

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA
INCINERADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL
ESTADO DE TLAXCALA”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

PRESENTA:

ING. EIRE BAHENA PANIAGUA

DIRECTOR DE TESIS:

MTRO. CRISANTO TENOPALA HERNÁNDEZ

CO-DIRECTOR DE TESIS

DRA. ALEJANDRA TORRES LÓPEZ

Apizaco, Tlax., 03 de Agosto de 2018

ASUNTO: Aprobación del trabajo de Tesis de Maestría.

DR. JOSÉ FEDERICO CASCO VÁSQUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN.
P R E S E N T E.

Por este medio se le informa a usted, que los integrantes de la **Comisión Revisora** para el trabajo de tesis de maestría que presenta el **ING. EIRE BAHENA PANIAGUA** con N° de control **M06650267**, candidato al grado de **Maestro en Ingeniería Administrativa** y egresado del **Instituto Tecnológico de Apizaco**, cuyo tema es: **"ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA INCINERADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL ESTADO DE TLAXCALA"**, fue:

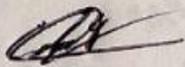
A P R O B A D O

Lo anterior, al valorar el trabajo profesional presentado por el candidato y constatar que las observaciones que con anterioridad se le marcaron así como correcciones sugeridas para su mejora ya han sido realizadas.

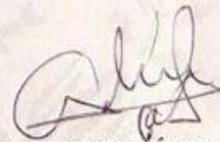
Por lo que se avala se continúe con los trámites pertinentes para su titulación.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

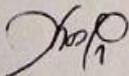
LA COMISIÓN REVISORA



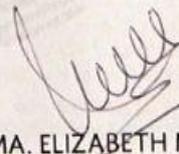
M.C. CRISANTO TENOPALA HERNÁNDEZ



DRA. ALEJANDRA TORRES LÓPEZ



M.A.N. KARLA GONZÁLEZ HIDALGO



DRA. MA. ELIZABETH MONTIEL HUERTA

C. p.- Interesado



Apizaco, Tlax., 07 de Agosto de 2018

No. OFICIO: DEPI/286/18

ASUNTO: Se Autoriza Impresión de Tesis de Grado.

ING. EIRE BAHENA PANIAGUA
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO
EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
No. de Control: M06650267
PRESENTE.

Por este medio me permito informar a usted, que por aprobación de la Comisión Revisora asignada para valorar el trabajo, mediante la Opción: I Tesis de Grado por Proyecto de Investigación, de la Maestría en Ingeniería Administrativa, que presenta con el tema: "ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA INCINERADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL ESTADO DE TLAXCALA" y conforme a lo establecido en el Procedimiento para la Obtención del Grado de Maestría en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios de Posgrado e Investigación a mi cargo le emite la:

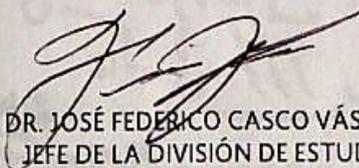
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar un ejemplar del mismo debidamente encuadernado y seis copias en CD en formato PDF, para presentar su Acto de Recepción Profesional a la brevedad.

Sin otro particular por el momento, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

EXCELENCIA EN EDUCACIÓN TECNOLÓGICA®
PENSAR PARA SERVIR, SERVIR PARA TRIUNFAR®

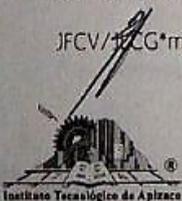

DR. JOSÉ FEDERICO CASCO VÁSQUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE ESTUDIO
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p.- Consecutivo.

JFCV/TCG*mebr



Fecha de certificación:
07/08/2018
Registro: 001/2018
Fecha de renovación:
08/08/2020
Certificado No.: 001/2018



Fecha de certificación:
07/08/2018
Registro: 001/2018
Fecha de renovación:
08/08/2020
Certificado No.: 001/2018



ABSTRACT

Over time, the economic and population growth experienced by countries around the world, in recent years has resulted in a process of increasing urbanization, which has influenced the modification of global consumption patterns, which reflects in an increase in the quantity and heterogeneity of the solid waste that is produced, colloquially known as "garbage".

The present investigation consists of five chapters that helped for the development of the project, the first chapter has the foundations that consist of all those topics that are related to the pollution and its effects on the environment as well as the human being, of the As the planet is affected by these residues that are growing day by day due to the new brands that are incorporated into the market, research is carried out in scientific articles that talk about the new technologies that today are the boom of development in promoting a solution to the problems are hauled by the large tons of garbage that reach the landfill that in the worst case these are no longer so viable to continue working, these innovative technologies are the incinerators of urban solid waste with a plus, generate electric power.

The second chapter talks about the variables that have an effect directly with the problem that is trying to solve, what kind of research will be carried out, with which techniques each of the variables will be validated, there is a brief explanation of each one of the 4 fillings that the state of Tlaxcala has.

The third chapter covers the technical study that is one of the most important because in it we have part of a solution to the problem since we have to do a field and historical study to know which is the ideal place to place, in this If the urban solid waste plant, which is its best location, which materials, equipment and machinery is being used, the study showed that with 28 workers the plant will work without any problem for 10 consecutive years working 365 days a year; a layout is also developed to know how the plant is distributed and take advantage of each square meter of the land.

The fourth chapter is related to the previous chapter and this is the economic study, where you will have to carry out an investigation of all the costs that may be inside the company in order to get a total investment of the project and determine whether or not it is feasible the implementation of the project. The last chapter is the compilation of the results that were reached in all the research of the project.



RESUMEN

La presente investigación consta de cinco capítulos que ayudaron para el desarrollo del proyecto, se tiene como primer capítulo los fundamentos que consisten en todos esos temas que están relacionados con la basura la contaminación y sus efectos al medio ambiente así como también al ser humano, del como se ve afectado el planeta ante estos residuos que día a día están creciendo debido a las nuevas marcas que se incorporan al mercado, se realiza investigación en artículos científicos que hablan sobre las nuevas tecnologías que hoy en día son el boom del desarrollo en fomentar una solución a los problemas que se han acarreados por las grandes toneladas de basura que llegan al relleno sanitario que en el peor de los casos estos ya no son tan viables para seguir funcionando, estas novedosas tecnologías son las incineradoras de residuos sólidos urbanos con un plus, generar energía eléctrica.

En el segundo capítulo se habla de las variables que tienen un efecto directamente con el problema que se intenta dar solución, que tipo de investigación se llevará a cabo, con que técnicas se validaran cada una de las variables, se describe una breve explicación de cada uno de los 4 rellenos con que cuenta el estado de Tlaxcala.

En el tercer capítulo abarca el estudio técnico que es uno de los más importantes ya que en ello se tiene parte de una solución del problema por lo que se tiene que hacer un estudio de campo e histórico para conocer cuál es el lugar idóneo para colocar, en este caso la planta de residuos sólidos urbanos, cuál es su mejor ubicación, que materiales, que equipos y maquinaria se propone utilizar, el estudio arrojo que con 28 trabajadores la planta trabajara sin ningún problema por 10 años consecutivos trabajando los 365 días del año; se desarrolla también un layout para conocer como está distribuida la planta y aprovechar cada metro cuadrado del terreno.

El cuarto capítulo va relacionado con el capítulo anterior y este es el estudio económico, donde se tendrá que realizar una investigación de todos los costos que puedan haber dentro de la empresa para así poder calcular la inversión total del proyecto y determinar si es o no factible la implementación del proyecto. El ultimo capitulo es la recopilación de los resultado a los que se llegó en toda la investigación del proyecto.



A mi director de tesis el Mtro. Crisanto Tenopala Hernández, por el apoyo brindado, su disposición, comprensión y paciencia durante la realización de esta investigación.

A la Coordinación General de Ecología Tlaxcala por las facilidades brindadas para esta investigación.

Al consejo de ciencia y tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado para la culminación de la maestría



ÍNDICE

1. CAPÍTULO I PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN	XV
1.1. Planteamiento del problema	xvi
1.2. Preguntas de investigación	xix
1.3. Objetivos	xix
1.3.1. Objetivo general	xix
1.3.2. Objetivos específicos	xix
1.4. Hipotesis	xix
1.5. Justificación	xx
1.6. Alcance y limitaciones	xxiii
1.6.1. Alcance	xxiii
1.6.2. Limitaciones	xxiii
1.7. Tipo de investigación	xxiv
2. CAPÍTULO II FUNDAMENTOS	1
2.1. Estado del arte	2
2.1.1. Antecedentes para la gestión de residuos.	2
2.1.2. Normatividad en materia de residuos sólidos	3
2.1.3. Residuos solidos urbanos en mexico	5
2.1.4. Tratamiento de residuos sólidos urbanos en europa y méxico	7
2.2. Incineracion de residuos solidos urbanos	10
2.3. Marco teorico	12
2.4. Antecedentes de los residuos solidos urbanos	13
2.5. Origen de los residuos sólidos urbanos	14
2.6. Gestion y manejo de los residuos solidos urbanos	14
2.7. Clasificación de los residuos sólidos urbanos	16
2.8. Generación y gestión de los residuos sólidos urbanos	17
2.9. Residuos sólidos	19
2.10. Sistemas de tratamiento y eliminación	22
2.11. Introducción al tratamiento térmico	22
2.11.1. Objetivos del tratamiento térmico	23
2.11.2. Situación actual del tratamiento térmico	24
2.12. Incineración	25
2.13. Incineración masiva de residuos solidos urbanos	26
2.14. Tipos de incineradores más utilizados para la minimización de residuos solidos urbanos	30
2.14.1. Incineradores con parrillas	30
2.14.2. Incineradores de lecho fluidizado	32
2.14.3. Quemadores u hornos rotatorios	33
2.14.4. Incineradores con cámaras múltiples	34



2.15.	Marco contextual _____	35
2.16.	Manejo de residuos sólidos en europa _____	36
2.17.	Manejo de residuos sólidos urbanos en américa latina y el caribe _____	38
2.18.	Residuos sólidos urbanos en mexico _____	40
2.19.	Estado de tlaxcala _____	41
2.19.1.	Manejo de residuos sólidos en el estado de tlaxcala _____	42
2.19.2.	Rellenos sanitarios en el estado de tlaxcala _____	44
2.19.3.	Acerca de la coordinación general de ecología _____	46
2.19.4.	Antecedentes coordinacion general de ecologia tlaxcala _____	46
2.19.5.	Ubicación _____	47
3.	CAPÍTULO III DISEÑO ESTRATÉGICA DE LA METODOLOGÍA _____	48
3.1.	Diseño estrategica de la metodologia _____	49
3.2.	Definición operacional de las variables _____	51
3.3.	Muestreo _____	51
3.4.	Actividades y estudio para la recogida de datos _____	52
3.5.	Procedimiento para el análisis de datos _____	54
4.	CAPÍTULO IV DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN _____	55
4.1.	Estudio técnico _____	56
4.1.	Características de la maquinaria _____	56
4.2.	Diagnóstico de operación de rellenos sanitarios _____	62
4.2.1.	Relleno sanitario panotla _____	63
4.2.2.	Relleno sanitario nanacamilpa de mariano arista _____	65
4.2.3.	Relleno sanitario huamantla _____	67
4.2.4.	Relleno sanitario ejido de morelos (tetla) _____	69
4.3.	Localización óptima del incinerador de rsu _____	71
4.4.	Descripción del proceso. _____	77
4.4.1.	Selección de maquinaria _____	79
4.4.2.	Justificación de la cantidad de equipo comprado _____	83
4.4.3.	Pruebas de control de calidad _____	84
4.4.4.	Determinación de las áreas de trabajo necesarias _____	85
4.1.	Distribución de planta _____	86
4.2.	Matriz de ponderación _____	87
4.3.	Diagrama de hilos para colocación óptima de áreas _____	87
4.4.	Estudio económico _____	88
4.5.	Determinación de costos _____	88
4.5.1.	Costos de operación _____	88
4.5.2.	Costos variables _____	90
4.5.3.	Costos de mano de obra _____	90
4.6.	Costos indirectos de producción _____	94
4.7.	Costo por residuos peligrosos _____	94



4.8.	Costo de depreciación _____	94
4.9.	Gastos de administración _____	95
4.10.	Costo de agua potable _____	97
4.11.	Inversión inicial total fija y diferida _____	97
4.11.1.	Activos intangibles _____	98
4.12.	Imprevistos _____	98
4.13.	Inversión inicial _____	98
5.	CAPÍTULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS _____	100
5.1.	Resultados _____	101
	Conclusiones _____	105
	Glosario _____	106
	Referencias _____	111
	Anexos _____	116



