estator del generador (Chapman).

Figura 2. Esquema de una central térmica de vapor



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Paint.

- Turbinas de vapor

La turbina de vapor es una máquina de flujo de vapor en la que se transforma la energía de un flujo de vapor a energía mecánica, el flujo de vapor después de realizar trabajo puede llegar a condensarse saliendo con menor cantidad de energía. El hecho de la utilización del vapor como fluido de trabajo se debe a la elevada energía disponible por unidad de kg de fluido de trabajo. Existe un diferencial entre la presión de entrada y de salida de la turbina, lo que hace necesario producir esta expansión en distintas etapas, escalonamientos, aunque sin dejar a un lado que cada etapa más significa el aumento de costo económico en la construcción (Lostaunau, 2007).

- Calderas

Una caldera se puede definir como un recipiente cerrado en el cual el agua se evapora en forma continua por la aplicación de calor. Generalmente el calor es producto de la quema de un combustible fósil en el horno de la caldera. Para seleccionar una caldera hay que considerar ciertos parámetros según se requiera el uso de ella, la caldera requiere del cambio de quemadores de aceite a gas y viceversa para disminuir costos operacionales, minimizar daños en la caldera y ahorrar energía. (Callejon, 2006).

- Sustentabilidad

El concepto, sustentable, tuvo una amplia divulgación a partir del Relatorio Brundtland —Nuestro Futuro Común— (WCED, 1987), allí se define como, “aquel que responde a las necesidades del presente de

forma igualitaria pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras”. Existen dos elementos centrales en esta definición: a) la garantía para las futuras generaciones de un mundo físico-material y de seres vivos igual o mejor al que existe actualmente; y, b) un desarrollo con equidad para las presentes generaciones.

La garantía de un mundo natural para las futuras generaciones, se refiere, a explotar de una forma racional los recursos pues es indispensable pensar el futuro cercano con el más lejano pues los recursos que ahora explotamos no son infinitos, y si no se utilizan adecuadamente se puede comprometer los recursos que pertenecen a generaciones futuras. Suecia que es uno de los líderes en sustentabilidad tiene la definición de una sociedad sustentable como: “una sociedad en la cual el desarrollo económico, el bienestar social y la integración están unidos con un medioambiente de calidad. Esta sociedad tiene la capacidad de satisfacer sus necesidades actuales sin perjudicar la habilidad de que las generaciones futuras puedan satisfacer las suyas” (Calvente, 2007).

No puede pensarse la equidad si se analiza la sociedad como una unidad. Tampoco puede medirse la equidad si se utilizan promedios que ocultan, precisamente, las diferencias sociales (Foladori, 1999). Para la ONU el desarrollo sustentable incorpora, como variables estrechamente interdependientes, la actividad económica, la protección ambiental, la disminución de la pobreza y de las desigualdades sociales, generando con ello un mayor bienestar de las comunidades. (Martinez, 2005).

El término “sustentabilidad” sufrió diferentes transformaciones a lo largo del tiempo hasta llegar al concepto moderno basado en el desarrollo de los sistemas socioecológicos para lograr una nueva configuración en las tres dimensiones centrales del desarrollo sustentable: la económica, la social y la ambiental (Leff, 1998).

8. ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES DEL MANEJO DE LA BASURA DE VILLA NUEVA

1.1. Historia del relleno sanitario de Villa Nueva

1.2. Manejo de la basura en el relleno sanitario de Villa Nueva

1.3. Problemática del espacio requerido en la disposición final de la basura

2. INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

2.1. ¿Qué son los residuos sólidos?