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Cuadro de variables	xxiii
Tabla 2. 1 Legislación de residuos sólidos urbanos	5
Tabla 2. 2 Tendencia Europea en cuanto a tratamiento de residuos sólidos urbanos de 1995-2003	8
Tabla 2. 3 Sistema Integral de Residuos Sólidos Urbanos	18
Tabla 2. 4 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	22
Tabla 2. 5 Plantas de incineración de residuos sólidos urbanos de Latinoamérica	38
Tabla 3. 1 Tabla operacional de las variables.....	51
Tabla 4. 1 Emisiones a la atmosfera planta Sirusa	57
Tabla 4. 2 Emisiones a la atmosfera planta Melilla.....	58
Tabla 4. 3 Emisiones a la atmosfera planta Trargisa.....	59
Tabla 4. 4 Residuos Peligrosos planta Trargisa.....	59
Tabla 4. 5 Rossendaal / Netherland Energy-from-waste plant.....	59
Tabla 4. 6 Alternativas de rellenos sanitarios	71
Tabla 4. 7 Factores.....	72
Tabla 4. 8 Ponderación de factores.....	72
Tabla 4. 9 Captación de rellenos sanitarios	72
Tabla 4. 10 Mano de obra disponible	73
Tabla 4. 11 Asignación de valor para cada factor	76
Tabla 4. 12 Determinación de calificación a propuestas	76
Tabla 4. 13 Matriz de maquinaria y Equipo	80
Tabla 4. 14 Normas Reguladoras de protección al ambiente	84
Tabla 4. 15 Normas que establecen los métodos de medición para determinar la concentración del ambiente.....	85
Tabla 4. 16 Determinación de las áreas de trabajo necesarias.....	86
Tabla 4. 17 Inversión inicial del activo	89
Tabla 4. 18 Costo de materia prima e insumos.....	90
Tabla 4. 19 Otros materiales.....	90
Tabla 4. 20 Sueldos directos de producción	91
Tabla 4. 21 Costos indirectos.....	94
Tabla 4. 22 Costo por residuos peligrosos.....	94
Tabla 4. 23 Costo de depreciación de maquinaria.....	94



Tabla 4. 24 Gastos administrativos.....	95
Tabla 4. 25 Depreciación de mobiliario y equipo de oficina.....	97
Tabla 4. 26 Cobro por servicio de agua potable	97
Tabla 4. 27 Activos intangibles	98
Tabla 4. 28 Inversión total del proyecto	98
Tabla 4. 29 Reacciones en el absorbedor.....	137
Tabla 5. 1 Composición de los rsu en el municipio de Panotla, Tlaxcala	101
Tabla 5. 2 Caracterización de los RSU por componentes.	102
Tabla 5. 3 Matriz Leopold	103
Tabla 5. 4 Matriz de determinación de impactos.....	104
Tabla 5. 5 Calificación de impactos	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Diagrama de Árbol de la Problemática	xviii
Figura 1. 2 Ishikawa para determinar variables en contra de rellenos sanitarios	xxi
Figura 1. 3 Diagrama Ishikawa para determinar los pro de incineración de residuos sólidos urbanos.....	xxii
Figura 2. 1 Diagrama de flujo de un sistema de manejo de residuos sólidos.....	15
Figura 2. 2 Clasificación de los Residuos Sólidos Urbanos.....	16
Figura 2. 3 Recolección de Residuos Sólidos Urbanos recolectados al día por Estado	44
Figura 2. 4 Vehículos para la recolección de residuos sólidos urbanos en el Estado de Tlaxcala.....	45
Figura 2. 5 Mapa de Generación de RSU por Entidad Federativa 2012	46
Figura 4. 1 Roosendaal / Netherland Energy-from-Waste Plant	61
Figura 4. 2 Procedimiento para realizar diagnóstico de manejo de residuos sólidos urbanos en Tlaxcala.....	62
Figura 4. 3 Diagnóstico de operación del relleno sanitario de Panotla	64
Figura 4. 4 Diagnóstico de operación del relleno sanitario de Nanacamilpa de Mariano Arista.....	66
Figura 4. 5 Diagnóstico de operación del relleno sanitario de Huamantla.....	68
Figura 4. 6 Diagnóstico de operación del relleno sanitario de Ejido de Morelos (Tetla de la Solidaridad)	70
Figura 4. 7 Diagrama de flujo de operación de los rellenos sanitarios de Tlaxcala.....	78



INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 2. 1 Generación de residuos sólidos urbanos perca pita	17
Gráfica 2. 2 Generación de RSU per cápita en países de la OCDE, 2011	18
Gráfica 5. 1 Composición de los rsu en el municipio de Panotla, Tlaxcala	101
Gráfica 5. 2 Caracterización de los RSU por componentes.	102

CAPÍTULO I
PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), publicada en el año 2015, define en el **artículo 5 fracción XXXIII** a los residuos sólidos urbanos (RSU) como: “Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta ley como residuos de esta índole.” (LGPGIR, 2015)

En la actualidad en el Estado de Tlaxcala los residuos urbanos, han evolucionado a lo largo del tiempo, tanto en volumen como en composición, desde la perspectiva del crecimiento poblacional, y de las nuevas sustancias y productos que continuamente ingresan al mercado. Esta situación, asociada a que se depositan habitualmente en cualquier sitio, esto les confiere un alto grado de complejidad en materia de reducir y controlar sus descargas e impactos al medio ambiente.

El volumen de RSU que se recicla en el Estado de Tlaxcala, aunque se ha incrementado, aún es muy bajo; se sabe que gran parte de las más de mil toneladas de basura diarias que se producen van a parar a los rellenos sanitarios que operan en el estado. Los materiales considerados como reciclables, por orden de importancia en términos del volumen en cuanto a información obtenida de Coordinación General de Ecología Tlaxcala, son los productos de papel, vidrio, metal (aluminio, ferrosos y otros no ferrosos), plástico y textil. De cada uno de estos productos la proporción promedio que se recicla con respecto a lo que se genera en los últimos cinco años ha sido: 42.8% de papel y cartón, 33.3% de vidrio, 23.6% de metal, 0.2% de plástico y 0.1% de textil.

Entre los distintos problemas de tipo sanitario que generan los residuos sólidos se pueden citar los efectos sobre el medio en sus distintos factores ambientales como el agua, aire, suelo, etc. (J.D B. , 2012) como se puede visualizar en la figura 1.1, que trae como consecuencia trastornos a la población y daños irreparables a los ecosistemas (contaminación de ríos, lagos y extinción de especies vegetales y animales, etc.).

La información obtenida de la Coordinación General de Ecología Tlaxcala detalla que el estado de Tlaxcala cuenta con cuatro rellenos sanitarios ubicados en Huamantla,



Nanacamilpa de Mariano Arista, Panotla y Ejido de Morelos se capta una cantidad de aproximadamente 1,100 toneladas diarias, en lo que respecta a las cantidades en toneladas en Panotla son 500 ton, en Ejido de Morelos (Tetla) 350 ton, Huamantla 130 ton y Nanacamilpa 120 ton.

El Estado de Tlaxcala no cuenta con la infraestructura y el control para asegurar los residuos sólidos urbanos en crecimiento, volumen y su composición, en condiciones óptimas sanitarias, por lo cual con el alto crecimiento demográfico de la población, llegará el momento en el que estos ya no serán óptimos para recolectar la basura y darles el manejo correcto, esto acarrea un gran problema por los malos olores y la contaminación de mantos acuíferos, se sabe que los rellenos sanitarios tienen un tiempo de vida útil de 18 años aproximadamente desde su instalación y estos ya no resultan viables para su confinación ya que su vida útil está por terminar en los próximos 5 años, así mismo la coordinación de ecología de Tlaxcala requiere alternativas de mejora.

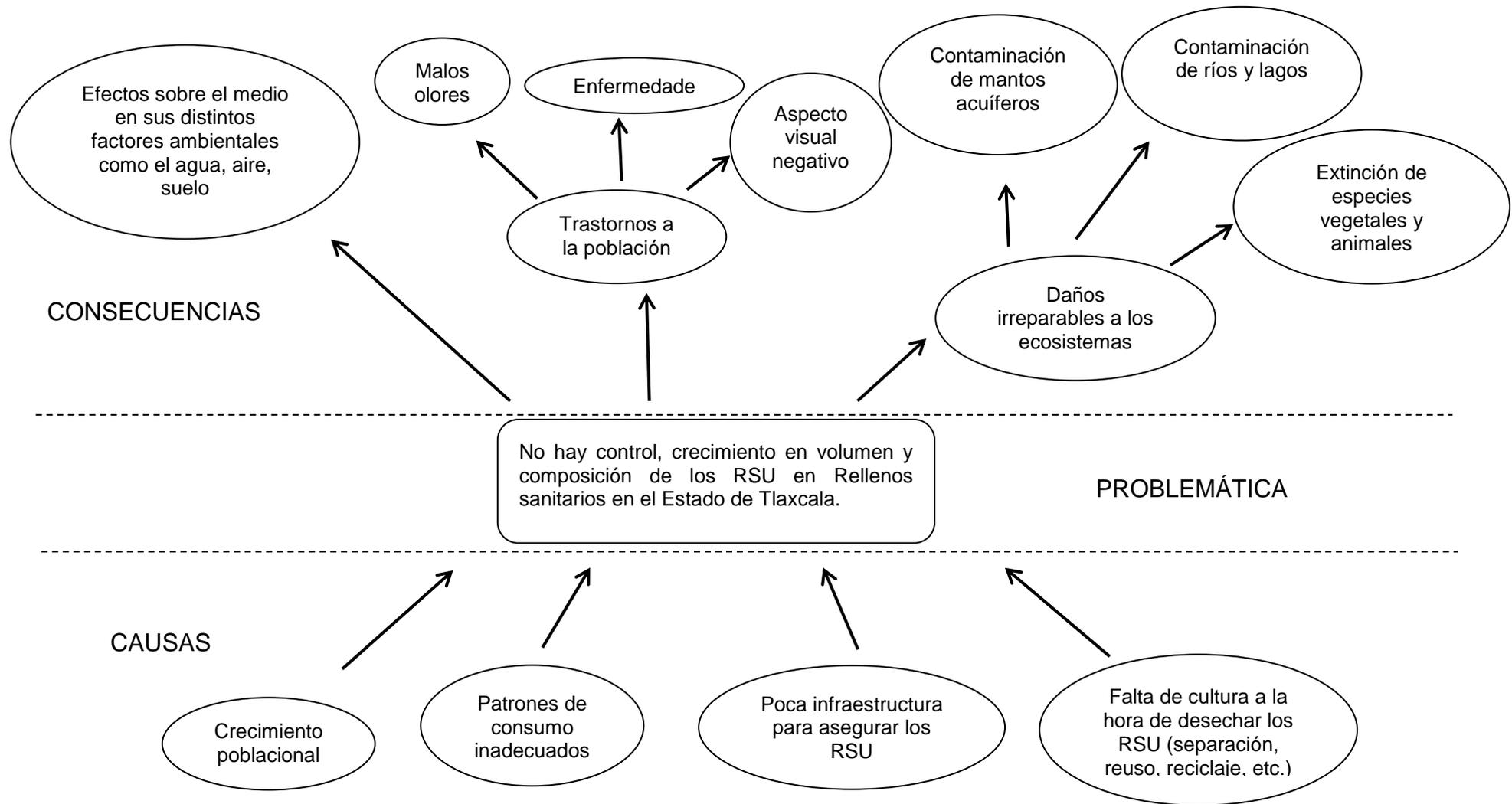


Figura 1. 1 Diagrama de Árbol de la Problemática
Fuente: Elaboración Propia



1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los tipos de residuos sólidos que se generan en rellenos sanitarios de Tlaxcala?
2. ¿Qué clase de impactos negativos se generan al medio ambiente por el manejo de los residuos sólidos en rellenos sanitarios?
3. ¿Qué usos y técnicas utilizan los rellenos sanitarios para almacenar, clasificar y aprovechar los residuos sólidos?
4. ¿Cuáles son los beneficios de implementación de una incineradora de residuos sólidos urbanos?
5. ¿Qué impacto generará la incineración en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la situación actual de rellenos sanitarios y proponer la implementación de una incineración de residuos sólidos urbanos en el estado de Tlaxcala para reducción del impacto ambiental.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la caracterización de los residuos sólidos urbanos en cada uno de los rellenos sanitarios existentes en el estado de Tlaxcala.
- Evaluar los impactos ambientales significativos, asociados al manejo inadecuado de los residuos sólidos para el caso de estudio.
- Determinar si es factible la implementación de incineración de residuos sólidos urbanos.

1.4. HIPOTESIS

Debido a la falta de capacidad de los Rellenos Sanitarios para el confinamiento y control de los residuos sólidos urbanos es factible la implementación de una incineradora de Residuos Sólidos Urbanos en base a celdas catalíticas.



1.5. JUSTIFICACIÓN

El problema de la disposición final de los residuos sólidos, ha sido generalizado en nuestro país, no siendo excepción de ello el estado de Tlaxcala; han sido variadas las técnicas utilizadas para aplicar diversos procesos tecnológicos, que permitan reducir las cantidades de los residuos producidos, sin embargo, no se ha logrado aún encontrar la adecuada.

Esta situación ha propiciado que en la búsqueda de alternativas óptimas, que más que remediar el problema lo extienden, tal es el caso de la “novedosa” incineración.

Existen en los mal llamados “rellenos sanitarios” del estado, residuos que incluyen en sus contenidos sustancias químicas, muchas veces tóxicas; las cuales tienen como etiqueta de presentación, el facilitar la limpieza o el uso en varias de las tareas cotidianas, que tanto en empresas, oficinas, como en el hogar se llevan diariamente a cabo.

Son preocupantes los daños ambientales causados tanto por esos “rellenos sanitarios”, como por la inserción de nuevas tecnologías tales como los incineradores, ya que no solucionan totalmente el problema de la adecuada disposición final de los residuos sólidos.

Por lo que se pretende hacer es que en los hornos incineradores cuenten con celdas catalíticas que logran una disminución efectiva de las emisiones al ambiente y, por ende una mejora en la calidad del aire.

Los problemas de contaminación y de operación en los hornos, calderas y motores de combustión interna son provocados por una mala combustión; una cantidad importante de combustible no se quema o se quema en forma parcial.

Las celdas catalíticas optimizan la combustión en dichos hornos y calderas consiste en la activación catalítica del combustible y el oxígeno del aire de combustible, con lo que se logra quemar el combustible que en condiciones normales se arroja a la atmósfera sin quemar en forma de humo, e hidrocarburos gaseosos.

Para la elaboración del cuadro de variables (Tabla 1.1) Se apoyó en las figuras 1.2 y 1.3 diagrama de Ishikawa para identificar las variables dependientes e independientes, a continuación se muestran.



DIAGRAMA ISHIKAWA DE VARIABLES

PROBLEMÁTICA

APERTURA DE RELLENOS SANITARIOS

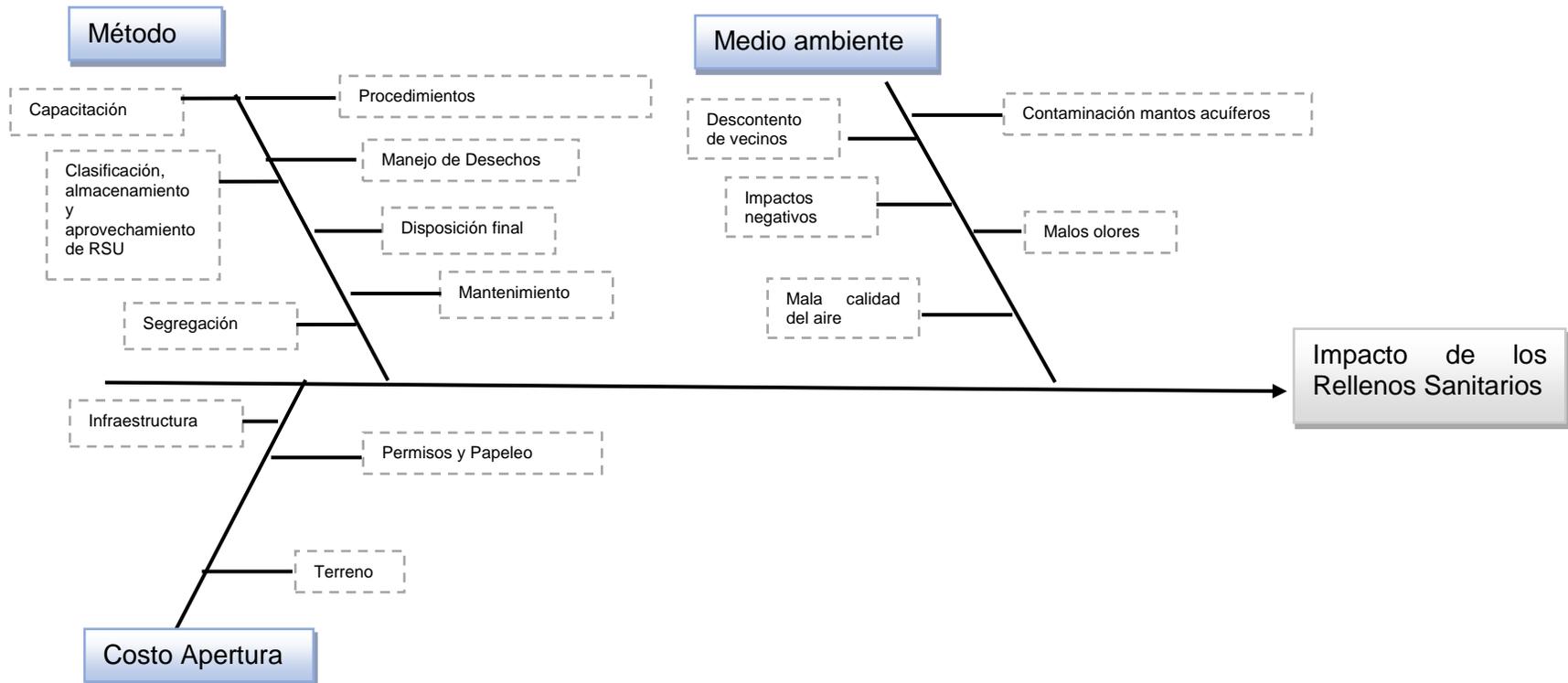


Figura 1. 2 Ishikawa para determinar variables de descontento de los rellenos sanitarios

Fuente: Elaboración propia



INCINERADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

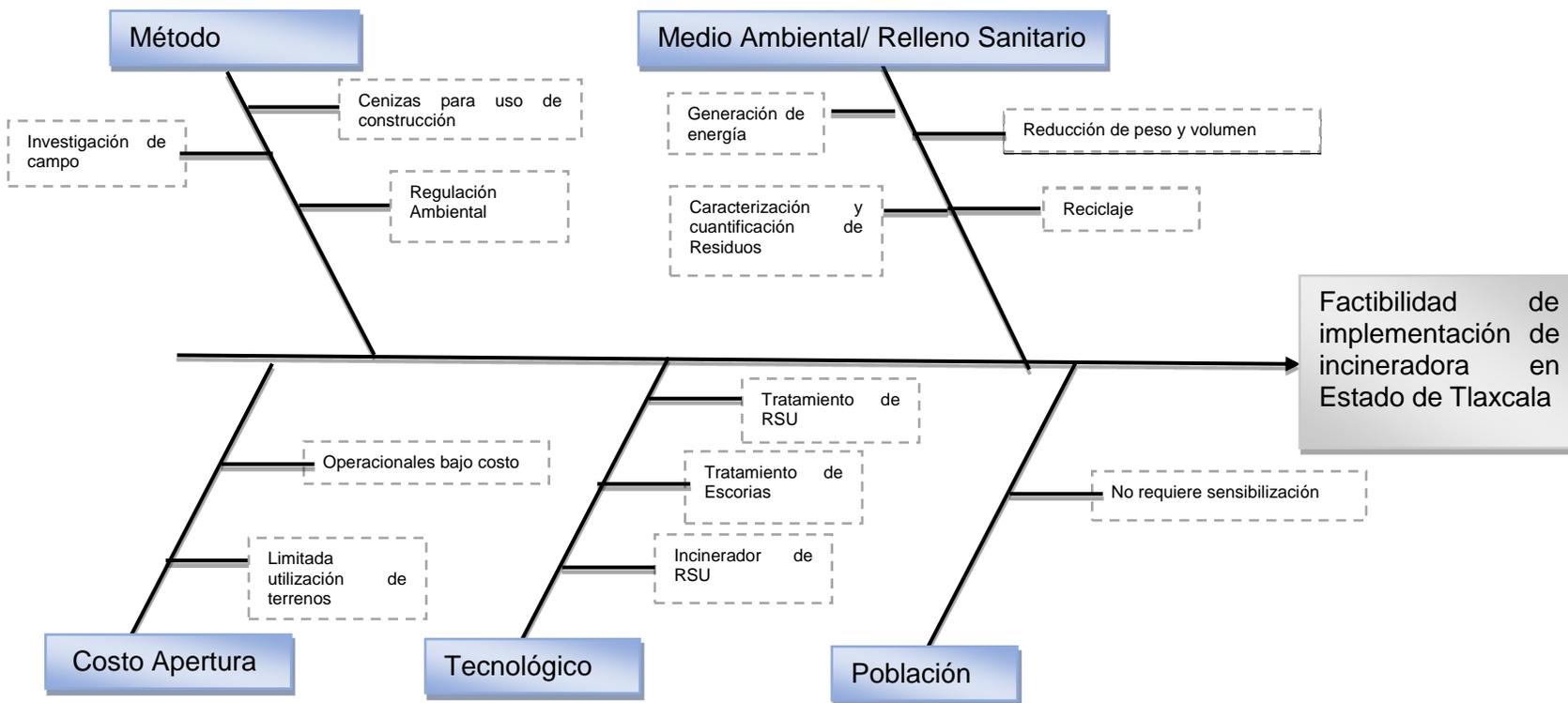


Figura 1. 3 Diagrama Ishikawa para determinar variables factibles de incineración de residuos sólidos urbanos

Fuente: Elaboración propia



Tabla 1. 1 Cuadro de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADOR
NIVEL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	CRECIMIENTO POBLACIONAL	*Número total de habitantes. *Tasa de crecimiento poblacional
	VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	*m3 captados
	PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	*Ton captadas
	MÉTODO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	*m3 y toneladas tratadas en relleno sanitario vs m3 y toneladas tratadas mediante el uso de la incineración
FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INCINERADO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE	* Análisis de Contaminación por IMECAS (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire)
	REGULACIONES AMBIENTALES	* Cantidad de estudios al respecto, realizados por las mipymes
		*Grado de implementación de los resultados obtenidos en investigación de mercado
		*Revisión de su muestrario actual contra la tendencia
	DISPONIBILIDAD DE MAQUINARÍA	*Existencia de maquinaria Mex (SI/NO)
*Existencia de maquinaria Extranjera (SI/NO) *Se puede importar (SI/NO)		
COSTO DE INSTALACIÓN	*Terreno *Maquinaria Gastos de infraestructura *Permisos	

Fuente: Elaboración propia

1.6. ALCANCE Y LIMITACIONES

1.6.1. ALCANCE

La presente tesis es el inicio de a un gran paso hacia la tecnología de reducción de los RSU, el cual tiene su alcance únicamente el Estado de Tlaxcala.

1.6.2. LIMITACIONES

- No se cuenta con la tecnología para su implementación
- No se dispone del tiempo requerido para su elaboración
- Nivel de disponibilidad de recursos financieros, materiales y humanos



1.7. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según (Roberto, 2014) los tipos de investigación son los siguientes:

Investigación Exploratoria

Son las investigaciones que pretenden darnos una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad. Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido, y cuando más aún, sobre él, es difícil formular hipótesis precisas o de cierta generalidad. Suele surgir también cuando aparece un nuevo fenómeno que por su novedad no admite una descripción sistemática o cuando los recursos del investigador resultan insuficientes para emprender un trabajo más profundo.

Investigación Descriptiva

El propósito del investigador es describir situaciones y eventos. Esto es, decir cómo es y se manifiesta determinado fenómeno. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así y valga la redundancia, describir lo que se investiga.

Investigación Explicativa

La teoría, es la que constituye el conjunto organizado de principios, inferencias, creencias, descubrimientos y afirmaciones, por medio del cual se interpreta una realidad.

Una teoría o explicación, contiene un conjunto de definiciones y de suposiciones relacionados entre sí de manera organizada sistemática; estos supuestos deben ser coherentes a los hechos relacionados con el tema de estudio.

Investigación Correlacional

Investigación Correlacional: este tipo de estudio tiene como finalidad determinar el grado de relación o asociación no causal existente entre dos o más variables. Se caracterizan porque primero se miden las variables y luego, mediante pruebas de



hipótesis correlacionales y la aplicación de técnicas estadísticas, se estima la correlación. Aunque la investigación Correlacional no establece de forma directa relaciones causales, puede aportar indicios sobre las posibles causas de un fenómeno. Este tipo de investigación descriptiva busca determinar el grado de relación existente entre las variables

El tipo de investigación que se utilizará es de tipo descriptivo ya que se buscara definir claramente el estado actual de los residuos sólidos urbanos de Tlaxcala así como realizar la comparación entre las variables.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTOS



2.1. ESTADO DEL ARTE

2.1.1. ANTECEDENTES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS.

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) tiende a incrementarse a través del tiempo debido al crecimiento poblacional y ante la expansión de la economía del consumo (Bernache, 2011). A nivel global se generan miles de millones de toneladas de residuos que son depositadas en rellenos sanitarios. Estas grandes cantidades de basura acumulada ocasionan graves afectaciones socio ambiental.

Los principales elementos del problema de la basura en municipios urbanos de México son: el creciente monto de residuos sólidos urbanos (RSU) que se desechan y que demandan mayor infraestructura para recolección y disposición de las mismas.

Es conocido que el tema del medio ambiente requiere de una gran sensibilidad para captar su verdadera importancia. También de un nivel de conciencia de la población acerca de sus principales fenómenos y relaciones causa-efecto y, además, de conocimientos específicos acerca de los problemas más relevantes a nivel global, pero sobre todo a nivel nacional y local.

Muchas son las diferentes definiciones que se han realizado para establecer una definición exacta sobre los residuos, cada una de estas definiciones contiene distintos matices que distinguen y clasifican los residuos en sí mismos. Mencionando que sólo se enfocara en la definición que publica la (LGPGIR), ya que es la que rige en los municipios y el Distrito Federal.

El ambiente definido en la I Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medioambiente Humano, realizada en Estocolmo, en 1972, como "el conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos y de factores sociales, capaces de causar efectos directos o indirectos, a corto o largo plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas" es objeto de estudio, de manera más o menos directa, en algún o algunos aspectos, de muchas de las disciplinas del conocimiento, entre las cuales deben citarse: la biología, la ecología, la química, la geología, la antropología, la medicina, la geografía, la meteorología, la sociología, la psicología, la economía, el urbanismo, la filosofía, el derecho, la ingeniería, la política.

“En la conferencia de Estocolmo se asume la responsabilidad de los riesgos ambientales globales por parte de los gobiernos y la sociedad, y se plantea su solución a partir de



una estrategia de educación ambiental, fundada en educar para comprender el mundo, cuya base es que la educación a de capacitar al hombre para comprenderse a sí mismo y comprender a los demás y al mundo que lo rodea, con la perspectiva de conducir a la realización de sus potencialidades”

El manejo de RSU se ha convertido en un problema que afecta en general a todas las actividades, personas y espacios, no solo por lo que representa en términos de recursos abandonados, no por la creciente incapacidad para encontrar lugares que permitan su acomodo correcto desde el punto de vista ecológico.