2.2. Historia de la incineración

2.3. Legislación internacional

2.4. Legislación en Guatemala

3. RESIDUOS SÓLIDOS DISPONIBLES EN EL RELLENO SANITARIO DE VILLA NUEVA

3.1. Muestreo de residuos

- 3.2. Clases de residuos y sus componentes
 - 3.3. Cantidad de residuos aptos para la incineración
 - 3.4. Poder calorífico de los residuos aptos para la incineración
4. CENTRAL ELÉCTRICA POR INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
- 4.1. Descripción del proceso en la generación de electricidad a base de incineración de residuos sólidos
 - 4.2. Cantidad estimada de potencia eléctrica producida con los residuos de la zona
5. CONTAMINACIÓN DEBIDO A LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A BASE DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
- 5.1. Definición de la contaminación del medio ambiente
 - 5.2. Contaminantes debido a la incineración de los residuos sólidos de la zona
 - 5.3. Límites de emisión para la salud humana y el ecosistema
 - 5.4. Medidas de mitigación de los contaminantes producidos en la incineración
6. IMPACTOS EN LA ZONA POR LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A BASE DE INCINERACIÓN
- 6.1. Ambientales
 - 6.2. Económicos
 - 6.3. Sociales
7. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA POR INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL RELLENO SANITARIO DE VILLA NUEVA

- 7.1. Definición de proyecto sustentable
- 7.2. Síntesis de los impactos generados por la central eléctrica de incineración
- 7.3. ¿Es sustentable la producción de electricidad por incineración de residuos sólidos del relleno sanitario de Villa Nueva?

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Descripción de la investigación

La investigación se realizará en el relleno sanitario de Villa Nueva, Guatemala. El diseño de la investigación es de tipo no experimental pues se tomarán variables como poder calorífico e impactos de la incineración de residuos sólidos pero no se manipulará ninguna variable, la relación de las variables en el proceso de incineración de residuos sólidos del relleno sanitario de Villa Nueva para generar electricidad, es la base de esta investigación. La investigación tiene un enfoque de tipo cuantitativo ya que se estudia las variables como; cantidad de tipo de residuo sólido, cantidad de contaminantes liberados al incinerar los residuos sólidos, cantidad de energía eléctrica generada al incinerar los residuos sólidos. El alcance de la investigación es del tipo descriptivo pues se enfoca en mediciones con las que se podrán establecer bases para la predicción los efectos tanto positivos como negativos, describiendo las características para su posterior análisis en el área de sustentabilidad.

Los recursos necesarios para el progreso de la investigación son tanto materiales, económicos, humanos. Es indispensable la colaboración de personal que separe los residuos para la obtención de las muestras que se analizarán posteriormente, el apoyo de personas capacitadas en el tema ambiental, así también el uso de laboratorio para determinar el poder calorífico, y todos los recursos que sean útiles para el progreso de esta investigación. La metodología comprende las siguientes fases:

- Fase I

- Obtención de muestras de los residuos sólidos del relleno

Los datos obtenidos serán por muestreo, se obtendrán muestras de los materiales que sean los adecuados para la incineración, descartando aquellos que son tomados para su posterior reciclaje, el reciclaje es ejecutado por personal autorizado por AMSA. Las muestras serán divididas por cada tipo de residuo y también la mezcla de ellas, posteriormente por medio de laboratorio, será obtenido el poder calorífico así como los contaminantes que se liberan al momento de incinerar los elementos. Los niveles de contaminación emanados por las incineradoras con tecnología actual serán investigados en esta fase, recurriendo a material bibliográfico así como artículos de experiencias en plantas de este tipo.

- Fase II

- Factores involucrados en la incineración de los residuos sólidos de la zona

Los componentes de los residuos sólidos que son posibles fuentes de contaminación serán obtenidos por medio de mediciones de laboratorio, también se apoyará la investigación en fuentes documentales o bibliográficas para obtener datos sobre los impactos de los contaminantes al ecosistema, también se investigara los límites de exposición del ser humano hacia los contaminantes producidos en la incineración de residuos sólidos y los efectos en la salud humana por la exposición de la contaminación emanada por la actividad de incinerar residuos sólidos. Asimismo, con el apoyo de fuentes documentales y bibliográficas se investigara los métodos actuales para

minimizar los elementos contaminantes liberados al medio ambiente, y a la vez determinar cuáles son los niveles de contaminación liberados al ambiente utilizando los métodos mencionados.