La gestión de RSU influye en el grado de sostenibilidad del entorno urbano. Como parte del esfuerzo por eliminar las malas condiciones de vida en los barrios marginales urbanos y mejorar la calidad del desarrollo urbano, se necesita urgentemente una buena práctica de residuos sólidos urbanos para elevar la calidad de vida en países donde las tasas de urbanización se aceleran a velocidades sin precedentes (Huang, 2017, págs. 350-358).

Los sistemas integrados de gestión de RSU deben planificarse y diseñarse para satisfacer las necesidades de los ciudadanos y minimizar el impacto ambiental de cualquiera de sus etapas: recolección, transporte y tratamiento. (Pérez, Lumbreras, & De la paz, 2017, págs. 123-135)

Existe actualmente gran cantidad de tipos de tratamientos de los residuos sólidos urbanos en lo particular lo referente en el tratamiento de diversos subproductos y a la disposición final de los residuos.

2.1.2. NORMATIVIDAD EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS

Reglamento de la ley de Ecología y de protección al ambiente en materia de residuos sólidos no peligrosos del Estado de Tlaxcala. Define en el Artículo 3 a los residuos sólidos como Cualquier material desechado que posee suficientes consistencias para no fluir por sí mismo, así como lodos deshidratados y polvos generados en los sistemas de tratamiento y/o beneficio, operaciones de desazolve, procesos industriales y perforaciones. (LEY DE ECOLOGIA TLAXCALA, 2013)

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), que son los generados en las casas, como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas; son también los que provienen de establecimientos o la vía pública, o los



que resultan de la limpieza de las vías o lugares públicos y que tienen características como los domiciliarios. Su manejo y control es competencia de las autoridades municipales y delegacionales (SEMARNAT, 2014).

Así como también la LGPGIR tiene su ley el Distrito Federal tiene su propia ley la cual a la letra dice:

La ley de los residuos del distrito federal publicada en el año 2014, define en el artículo 3 fracción XXXVII a los residuos sólidos urbanos como “los generados en casa habitación, unidad habitacional o similares que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques, los provenientes de cualquier otra actividad que genere residuos sólidos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías públicas y áreas comunes, siempre que no estén considerados por esta Ley como residuos de manejo especial”

En cuanto a la normatividad vigente que regula la producción, manejo, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos se tiene el antecedente de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) que fue publicada en 1988. En esta ley se identificaban a los residuos como los principales agentes de contaminación del suelo, por lo que establecía las bases para controlar la generación, manejo y disposición de residuos sólidos (LGEEPA 1988). La publicación de la LGEEPA es el parte aguas de la legislación ambiental, que si bien antes se habían publicado otras leyes que incluían consideraciones ambientales, esta es la primera en presentar una estructura comprensiva e integral de la protección ambiental (ver tabla 2.1).

En materia de residuos, la referencia actual es la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003) y su Reglamento (Reglamento de LGPGIR, 2006), los que establecen las definiciones actualizadas de los diferentes tipos de residuos y las formas en que deben ser manejados. La gestión integral implica un manejo sustentable de los residuos, así como una serie de procedimientos y acciones que buscan minimizar la producción de residuos (Bernache, 2012).

**Tabla 2. 1** Legislación de residuos sólidos urbanos

INSTRUMENTO JURÍDICO	NIVEL	AÑO PUBLICACIÓN
Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente LGEEPA	Federal	1988
Reglamento de la LGEEPA	Federal	1988
Ley General para la prevención y Gestión Integral de Residuos LGPGIR	Federal	2003
Reglamento de la LGPGIR	Federal	2006
Norma NOM-083-SEMARNAT-2003	Federal	2003
Norma NOM-083-SEMARNAT-2005 Sobre Residuos Peligrosos	Federal	2005
Norma NOM-161-SEMARNAT-2001 Sobre Residuos de Manejo Especial	Federal	2011
Norma NAE-SEMADES-007/2008 Sobre Separación Obligatoria de Residuos	Estatal	2008

Fuente: Elaboración propia

2.1.3. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN MEXICO

En México se tienen dificultades para lograr una gestión sustentable de los residuos, cuando la producción diaria de residuos sólidos urbanos alcanzó en 2010, los 1 020 gramos per cápita (Bernache, 2011). Las principales zonas urbanas del país generan residuos que se contabilizan en cientos y miles de toneladas diarias. Estos enormes montos de residuos sólidos urbanos presentan un problema complejo para la cobertura de la recolección, para su aprovechamiento y sobre todo en la disposición final.

La generación de residuos en México durante 2012 fue de 41.4 millones de toneladas, equivalente a 0.99 kilogramos diarios por personas, lo que significa un 90 % más respecto a la generación total de 1992, en la cual se tuvo un total de 21.9 millones de toneladas (Jiménez, 2015).

En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños



y los recursos pertinentes (Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, pág. 256).

Este concepto, que en términos generales coincide con el de basura doméstica y comercial usual (esto es, que no sea de manejo especial o de tipo peligroso), es uno de los fenómenos que más impacto tiene sobre el medio ambiente y sus recursos. Lo anterior es cierto pues, por un lado, debido a la creciente demanda que tienen los seres humanos sobre sus satisfactores (que muchos de ellos al final se convierten en residuos sólidos urbanos), se tiene un mayor consumo de los recursos naturales y, en consecuencia, una afectación a los mismos; por el otro, al hacer la disposición final de los RSU, y debido tanto al gran volumen generado como al hecho de que en diversas ocasiones no se cumple con los estándares y normas al respecto, se hace una afectación al medio ambiente. Esto puede implicar, entre otras situaciones, graves problemas en materia de salud pública, utilización de espacios y recursos, además de mayor contaminación ambiental, por mencionar algunas (INEGI, 2014).

Son numerosos los ejemplos en los cuales, por una falta de cuidado en alguno de los múltiples procesos del sistema de los RSU, se tienen consecuencias de gran impacto en el medio ambiente. En el Informe de la situación ambiental del medio ambiente en México Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2012 se señala que existen profundas relaciones entre la generación indiscriminada y mal manejo de los RSU y el cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono, la creciente contaminación de suelos y cuerpos de agua, así como la proliferación de fauna nociva y la transmisión de enfermedades.

En la actualidad, solo unas pocas ciudades pequeñas han implementado procedimientos para recolectar basura de una manera innovadora. Por lo tanto, es urgente implementar medidas que inicien un comportamiento sostenible, con la participación activa de los ciudadanos, asegurando la conservación de los recursos a través de la reducción y recuperación de los desechos (Reis, Pitarma, Gonçalves & Caetano, 2014).

Estas tecnologías o alternativas que se han manejado a lo largo de los años son los rellenos sanitarios a lo que hoy en día son considerados como alternativas para aminorar los residuos sólidos generados por los habitantes, una de las definiciones más acertadas sobre rellenos sanitarios es “Obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial,



con el fin de controlar los impactos ambientales, a través de la compactación y cobertura diaria de los residuos y de la infraestructura para el control del biogás y los lixiviados” (DOF, 2015).

“El crecimiento demográfico, la modificación de las actividades productivas y el crecimiento en la demanda de los servicios, han rebasado la capacidad del ambiente para asimilar la cantidad de residuos que genera la sociedad; por lo que es necesario contar con sistemas de manejo integral de residuos adecuados con la realidad de cada localidad” (NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004), por lo que la idea sigue fundamentada en las alternativas de mejora con los lineamientos necesarios para propiciar una protección del medio ambiente y la preservación del equilibrio ecológico (MODIFICACION NOM-083-SEMARNAT-2013, 2015).

Por otro lado, la Asociación para la defensa del ambiente y de la naturaleza define un relleno sanitario como “Dispositivo destinado a la recepción y colocación adecuada, ordenada y como almacenamiento permanente en el suelo, de los desechos sólidos y semi-sólidos, que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, con el objetivo de evitar riesgos a la salud y controlar los desequilibrios ambientales que puedan generarse. Obra de ingeniería, (destinada a la disposición final de desechos sólidos, que debe cumplir con las normas técnicas para su ubicación, diseño y operación” (Asociación para la defensa del medio ambiente y de la naturaleza, 2015).

Los sitios de disposición final de los residuos sólidos municipales son un eslabón clave en la gestión sustentable de los desechos que se producen en las ciudades (Bernache, 2011). Sin embargo, en la actualidad son un eslabón débil, que sufre de muchos problemas en su operación cotidiana.

2.1.4. TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EUROPA Y MÉXICO

Históricamente el tratamiento de los residuos sólidos urbanos más habitual entre los países que hoy componen la Unión Europea ha sido el depósito en vertederos. Se denomina también vertido controlado y aquí se dirigen los rechazos previamente tratados que no van a ser reutilizados o valorados mediante otro sistema de gestión.

En los últimos años la mayoría de los países han disminuido el uso de esta disposición final de los residuos por diversos problemas ambientales que se pueden generar, como



la contaminación por lixiviados; los nuevos usos que tenga el terreno tras el cese del vertedero serán limitados, etc. Por lo que hoy en día Europa es un ejemplo para muchos países ya que se está implementando este tipo de tecnología limpia para tratamiento de residuos sólidos urbanos (ver tabla 2.2)

Mientras que en 2012 se depositó el 34% de residuos en vertederos, en 2013 descendió un 3%. Se espera que para 2030 se eliminen los depósitos en vertederos, exceptuando el 5% de residuos no valorizable. Para ello se intensificará el cumplimiento del Reglamento (CE) n° 1013/2006 sobre el traslado de residuos. Por el contrario, uno de los tratamientos de residuos que ha aumentado ligeramente su popularidad en los últimos años ha sido la incineración, que ha pasado de un 21% en 2007 al 26% en 2013. Este método permite recuperar la energía del residuo y tratar numerosos tipos de residuos, pero también conlleva problemas ambientales derivados de este tratamiento como son los gases y cenizas tóxicos generados durante la incineración y que necesitan un tratamiento añadido.

Tabla 2. 2 Tendencia Europea en cuanto a tratamiento de residuos sólidos urbanos de 1995-2003

CIUDAD	AÑO	DESECHOS GENERADOS %	DESECHOS RECICLADOS %	DESECHOS INCINERADOS	AÑO	DESECHOS GENERADOS %	DESECHOS RECICLADOS %	DESECHOS INCINERADOS	INCINERACIÓN DE RSU
Grecia					2012	82	16		
Lutania					2013	21	15		SI
Alemania	1995	0	26		2012	0	47		SI
La república checa	1995	100	0		2013	56	20		SI
Francia					2013	28	38		NO
Eslovaquia	1995	82		18	2013	77		12	SI
Polonia									
Italia	1995	90			2013	38	26	21	SI
Finlandia	1995	66	26		2013	25	19	42	SI
Bélgica	1995	44			2013			34	SI
Luxemburgo					2008	17	28	35	SI
Rumanía	1995	97	3						
Croacia					2006	100			NO
Australia									
Países Bajos	1995	31			2013	30	20	49	SI
Chipre						79	12		NO
Dinamarca	1995	15		56	2013	2	28	56	SI
Suecia					2013	1	36	38-52	SI
Portugal	1999	89		21	2013			55	SI
Malta	1995	77			2013	88			NO
Letonia	2008	12.75			2013		11		
Reino Unido	1995	84			2013	35		21	SI
España					2013	60	15		
Irlanda	1995	92	8		2013	42	34		NO
Bulgaria	1995	100			2013	70	25		
Estonia	1995	100			2013	16		64	SI
Eslovenia	1995	97			2013	38	55	4	SI

Fuente: Elaboración propia

Ante estos cambios y frente a la persistencia de prácticas tradicionales en la disposición de los residuos sólidos, evidentemente aparecen numerosos tiraderos a cielo abierto, los cuales constituyen un foco de contaminación para el agua, aire y suelo, así como un



medio adecuado para el desarrollo de fauna nociva que pueden constituir vectores de peligro para la salud de la población; todo ello sin olvidar el deterioro de la imagen del lugar. (Sanchez, y otros, 2015).

Aunado a lo anterior, cabe señalar que la presencia de diversos materiales integrados en los residuos sólidos y depositados en dichos tiraderos, ha provocado el auge de la actividad conocida como "pepena", que se efectúa en condiciones inadecuadas, ocasionando con esto un problema de marginación social, así como de salud para las propias familias que llevan a cabo esta práctica. Asociado a lo anterior también cabe mencionar que el conjunto de operaciones dirigidas a darle a los residuos y desechos sólidos el destino más adecuado, de acuerdo con sus características, con la finalidad de prevenir daños a la salud y al ambiente.

Comprende las etapas que van desde la generación hasta la disposición final, tales como recolección, almacenamiento, transporte, caracterización, tratamiento, disposición final y cualquier otra operación que los involucre. Prácticas destinadas a garantizar el aprovechamiento sustentable y la conservación de los recursos naturales, así como aquéllas orientadas a prevenir y minimizar efectos adversos por actividades capaces de degradarlos es una definición de para el manejo de residuos sólidos urbanos.

Muchas son las alternativas para el manejo integral de los residuos sólidos, uno de ellos es la incineración de los residuos el cual con ello se tendría un mejor control en las descargas que se realizan a diario en los rellenos sanitarios que en la mayoría de los casos no se tienen en condiciones sanitarias óptimas para tenerlas en funcionamiento lo de hoy no es seguir enterrando los desechos por tema y consecuencia de contaminación a los mantos acuíferos y al medio ambiente, muchas son las ventajas que se logran con estas, sin embargo por los altos costos de su implementación no son tan demandantes en lugares donde se llega únicamente a tener unos cuantos rellenos con poca capacidad de confinamiento.

Sin embargo, más que disminuir el problema tiende a crecer por la ineficiente capacidad de los mismos o por la mala planeación, ya que un relleno sanitario se realiza con la idea de cumplir con cada una de las expectativas de la población que se tiene en ese momento, pero no se prevé que cada año la población crece y por lo tanto con ella la población también, teniendo como resultado el consumismo y la generación de más residuos sólidos urbanos, que van a aparar a los rellenos sanitarios.



2.2. INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Durante la década de los años 1960 la eliminación de los residuos sólidos urbanos mediante incineración se mostraba como el sistema definitivo de tratamiento. Se encargaron muchos proyectos y la implantación de instalaciones de incineración adquirió un gran auge. Esto se mantuvo hasta 1975, momento a partir del cual disminuyeron considerablemente las obras de construcción y los proyectos que se llevaban a cabo en referencia a este método de gestión de los residuos. El éxito del sistema fue especialmente importante en el norte y centro de Europa, así como en EE.UU.

La incineración consiste en un proceso de combustión controlada que transforma los residuos en materiales inertes (cenizas) y gases.

Como ventaja está el necesitar poco terreno para su implantación y poder situar sus instalaciones en zonas próximas a los núcleos urbanos; además, puede incinerarse cualquier tipo de residuo con poder calorífico y adecuarse incluso para la gestión de los lodos de depuradora.

Su principal desventaja radica en el hecho de no ser un sistema de eliminación total de residuos, pues si bien se reduce su peso en un 70% y su volumen en un 80-90%, genera cenizas, escorias y gases. Además, necesita una alta inversión económica, ya que requiere un elevado aporte de energía externa, puesto que estos residuos tienen un poder calorífico bastante bajo. Asimismo, es preciso prever la posible contaminación derivada de los gases de combustión. (Fernández, 2015).

La incineración se utiliza como tratamiento para una muy amplia gama de residuos. La incineración en sí es normalmente sólo una parte de un sistema de tratamiento de residuos complejo que, en su conjunto, permite la gestión de la amplia gama de residuos que genera la sociedad. El sector de la incineración ha experimentado un rápido desarrollo tecnológico durante los últimos 10-15 años. Gran parte de este cambio ha sido impulsado por legislaciones específicas para el sector y esto ha reducido en particular las emisiones a la atmósfera de las instalaciones individuales. El desarrollo de procesos es constante, y actualmente el sector desarrolla técnicas que limitan los costes al tiempo que mantienen o mejoran el rendimiento medioambiental (A. C, A.G, & L.H, 2011, págs. 50-62).



El objetivo principal de toda incineración es tratar de reducir el peso y volumen de los rellenos sanitarios y destruyendo las sustancias potencialmente nocivas. Los procesos de incineración también pueden ofrecer un medio que permita la recuperación del contenido energético, mineral o químico de los residuos.

Básicamente, la incineración de residuos es la oxidación de las materias combustibles contenidas en el residuo. Los residuos son por lo general materiales altamente heterogéneos, consistentes esencialmente en sustancias orgánicas, minerales, metales y agua. Durante la incineración, se crean gases de combustión que contienen la mayoría de la energía de combustión disponible en forma de calor. Las sustancias orgánicas de los residuos se queman al alcanzar la temperatura de ignición necesaria y entrar en contacto con oxígeno. El proceso de combustión en sí se produce en la fase gaseosa en fracciones de segundo y libera energía de forma simultánea. Cuando el poder calorífico del residuo y el suministro de oxígeno es suficiente, esto puede producir una reacción térmica en cadena y combustión autoalimentada, es decir, que no requiere la adición de otros combustibles. (García, López Hernández, García Fernández, & Abellán Gómez, 2011).

Hoy en día muchos han intentado muchos de los países generadores de residuos sólidos urbanos han querido implementar las novedosas plantas de incineración de residuos, por lo que muchas veces no son aceptadas por la población debido a la incertidumbre o al que pasara al ser instalados estos artefactos, en casos de fracaso, saben que están haciendo algo mal, sin embargo se sabe que los pioneros los que tienen la delantera con este tipo de tecnología de tratamiento, de generación de energía gracias a lo calorífico de estos desechos (basura) es la Unión Europea, por lo que muchos países viajan a Europa para observar el proceso de estas plantas en la cual no se tiene ninguna queja por las personas aledañas ya que conviven sin ningún problema con la planta de residuos.

Algunas de las ventajas y desventajas que tienen los incineradores son los siguientes:

VENTAJAS

- Posibilidad de recuperación de energía.
- Posibilidad de tratamiento de numerosos tipos de residuos.
- Posibilidad de implantarlo cerca de núcleos urbanos.
- Es necesaria poca superficie de terreno.
- Reduce el volumen de residuos un 90% - 96%.



- Elimina contaminantes tóxicos.

DESVENAJAS

- Vertedero para el depósito de cenizas procedentes de la incineración.
- Necesitan un aporte de energía exterior para su funcionamiento.
- Baja flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales de la generación de residuos.
- La inversión económica y los costos del tratamiento son elevados.
- Posibilidad de averías, por lo que se necesita un sistema alternativo de tratamiento.

2.3. MARCO TEORICO

MEDIO AMBIENTE

Es muy importante conocer nuestro medio ambiente y su interacción con todas las poblaciones y comunidades, así como las interrelaciones poblacionales, estudiando su estructura y la forma en que se integran a su entorno para lograr el buen funcionamiento de los ecosistemas y de la biosfera, de esta manera definiendo como medio ambiente al conjunto de factores físicos y químicos que rodea a los seres vivos. A estos factores se les llama factores abióticos o biotopo.

Los factores abióticos o biotopos significa “un lugar donde hay vida”, proviene de las raíces bios, vida, y topo, lugar, se dividen en energéticos, climáticos y del sustrato (tierra o agua) (Loyola, 2006)

El “medio ambiente” consiste en el conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas y sociales que rodean a las personas ofreciéndoles un conjunto de posibilidades para hacer su vida. En la constitución española y en otros contextos, el medio ambiente, el ambiente, o el medio es en pocas palabras el entorno vital del hombre en un régimen de armonía, que aúna lo útil y lo grato. Es una descomposición factorial analítica que comprende una serie de elementos o agentes geológicos, climáticos, químicos, biológicos y sociales que rodean a los seres vivos y actúan sobre ellos para bien o para mal condicionando su existencia, su identidad, su desarrollo y más de una vez su extinción, desaparición o consunción. El ambiente, por otra, es un concepto esencialmente antropocéntrico y relativo. No hay ni puede haber una idea abstracta, intemporal y utópica del medio, fuera del tiempo y del



espacio. Es siempre una concepción concreto perteneciente al hoy y operante aquí. (Domingo Gómez & Gómez Villarino, 2013).

Álvaro Sánchez relata en su libro “Justicia y Medio Ambiente” y su crítica al “hablar sobre medio ambiente es discurrir sobre el sentido de la vida para la humanidad, pensadores de las más distintas áreas del conocimiento compactan con esa perspectiva. Varios son los caminos apuntados hacia su supervivencia y su crecimiento, pero lo importante es el sembrar de una concienciación ambiental universal, el cuidado continuo y el amor a la vida en sí, lo que representa la lucha por un mundo más digno, humano y mejor (Bravo Sánchez, 2013)

Con base a lo descrito anteriormente podemos conocer cuán importante es el cuidado del medio ambiente en sus diferentes ámbitos, por lo que no ésta demás dar paso al conocimiento de los residuos sólidos que se generan a diario se ve enfrentado por serias dificultades en materia de los residuos, situación que agrava día a día, con el incremento de la población y de las nuevas marcas que ingresan al mercado. Por lo que es una problemática de gran adversidad no solo en nuestro país si no en el mundo entero

2.4. ANTECEDENTES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Este concepto, que en términos generales coincide con el de basura doméstica y comercial usual (esto es, que no sea de manejo especial o de tipo peligroso), es uno de los fenómenos que más impacto tiene sobre el medio ambiente y sus recursos. Lo anterior es cierto pues, por un lado, debido a la creciente demanda que tienen los seres humanos sobre sus satisfactores (que muchos de ellos al final se convierten en Residuos Sólidos Urbanos), se tiene un mayor consumo de los recursos naturales y, en consecuencia, una afectación a los mismos; por el otro, al hacer la disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos, y debido tanto al gran volumen generado como el hecho de que en diversas ocasiones no se cumple con los estándares y normas al respecto, se hace una afectación al medio ambiente. Esto puede implicar, entre otras situaciones, graves problemas en materia de salud pública, utilización de espacios y recursos, además de mayor contaminación ambiental, por mencionar algunas.

Son numerosos los ejemplos en los cuales, por una falta de cuidado en alguno de los múltiples procesos del sistema de los RSU, se tienen consecuencias de gran impacto en el medio ambiente. En el Informe de la situación ambiental del medio ambiente en



México Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2012 se señala que existen profundas relaciones entre la generación indiscriminada y mal manejo de los RSU y el cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono, la creciente contaminación de suelos y cuerpos de agua, así como la proliferación de fauna nociva y la transmisión de enfermedades. (Escobar & Silva, Análisis de estadísticas del INEGI sobre residuos sólidos urbanos, 2015a)

2.5. ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los residuos sólidos urbanos son provenientes de las actividades domésticas diarias de la población, la LGPGIR los describe como aquellos materiales cuyo poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido, semisólido, líquidos o gases contenidos en recipientes, y que pueden ser susceptibles de recibir tratamiento o disposición final.

2.6. GESTION Y MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Se considera gestión de RSU el conjunto de operaciones que se realizan con ellos desde su generación hasta su disposición final. Así pues, las propuestas planteadas de recogida, tratamiento y eliminación de residuos, toman como referencia el diagnóstico detallado de la situación actual de gestión

La gestión integral de residuos sólidos urbanos puede ser definida como la selección y aplicación de técnicas tecnológicas y programas de manejo acordes con objetivos y metas específicos de gerenciamiento de residuos sólidos. Asumiendo que los residuos constituyen una consecuencia inevitable de las actividades humanas, este sistema busca que sean manejados adecuadamente para evitar que la salud y el ambiente sean perjudicados por influencia directa de los propios residuos o, de manera indirecta, por la sobreexplotación de los recursos naturales o la excesiva presión sobre la capacidad de asimilación natural del medio.

En definitiva, la gestión integral de residuos sólidos urbanos constituye la manera más eficaz de gestionar los residuos: se basa en la trilogía sociedad, ambiente y economía del desarrollo sustentable, es decir, en las premisas de preservación y protección ambiental, de equidad y aceptabilidad social (Gaggero & Ordoñez, Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, 2013a).

La administración del proceso de los RSU, conocido como Gestión integral de los residuos sólidos urbanos, consta de un intrincado sistema de partes íntimamente



relacionadas unas con otras. En sus aspectos más simples, implica tres grandes etapas: Generación → Recolección → Disposición final. A su vez, se dividen en varias subetapas, algunas de las cuales se muestran en la siguiente figura 2.1 (Escobar & Silva, 2015b)