- Fase III
 - Generación de electricidad por incineración de residuos sólidos

Es necesario tener conocimiento del proceso que involucra la generación de electricidad por medio de la incineración de residuos sólidos, esto amplía la visión sobre los posibles impactos, tanto los negativos como los positivos, se recurrirá a material bibliográfico y a experiencias obtenidas por plantas de generación a base de la incineración de residuos sólidos. Con los datos obtenidos del poder calorífico disponible de los residuos sólidos es posible cuantificar la cantidad de energía eléctrica que se puede generar, lo cual se realizará por medio de cálculos que involucran la conversión electromecánica. Es importante conocer el procedimiento y las normas guatemaltecas para poder vender la energía generada, pues al vender dicha energía se aprovecharía el recurso que actualmente se continúa enterrando.

El área afectada es la de Villa Nueva y las poblaciones más cercanas que podría sufrir efectos de la contaminación son: Bárcenas, Naciones Unidas, alamedas de Santa Clara, y el parque nacional Naciones Unidas. Es en la población mencionada en donde se enfoca los impactos de generar electricidad por medio de la incineración. También se toma en cuenta los impactos ocasionados globalmente ya que esta contaminación puede ser transportada por el viento contaminando otras áreas.

- Fase IV
 - Análisis de la Información

Con todas las variables obtenidas, es posible realizar un balance entre las áreas ambiental, social y económica, pues estas tienen que estar en armonía. Es necesario buscar soluciones a la problemática del espacio requerido para la eliminación o almacenamiento de la basura, esto se debe hacer desde la perspectiva de la sustentabilidad, para no comprometer el futuro del ecosistema así como el presente. En base a la sustentabilidad se realizará un análisis de la información para determinar si es apropiada la realización de este tipo de proyecto con los residuos sólidos del relleno sanitario de Villa Nueva.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información obtenida por el muestreo se hará siguiendo un procedimiento de elección aleatoria de 8 camiones transportadores de basura. Las variables obtenidas serán: el contenido de tipo de material de residuos sólidos en la muestra, el poder calorífico de la mezcla de los residuos sólidos, cantidad potencial de gases contaminantes. El análisis de varianza se aplicará para los datos, verificando qué desviación tienen los datos de la muestra, con esto se tendrá una mayor certeza para enunciar los impactos por la magnitud de las variables manejadas en las condiciones actuales de los recursos disponibles, que en este caso son los residuos sólidos que capta el relleno sanitario de Villa Nueva. Los resultados de los datos tendrán un alcance descriptivo ya que por medio de estos se describirá los impactos probables que surgirán por la operación de la central eléctrica a base de incineración de residuos.

11. CRONOGRAMA

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
FASE I																									
Obtener que tipos de residuos recibe el relleno																									
Obtener la cantidad de residuos por cada tipo																									
Adquirir muestras de cada tipo de residuo																									
Obtener datos del poder calorífico de los residuos en laboratorio																									
FASE II																									
Determinar por medio de investigación, los niveles de contaminación por incineración con tecnología actual																									
Investigar impactos y los límites de exposición humana por incineración de residuos sólidos																									
Investigar impactos en el ecosistema por la actividad de una central eléctrica a base de incineración de residuos																									
FASE III																									
Determinar cuánto se puede generar de electricidad																									
Determinar cuánto dinero generará por la producción de electricidad																									
Investigar el mecanismo para vender la electricidad																									
FASE IV																									
Análisis y evaluación de todos los efectos obtenidos en esta investigación desde el punto de vista sustentable																									

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación será financiada por el estudiante, es necesario el apoyo de personal autorizado por AMSA (guajeros) para la recolección y separación de residuos sólidos, se conversó con este personal y se mostró dispuesto a cooperar en la investigación. Se cuenta con la asesoría de personal profesional de la USAC y la asesoría de una ingeniera externa a la USAC con conocimientos en el tema, también se cuenta con material bibliográfico como guía para la ejecución de la investigación, a continuación se presenta un presupuesto que detalla los recursos económicos necesarios en la elaboración de la investigación:

Tabla I. **Recursos económicos para la investigación**

Actividad	costo Q	cantidad	total Q
Pago por persona en la separación de los residuos sólidos	1 800,00	2	3 600,00
Análisis de la muestra en laboratorio	192,00	8	1 536,00
Gastos de transporte	800,00	1	800,00
Gastos para encuestas a la población	500,00	1	500,00
Adquisición de material bibliográfico extra	600,00	1	600,00
Servicios profesionales de asesor	2 500,00	1	2 500,00
Gastos varios	400,00	1	400,00
			9 936,00
Incerteza			993,60
TOTAL ESTIMADO			10 929,60