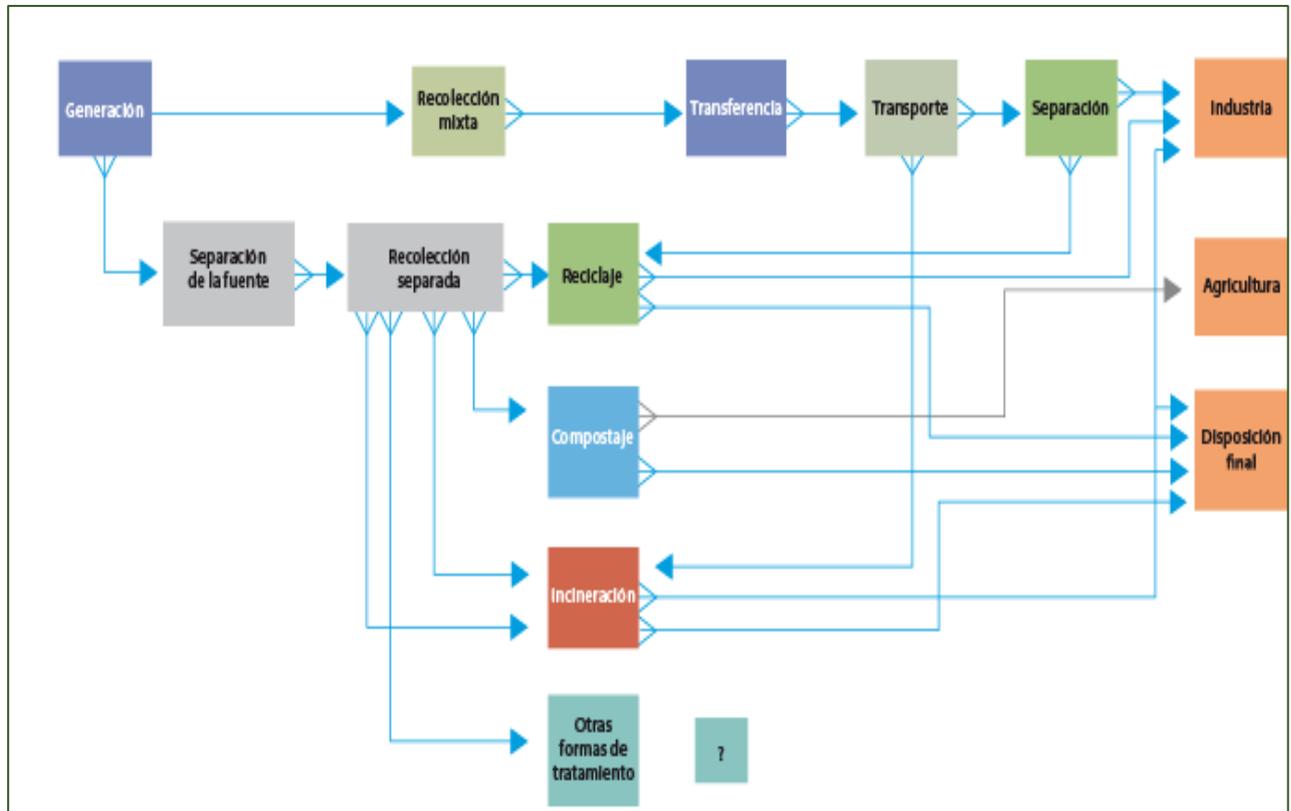


Figura 2. 1 Diagrama de flujo de un sistema de manejo de residuos sólidos

Fuente: Escobar & Silva 2015



2.7. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

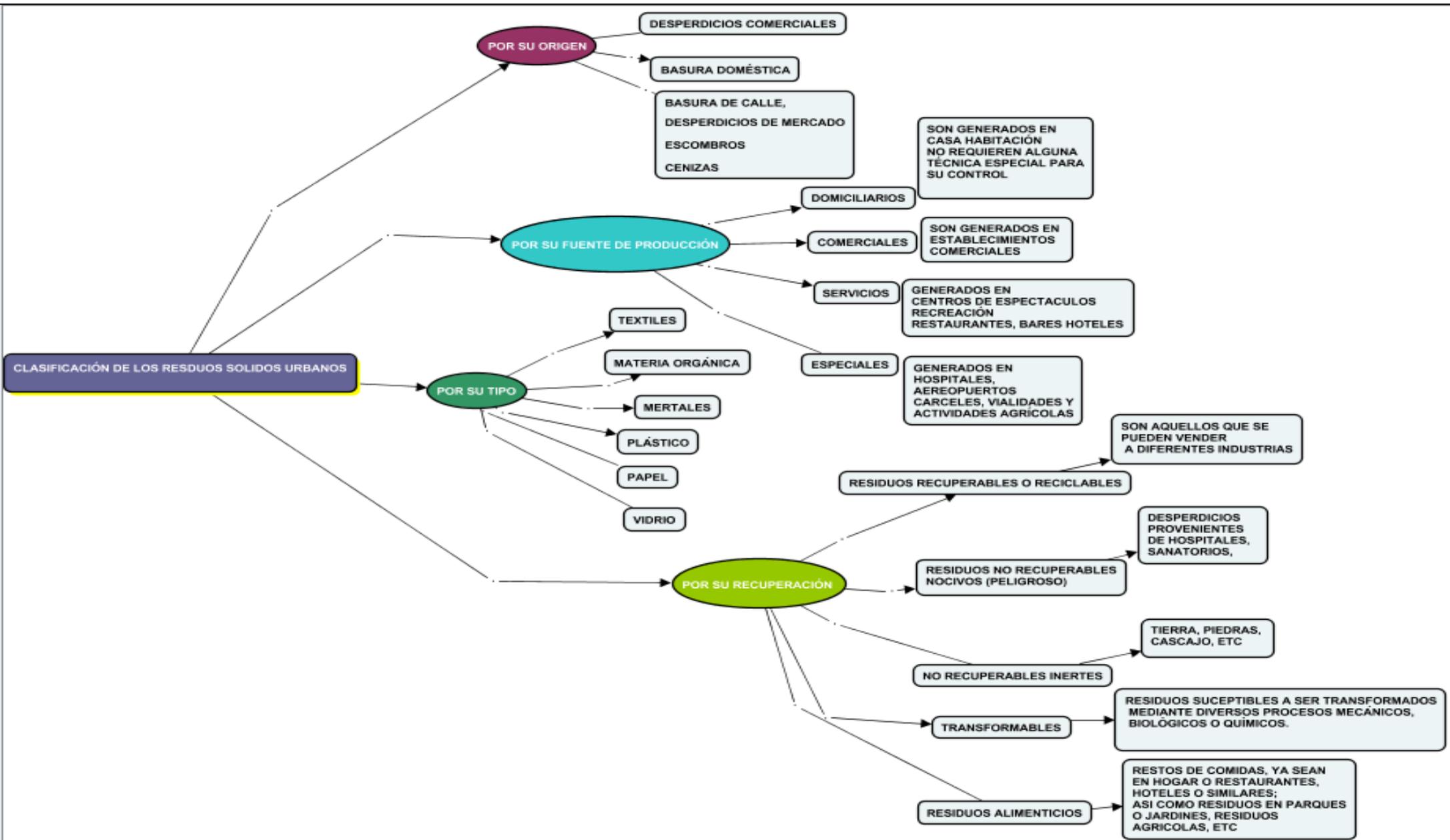


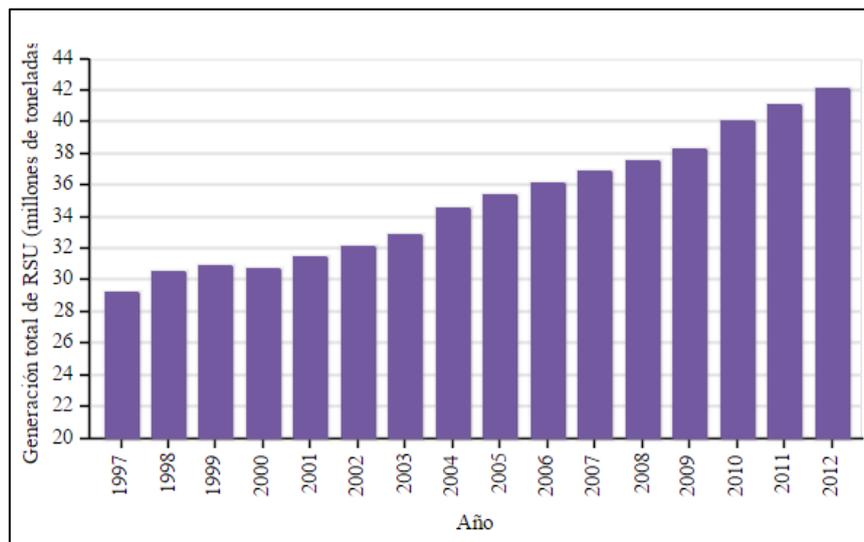
Figura 2. 2 Clasificación de los Residuos Sólidos Urbanos

Fuente: Elaboración propia a partir de libro Baca Urbina 2017

2.8. GENERACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La generación de RSU se incrementó notablemente en los últimos años; tan sólo entre 1997 y 2012 creció 43.8%, pasando de cerca de 29.3 a 42.1 millones de toneladas, como resultado principalmente del crecimiento urbano, el desarrollo industrial, las modificaciones tecnológicas, y el cambio en los patrones de consumo ver Gráfica 2.1

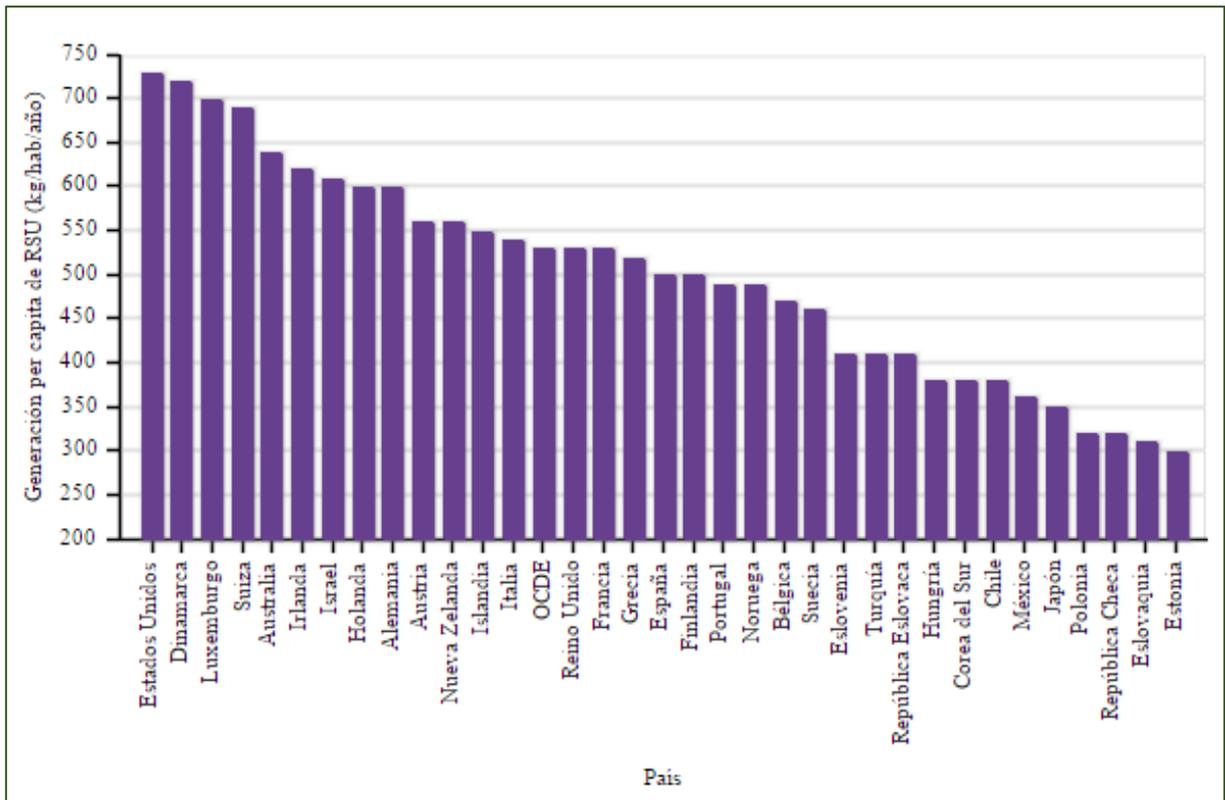
Los residuos sólidos urbanos se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas (como los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques, por citar sólo algunos) o los que provienen de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de los establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole (DOF,2015)



Gráfica 2. 1 Generación de residuos sólidos urbanos perca pita

Fuente: Dirección general de equipamiento e infraestructura en zonas urbano-marginadas. México 2013

En comparación con los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la generación per cápita nacional en 2012 (361.4 kg/hab/año) resultó cerca de 32% menor al promedio de los países de la Organización en 2011 (530 kg/ hab/año ver gráfica 2.2).



Gráfica 2. 2 Generación de RSU per cápita en países de la OCDE, 2011
Fuente: Dirección general de equipamiento e infraestructura en zonas urbano-marginadas. México 2013

Etapas del sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos

En la tabla 2.3 de la gestión integral comprende todas las etapas de la cadena de manejo: generación, disposición inicial, recolección, barrido y aseo urbano, tratamiento, transferencia, Transporte y disposición final (Gaggero & Ordoñez, 2013)

Tabla 2. 3 Sistema Integral de Residuos Sólidos Urbanos

Subsistema	
Funcional o de Manejo	Técnico-Operativo
<ul style="list-style-type: none"> • Conducción • Planificación y seguimiento • Administración y finanzas • Recursos Humanos y Relaciones Públicas • Marco legal • Marco institucional 	<ul style="list-style-type: none"> • Generación (reducción en origen) • Disposición inicial • Recolección • Barrido y aseo urbano • Tratamiento • Transferencia / Transporte • Disposición final

Fuente: Obtenido del libro Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos 2013



2.9. RESIDUOS SÓLIDOS

Se pueden definir los Residuos Sólidos Urbanos como “los residuos producidos en los domicilios particulares, comercios, oficinas y edificios públicos”.

A su vez, estos se suelen clasificar en residuos domiciliarios y residuos comerciales. La gestión de los residuos comerciales, debido a la gran cantidad generada, se suele separar de los domiciliarios, para así evitar la saturación del sistema de gestión de los residuos domiciliarios (Escobar & Silva, 2015c, págs. 25-33).

La secretaria de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT) define a los Residuos Sólidos Urbanos como los generados en las casas, como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas; son también los que provienen de establecimientos o la vía pública, o los que resultan de la limpieza de las vías o lugares públicos y que tienen características como los domiciliarios. Su manejo y control es competencia de las autoridades municipales y delegacionales.

Los residuos o desechos son aquellas sustancias u objetos abandonados o descartados en forma permanente por quien los produce, por considerarlos ya sin utilidad en su provecho, en tanto pueden definirse como los desechos generados en la comunidad urbana, proveniente de los procesos de consumo u desarrollo de las actividades humanas, y que normalmente son sólidos a temperatura ambiente.

Se le conoce con el nombre de Basura o Residuos Sólidos Urbanos “al conjunto de materiales residuales sólidos o mezclados con pequeñas cantidades de agua que por el estado de división o deterioro se consideran inservibles o sin valor a la sociedad” Así mismo se puede definir de la siguiente manera Es lo que el hombre desecha porque ya no le sirve, lo putrescible y lo no putrescible, ya que se de origen animal, vegetal o inorgánico (Verdugo, 2009).

Los desechos sólidos también se pueden definir como “el conjunto de elementos heterogéneos resultante de desechos o desperdicios del hogar o de la comunidad en general” la generación de los residuos sólidos urbanos está estrechamente ligado con el crecimiento geográfico y económico.

Muchas son las diferentes definiciones que se han realizado para establecer lo que son los residuos, cada una de estas definiciones contienen distintos matices que distinguen y



clasifican los residuos en sí mismos. Mencionando que sólo se enfocara en la definición que publica la (LGPGIR), ya que es la que rige en los municipios y el Distrito Federal.