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la factibilidad técnica, se solicitará asesoría con expertos que tengas experiencia, habilidad y conocimiento en el tema, documentación bibliográfica de proyecto de energía eólica que puedan ser necesarios para efectuar la actividad que requiera la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos. (2002). La basura y el cambio del clima.
2. Aguilar-Virgen. (2009). El potencial energético de los residuos sólidos municipales. Revista FI-UADY.
3. Allsopp, M. (2001). Incineración y salud humana. Laboratorios de investigación de Greenpeace: Universidad de Exeter, Reino Unido.
4. Bella Sosa, SNV. (2011). Manejo de residuos sólidos.
5. Bruzos, G. (2005). La utilización de residuos sólidos con fines de generación eléctrica. Cuba: Instituto de información científica y tecnológica.
6. Caballeros, R. (2003). Desechos sólidos: Fuente de energía y material de construcción. Guatemala: Universidad Francisco Marroquín.
7. Callejon, A. (2006). Maquinas térmicas. Alfa Omega.
8. Calvente, A. (2007). El concepto moderno de sustentabilidad. UAI.
9. CEMPRE, U. (1998). Residuos sólidos urbanos. Uruguay.

10. Centeno, L. M. (2006). Guía sobre gestión energética municipal. Aprovechamiento energético de residuos sólidos urbanos. Madrid, España: Federación de municipios de Madrid.
11. Chapman, S. (s.f.). Maquinas Eléctricas. McGraw Hill.
12. Claudio Alfredo, Z. Z. (2000). introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos. Chile: Universidad de Concepción.
13. COMISION EUROPEA. (2006). Prevención y control integrado de contaminación. Instituto de Estudios Tecnológicos Prospectivos (Sevilla).
14. Diego Moratorio, I. R. (2012). Conversión de residuos sólidos urbanos en energía. Uruguay: Universidad de Montevideo, memoria de trabajos de difusión científica.
15. EDPAC. (2011). Impactos ambientales del modelo de producción y consumo.
16. Foladori, G. (1999). sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales. Ambiente y sociedad.
17. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. (2010). Guía de valorización energética de residuos. España.
18. GAIA. (2002). Que es la incineración. Alianza Global para Alternativas a la incineración GAIA.
19. GAIA. (2003). Incineración de residuos. GAIA.

20. González, A. R. (Octubre de 2008). Revisión ambiental inicial, previa a la implantación de la norma ISO 14001 en el sitio de disposición final en Bárcenas Villa Nueva. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
21. Greenpeace. (2011). Nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos: viejos riesgos y ninguna solución. Greenpeace.
22. Instituto Nacional de Estadística. (s.f.). Recuperado el 24 de Julio de 2013, de ine.gob.gt
23. Leff, E. (1998). Saber ambiental. México: pnuma.
24. Lostaunau, L. M. (2007). Calderas y turbinas de vapor para la generación de energía eléctrica. UNMSM.
25. Martínez, O. (2005). desarrollo sustentable. Universidad de Quintana Roo.
26. Medina, M. (1999). Reciclaje de desechos sólidos en América Latina. Frontera Norte.
27. Orille, A. (1993). Introducción al sector eléctrico y al sistema de energía eléctrica. Catalunya: Ediciones UPC.
28. Roben, E. (2002). Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales. Recuperado el 25 de Julio de 2013, de Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: http://www.bvsde.paho.org/curso_rsm/e/fulltext/loja.pdf

29. Rodríguez, E. E. (2008). diagnóstico ambiental relleno sanitario Barcenas, Villa Nueva.
30. Saiz, J. (1995). Impacto ambiental de las incineradoras. UPM.
31. Sakurai, K. (1983). Análisis de residuos sólidos municipales. CEPIS.
32. (s.f.). Study Waste to Energy 2010-2011.Ecoprog.
33. Velasquez, L. (2000). Estrategias de concientización ante el impacto ambiental de los desechos sólidos en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala". Universidad de San Carlos de Guatemala.