Se entiende por residuo sólido a cualquier material desechado que pueda o no tener utilidad alguna. El termino *residuo* no corresponde con la aceptación de la palabra desecho, pues esta trae implícita la no utilidad de la materia. En la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente (LEGEEPA), en el artículo 3° (Frac. XXXI) define residuo de la siguiente manera:

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó (CISNEROS, 2017, pág. 453)

La masiva generación de residuos sólidos urbanos está creando un importante problema a nivel global, por lo que resulta urgente hallar soluciones adecuadas para solventarlo de la forma más sostenible posible, en la unión europea, a través del V programa de acción en materia de medio ambiente (1992) y, en general en el resto de los países industrializados, existió plena unanimidad en la manera de enfocar la problemática del tratamiento de los residuos, el quinto programa puede considerarse como el punto de partida de la política sobre medio ambiente, proponiendo la integración de las consideraciones medioambientales en los diferentes sectores (Castell, 2012).

Por lo tanto **La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**, publicada en el año 2015, define en el **artículo 5 fracción XXXIII** a los residuos sólidos urbanos (RSU) como: “Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta ley como residuos de esta índole.” (LGPGIR, 2015)

El volumen de residuos sólidos urbanos generados depende de factores tales como el nivel de vida de la población, de que se trae de una zona rural o urbana, del nivel de consumo, etc. de manera general, se puede afirmar que la generación de residuos es



mayor en zonas urbanas, en zonas con un nivel de consumo elevado y en áreas de gran desarrollo industria.

La generación de los residuos sólidos ha venido variando tanto en calidad como en composición, en la medida que el desarrollo industrial se ha consolidado. Para la adecuada y correcta gestión de los residuos sólidos es fundamental conocer la composición de los mismos, ya que en función de los componentes, se pueden dimensionar los sistemas de recogida selectiva y de reciclaje. La composición de los residuos sólidos varía según varios elementos, pero esencialmente depende del nivel de vida, de la estación de año, del modo de vida de la población, de la existencia de zonas turísticas, del clima y del día de la semana. (Procuraduría Ambiental y el Ordenamiento Territorial del DF, 2013)

La separación de los subproductos de la basura trae consigo la operación de pequeñas empresas dedicadas al reciclaje y transformación de nuevos productos. En el caso de los residuos sólidos alimenticios, a través de sencillos tratamientos se puede transformar en composta (fertilizante orgánico) o en alimento para animales.

De esta forma, además de aprovechar los residuos sólidos se contribuye a preservar los recursos naturales y a elevar la vida útil de los sitios de disposición final, al depositarse en ellos menor cantidad de residuos.

Dentro de los residuos sólidos urbanos que se generan en las fuentes mencionadas anteriormente, se encuentran los siguientes subproductos mostrados en el siguiente tabla 2.4. Principales materiales que encontramos en la composición de los Residuos Sólidos Urbanos

**Tabla 2. 4** Composición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

• Algodón.
• Cartón.
• Cuero.
• Envases de cartón encerado.
• Fibra dura vegetal.
• Fibras sintéticas.
• Hueso.
• Residuo fino (todo material que pase la criba M 200).
• Hule.
• Lata.
• Loza y cerámica.
• Madera.
• Material de construcción.
• Material ferroso.
• Papel.
• Pañal desechable.
• Plástico rígido y de película.
• Poliuretano.
• Poliéster expandido.
• Residuos alimenticios.
• Residuos de jardinería.
• Trapo.
• Vidrio de color.
• Vidrio transparente.
• Otros.

Fuente: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

2.10. SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN

Una vez recogidos los residuos, el siguiente paso en el sistema de gestión es su tratamiento final, que recoge todas las operaciones precisas para la recuperación o la eliminación de dichos residuos. Esta fase concentra todos los procesos de transformación, ya sean mecánicos, químicos, biológicos o de recuperación energética utilizados para valorizar los residuos, así como aquellos que se emplean para el vertido final de los restos no recuperados y de los rechazos de los procesos anteriores.

2.11. INTRODUCCIÓN AL TRATAMIENTO TÉRMICO

El tratamiento térmico de los residuos sólidos como parte de un sistema de Gestión Integral de Residuos, puede incluir por lo menos tres procesos diferentes, quema masiva, quema de combustibles derivados de residuos, y quema de papel y plástico. La



más conocida es la quema masiva, de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en plantas incineradoras grandes, pero también existen dos procesos de "quema selectiva" adicionales en los que las fracciones combustibles de los residuos sólidos se utilizan como combustible. Estos combustibles pueden separarse de los RSU mezclados ya sea mecánicamente para formar Combustible Derivado de los Residuos (CDR), o bien puede consistir de materiales separados en la fuente y recolectados en las viviendas tales como papel plástico, que han sido recuperados pero no reconstruidos.

Estos tres métodos reflejan los diferentes objetivos que pueden alcanzarse mediante el tratamiento térmico. El proceso puede considerarse como una técnica de incineración con Recuperación de Energía (es decir de valorización) o como un tratamiento de los residuos previo a la disposición final.

2.11.1. OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

La incineración de los residuos sólidos puede realizarse con objeto de alcanzar cuatro objetivos diferentes:

1. **Reducción de volumen:** Dependiendo de su composición, la incineración de los RSU reduce el volumen de los residuos sólidos que van a disposición final en un 90% en promedio, aproximadamente. El peso de los residuos sólidos que se manejan se reduce en un 70-75%. Esto tiene ventajas tanto ambientales derivadas de transporte si el sitio de disposición final, así como una reducción en los costos y cargas ambientales derivados del transporte si el sitio de disposición final se ubica lejos de los sitios de generación y/o tratamiento de residuos.
2. **Estabilización de los residuos:** Los productos de la incineración (cenizas) son considerablemente más inertes que el material entrante (RSU), debido principalmente a la oxidación de los componentes orgánicos del flujo de residuos. Esto da por resultado que se generen menos problemas en el manejo del sitio de disposición final, ya que la fracción orgánica es responsable de la producción de gas y los compuestos orgánicos presentes en el sitio se lixivian.
3. **Recuperación de energía a partir de los residuos (re).** Este representa un método de valoración más que un pre-tratamiento de los residuos previo a su disposición. La energía recuperada de la quema de los residuos se usa para generar vapor que a su vez se utiliza en la generación de energía eléctrica en la planta, o es exportado a plantas locales y alimenta los sistemas de calefacción



cercanos. Las plantas que producen calor y electricidad de manera combinada (CEC) incrementa la eficiencia de la recuperación de energía mediante la producción de electricidad, utilizando al mismo tiempo el calor residual. En este sentido los residuos sólidos a menudo se consideran un "recurso renovable", y su incineración puede reemplazar al uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. Como una porción considerable de la energía contenida en los RSU proviene de recursos realmente renovables (biomasa), debería presentarse una producción global neta menor de dióxido de carbono que la derivada de quemar combustibles fósiles, dado que el dióxido de carbono se absorbe en la fase inicial de crecimiento de la biomasa.

4. **Esterilización de los residuos.** Si bien este aspecto tiene una relevancia fundamental en la incineración de residuos clínicos, la incineración de los RSU también asegurará la destrucción de los organismos patógenos antes de la disposición final.

2.11.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

En 1996, existían aproximadamente 2.400 plantas de incineración de residuos a gran escala en funcionamiento a nivel mundial, 150 en vías de construcción y 250 plantas más en fase de planeación. A nivel global, se ha predicho que 2.800 plantas de incineración estarán funcionando en el año 2025. Los países con limitaciones importantes de espacio para disposición final, como Suiza, los países bajos y Japón, incineran una parte de RSU, principalmente para reducir el volumen de éstos con cierta recuperación de energía. En contraste, los países con sitios de disposición final abundantes y debajo de sus residuos (12% y 4% de los RSU, respectivamente).

Históricamente, la reducción en volumen y la esterilización de los residuos han constituido objetivos importantes de la incineración, tanto por razones económicas como ambientales. Éstas fueron las razones primordiales que motivaron la construcción de los incineradores de RSU en Gran Bretaña en 1960. También es probable que en el futuro se dé más importancia a la incineración de residuos previo a su estabilización antes de la disposición final. También es posible que exista un incremento en la proporción de los RSU que se traten mediante incineración. Debido a la creciente preocupación con respecto a la producción de biogás y compuestos orgánicos lixiviados en los sitios de disposición final que reciben RSU sin tratamiento, la estabilización de



los residuos previa a la disposición final se está volviendo un objetivo adicional en algunos países. El biogás y los lixiviados se generan principalmente a partir de la fracción orgánica de los RSU, que puede ser convertida de manera efectiva en gases y cenizas mineralizadas mediante la incineración.

La preocupación en torno a las emisiones en los sitios de disposición final llevó a Alemania a aprobar la Directiva Técnica nacional para el manejo de residuos comunales a futuro, que menciona que sólo pueden depositarse materiales inertes en sitios de disposición final. Estos se definen como los materiales que tienen sólo 1% (para sitios de disposición final comunales) o 5% (para sitios de disposición final comunales "especiales").

2.12. INCINERACIÓN

Las tecnologías más utilizadas en el mundo para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos son: rellenos sanitarios, incineración y el composteo, según datos de la organización panamericana de la salud

Si bien la incineración de los residuos constituye un elemento esencial de muchos sistemas de GIR en el mundo en vías de desarrollo, la implementación de esta opción es cara y difícilmente representa una opción realista para estos países. Sin embargo, las estrategias ya descritas que pueden implementarse en dichas regiones pueden servir de base para una futura recuperación de energía a partir de residuos a medida que progrese la situación económica. Esto es particularmente importante en el caso de la separación de residuos orgánicos altamente putrescibles del flujo de RSU. Los residuos orgánicos incrementan significativamente el contenido de humedad, y disminuyen el valor calorífico de los RSU. Su separación representa el primer paso en la preparación del flujo de residuos para la posibilidad de realizar incineración.

La incineración es uno de los procesos térmicos que pueden aplicarse en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos para disminuir su cantidad y aprovechar la energía que contienen. Los aspectos medioambientales que causan mayor preocupación son las emisiones atmosféricas, especialmente las dioxinas y furanos, y las escorias y cenizas formadas. La heterogeneidad de los materiales a tratar y los niveles de emisión impuestos por las normas legales ha obligado a desarrollar o adaptar unas tecnologías específicas para este proceso. Los aspectos socioeconómicos ponen de manifiesto que se



requieren elevadas inversiones, grandes costos de operación y, en general, una fuerte oposición popular.

Actualmente la incineración debe contemplarse como una de los posibles elementos que configuran los sistemas de gestión integrada de los residuos sólidos. En estos sistemas debe procederse a la reducción de la generación de residuos, a la recuperación de los materiales reciclables y finalmente al tratamiento y eliminación de los residuos inevitables y no reciclables. Es en esta última etapa donde la incineración compite con otros procesos térmicos o biológicos como tratamiento previo al vertido de los residuos no reciclables en el terreno.

2.13. INCINERACIÓN MASIVA DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Los procesos de incineración de RSU están denominados por las llamadas "tecnologías de incineración masiva". Estos sistemas aceptan residuos sólidos que han sido sometidos a poco tratamiento de pre-procesamiento además de la remoción de materiales reciclables y artículos voluminosos. Un incinerador para quema masiva típico utiliza un horno grande con un sistema de parrillas inclinadas rotatorias o movibles.

Los residuos mezclados para incineración se suministran en una sección receptora o depósito, desde el cual son alimentados desde una tolva de alimentación del horno, utilizando normalmente una pala mecánica. El área de recepción puede no causar molestias a nivel local por la generación de ruido, malos olores y basura, los cuales requieren ser controlados. La mayoría de los incineradores de RSU tienen un horno con parrillas móviles, también llamado incinerador tipo "*stoker*". Las parrillas móviles mantienen el movimiento de los residuos a través del horno a medida que se quema, y depositan los residuos no combustibles (cenizas) en un tanque. El aire para la combustión utilizado se bombea a través del tamiz desde la porción inferior.

Los factores clave para alcanzar niveles altos de combustión y destrucción de contaminantes orgánicos en los residuos entrantes son la temperatura (alta), tiempo de resistencia (prolongado) y turbulencia (alta).



EL HORNO Y LA COMBUSTIÓN

La combustión de los residuos sólidos es un proceso complejo en el que, a los diferentes fenómenos de secado, deshidratación, gasificación, etc., se une la heterogeneidad de la alimentación. En este proceso es indispensable operar con un exceso de aire para asegurar la combustión completa y para evitar que la temperatura sea demasiado elevada ($T > 1100^{\circ}\text{C}$) y pueda ablandar y fundir las cenizas y escorias. La formación de óxidos de nitrógeno también se reduce cuando se controla la temperatura de la cámara. Para que la combustión sea completa es necesario conseguir un buen contacto entre los reactantes, es decir, entre el aire y los sólidos y que el tiempo de permanencia de cada uno de los materiales sea, en las condiciones de temperatura y presión parcial de oxígeno fijadas, superior al de conversión completa.

Existe una gran variedad de hornos para lograr la combustión de los residuos en condiciones adecuadas. Los hornos de parrillas fijas, los de parrillas móviles, con diferentes tipos de parrillas y movimientos, los hornos rotatorios, los lechos fluidizados burbujeantes o los lechos fluidizados recirculantes son ejemplos de equipos empleados en las instalaciones industriales. Los lechos fluidizados ofrecen las condiciones de operación apropiadas para una buena combustión. La agitación del lecho, la inercia térmica y la elevada superficie de contacto entre las partículas permiten alcanzar una aproximación razonable a la isothermicidad del lecho. La mezcla que se logra en los lechos fluidizados mejora la reactividad de los residuos ya que alcanzan rápidamente los valores de la temperatura de operación. Estas cualidades permiten que los lechos fluidizados sean poco sensibles a las variaciones en el poder calorífico, logren una recuperación energética elevada al no requerir un gran exceso de aire, obtengan unas escorias con una fracción de inquemados pequeña ($< 0,5\%$), razonablemente “duras”, permitan un buen control del proceso y fácil mantenimiento. A pesar de las desventajas que presentan frente a otras alternativas como son su mayor consumo de energía, los mayores costes de inversión o la menor capacidad ofrecen una ventaja fundamental, mejor comportamiento ambiental ya que disminuye la formación de NO_x , permite introducir cal o dolomita para retener SO_2 y también desciende el nivel de CO .

Para asegurar la destrucción de las moléculas orgánicas complejas, que pueden salir con los gases de combustión, se someten estos gases a un proceso adicional en el cual la temperatura es superior a 850°C durante un tiempo no inferior a 2 segundos y con un



contenido de oxígeno superior al 6%. Estos gases se introducen en una caldera de recuperación para producción de vapor con el que pueda obtenerse energía eléctrica por medio de una turbina. En ocasiones se combinan con turbinas de gas para mejorar el rendimiento energético de la planta.

DEPURACIÓN DE GASES

Las emisiones procedentes de una incineradora deben cumplir los límites que fijan las normas legales por lo que es preciso dotar a la instalación de una serie de técnicas capaces de destruir o retener los diferentes tipos de contaminantes. A medida que van disminuyendo los límites de las emisiones aumenta la complejidad del proceso de depuración. Independientemente de los niveles fijados es preciso disminuir la concentración de un conjunto de contaminantes que se comentan a continuación. Los valores numéricos para cada uno de ellos corresponden a los valores representativos de una incineradora moderna, valores que son inferiores a los establecidos por la legislación.

PARTÍCULAS

Forman parte de estas partículas las cenizas volantes y los finos arrastrados en el horno, los componentes condensados y los reactivos y productos de reacción formados como consecuencia de los compuestos empleados en equipos de depuración para otros contaminantes. Por ello, el método de retención depende tanto del tipo de horno como del sistema de depuración general. La propia caldera de recuperación constituye un elemento de eliminación de partículas que complementado con ciclones, precipitadores electrostáticos, filtros de mangas o filtros cerámicos limita las emisiones a valores inferiores a 10 mg/Nm³ pudiendo alcanzarse valores entre 10 y 100 veces menores.

Muchos metales pesados solo aparecen en fase sólida, Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, con lo cual sus emisiones dependerán de que se realice una adecuada separación de los materiales que los contengan y de la eficacia de la tecnología empleada para retener las partículas.

Los restantes metales pesados de interés medioambiental, Cd, Hg, As, aparecen tanto en las partículas sólidas como en la fase gaseosa. Por este motivo su retención requiere el empleo de una técnica adicional.



MONÓXIDO DE CARBONO Y SUSTANCIAS ORGÁNICAS

Los sistemas de depuración de gases no incorporan equipos específicos para destruir o retener estos contaminantes por lo que la mayor o menor concentración en los gases emitidos depende del comportamiento de la combustión. El comportamiento del horno y de la cámara de postcombustión son los que permiten que el monóxido de carbono no alcance los 50 mg/Nm^3 y las sustancias orgánicas los 10 mg/Nm^3 .

GASES ÁCIDOS: SO₂, HCL, HF

Los tres componentes ácidos SO₂, HCl (compuestos inorgánicos con cloro) y HF (compuestos inorgánicos con flúor) se forman en el proceso de combustión a partir de los residuos alimentados. En consecuencia, las cantidades formadas dependen directamente de la composición de los residuos incinerados. Su retención puede efectuarse de diferentes maneras.

En el horno de combustión puede incorporarse carbonato cálcico y con una buena mezcla en su interior y un tiempo de residencia suficientemente elevado se logran retenciones del 90% para azufre y flúor y del 50% para el cloro. Los productos formados son sólidos que abandonan el sistema formando parte de las escorias y de las cenizas en forma de sales cálcicas.

Cuando en la corriente de gases se introduce un neutralizador (normalmente cal) en forma pulverizada se dispone de un procedimiento en seco que se caracteriza por un consumo alto de reactivos y la consecución de rendimientos medios. En el procedimiento semiseco se atomiza la lechada de cal en el flujo gaseoso con lo que disminuye el consumo de reactivos y permite alcanzar buenos rendimientos. En ambos casos no existe vertido de agua. El procedimiento húmedo permite obtener rendimientos altos y bajos consumos de reactivos reteniendo incluso otros contaminantes (partículas, NO_x) pero se generan aguas de lavado que es preciso tratar antes de su vertido. La elección adecuada del proceso permite que HCl sea inferior a 10 mg/Nm^3 , que HF sea menor que 2 mg/Nm^3 y que el SO₂ no supere los 50 mg/Nm^3 .



DIOXINAS Y FURANOS

Las fuentes naturales de estos compuestos están relacionadas con el fuego o los procesos de combustión, como los incendios forestales, la caída de rayos o la acción volcánica y en general, cuando se produce la combustión de hidrocarburos en presencia de compuestos de cloro. En la incineración de residuos sólidos aparecen los elementos necesarios para que sea posible la formación de dioxinas y furanos. Desde que Olie encontró niveles elevados de estos organoclorados en emisiones gaseosas y en cenizas de incineradoras y posteriormente en la leche de las vacas de las granjas cercanas a la incineradora, se considera a este proceso como la fuente más importante de generación de dioxinas y furanos. Normalmente aparecen en concentraciones tan pequeñas que su unidad de medida es el nanogramo, lo cual obliga a utilizar procedimientos de muestreo y métodos analíticos adecuados a este problema.

La destrucción de estos contaminantes y también la de sus precursores se logra cuando la combustión es correcta y se mantienen la temperatura de postcombustión por encima de 850°C durante más de 2 segundos con una concentración de oxígeno superior al 6%. Sin embargo, es posible encontrar estos contaminantes al final del sistema de depuración, debido a que se forman de nuevo.

2.14. TIPOS DE INCINERADORES MÁS UTILIZADOS PARA LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.14.1. INCINERADORES CON PARRILLAS

Existen diferentes diseños para los tamices utilizados en la incineración de residuos municipales. Los sistemas de parrilla se utilizan para transportar los residuos a través del horno y promover la combustión por agitación y mezclado con el aire de combustión. Una vez que los residuos se encuentran en la parrilla, pasan a través de una etapa de secado en la que se queman los compuestos más volátiles. Después se mueven a lo largo de la parrilla y continúan quemándose lentamente hasta que han alcanzado un estado incinerado alto antes de que las cenizas se descarguen al final de la parrilla. Las temperaturas de cenizas presentan una limitante para la operación de sistemas de parrillas. Si la temperatura es suficientemente alta para que las cenizas se fundan y formen escorias, éstas reducen el suministro del aire y bloquean las salidas. Se inyecta



aire por encima del fuego sobre las parrillas para proveer suficientemente aire para que se queme el gas y los materiales particulados que contiene.

Algunos de los sistemas de parrillas más comunes que se utilizan en la incineración de RSU incluyen:

1. **Sistemas rotatorios:** Constan de tambores colocados para formar una superficie inclinada. Los tambores rotan lentamente en la dirección del movimiento de los residuos.
2. **Sistema recíproco:** Las parrillas se colocan una encima de la otra. Secciones alternas de la parrilla se deslizan hacia atrás y adelante mientras las secciones adyacentes no se mueven.
3. **Reciprocidad invertida:** Las parrillas se mueven hacia adelante y después en dirección inversa.
4. **Continuas:** Se utilizan dos secciones en cascada. Este proceso es barato y confiable, pero no agita los residuos, y requiere grandes cantidades de aire, que a su vez produce grandes cantidades de gas.
5. **Parrillas con agitación:** Las se colocan a través de la extensión del horno. Se agitan hileras alternantes para producir un movimiento hacia arriba y hacia adelante. Este movimiento agita y mueve los residuos hacia adelante a través del incinerador.

LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS SON:

- Se carga en “todo uno”.
- Las parrillas son metálicas. Inclinación unos 25°
- Aire (100% exceso) entra por la parte interior.
- La velocidad del aire es alta. Hay arrastre.
- Admiten cualquier carga sin tratamiento previo.
- Tiempo de retención de sólidos es constante.
- Mantenimiento alto.

VENTAJAS

- Permite una buena recuperación de energía
- Bajo costo inicial.
- Puede generar poco material particulado.



DESVENTAJAS

- Inadecuado para residuos variados, como plástico o pedazos grandes de material.

2.14.2. INCINERADORES DE LECHO FLUIDIZADO

Los lechos fluidizados son dispositivos simples que consisten de un contenedor recubierto con materiales resistentes al calor y que contienen partículas granulares inertes. Los gases se soplan a través de las partículas inertes a una tasa suficientemente alta para causar la expansión del lecho y que este actúe como un fluido ideal. Normalmente el diseño del lecho restringe la combustión en el área inmediata a éste. Como resultado se tiene un área encima del lecho para separar las partículas inertes de los gases que surgen y otros componentes.

Una ventaja de esta tecnología es que puede adicionarse al proceso reactivo que capturan halógenos (cloruros y fluoruros), lo cual reduce la descarga final de gases ácidos. Este proceso ha sido desarrollado e implementado especialmente en Japón. En tabla 12.3 se incluye una comparación entre los incineradores con parrillas móviles y con lecho fluidizado.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

- Gran transferencia de calor.
- Lecho en constante agitación.
- Posibilidad de usar mezclas heterogéneas de combustible, siendo el estado físico de alguno de ellos difícil (fangos).
- Minimización de las emisiones de SO_2 por adición de reactivos en el propio lecho.
- Reducción de los niveles de NO_x .
- Aumento del tiempo de residencia.

VENTAJAS

- Requiere un menor exceso de aire con lo que el rendimiento de la combustión será mayor.
- Puede trabajar a temperaturas menores con lo que se evita la fusión parcial de las escorias del combustible en el seno del lecho.
- Las instalaciones son más compactas.
- Posibilidad de introducir catalizadores en el lecho.



- Posibilidad de usar mezclas heterogéneas de combustibles, siendo el estado físico de alguno de ellos difícil (fangos).
- Minimización de las emisiones de SO₂ por adición de reactivos en el propio lecho (carbonatos).
- Reducción de los niveles de NO_x al trabajar a menores niveles térmicos y excesos de aire más reducidos.

DESVENTAJAS

- Elevado costo de instalación.
- cuidado de los residuos para evitar que formen eutécticos que puedan fundir o colapsar el lecho.

2.14.3. QUEMADORES U HORNOS ROTATORIOS

Este proceso consiste de un cilindro horizontal recubierto con materiales resistentes al calor que se montan con una ligera pendiente, y que constituyen el diseño utilizando más comúnmente para la incineración de residuos. La rotación del cilindro mezcla los residuos con el aire de combustión. El intervalo de temperatura de combustión varía entre 820 y 1.650°C. Los tiempos de residencia varían desde varios segundos ahora, dependiendo los residuos y de sus características. Los hornos rotatorios son efectivos cuando el tamaño o la naturaleza de los residuos impiden el uso de otros tipos de equipo de incineración.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS:

- La carga suele ocupar el 20% del volumen.
- Permite variar la inclinación y velocidad.
- No hay partes metálicas.
- Puede trabajar con cualquier cantidad de aire.
- Arrastre de partículas reducido.
- Posibilidad de inyectar aire caliente.
- Tratar cualquier tipo de residuos.
- Capacidad máxima 4-5 t/h debido al diámetro

VENTAJAS

- Muy versátil.
- Operación simple



- Fácil ajuste del tiempo de resistencia.
- Buena reducción de masa.

DESVENTAJAS

- Alto costo inicial
 - Genera más material particulado.
- Elevado exceso de aire

TECNOLOGIA

El cilindro rotativo, opera entre 0.5 y 20 rpm, distinguiéndose cuatro zonas bien diferenciadas en su interior: secado, transformación, combustión e incineración. Típicamente cuenta con un segundo compartimento de tiempo de residencia 2 segundo, que garantiza la oxidación de cualquier hidrocarburo remanente, así como destrucción de constitutivos orgánicos más estables alcanzando eficiencias de más de 99.99%.

2.14.4. INCINERADORES CON CÁMARAS MÚLTIPLES

Esta configuración proporciona la incineración completa de los productos para combustión, la cual disminuye la concentración de, materiales particulados en el gas que se genera. La combustión de los residuos sólidos se lleva a cabo en una cámara primaria, y los productos gaseosos no quemados se someten a combustión en una cámara secundaria. Esta provee el tiempo de residencia y combustibles complementarios requeridos para la combustión de las emisiones gaseosas.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

En el caso de la figura de incineración de fangos, la velocidad de rotación del horno giratorio permite un tiempo de residencia de sólidos máxima.

En la cámara de oxidación los gases parcialmente oxidados, se combustionan completamente y las cenizas se recogen por el fondo.

VENTAJAS

- Simples de operar
- Viable para pequeños generadores
- Eficaz para residuos varios.



DESVENTAJAS

- Alto costo inicial
- Mano de obra intensa
- No proceso líquidos ni lodos
- Generalmente no alcanza la temperatura adecuada para reducir residuos peligrosos.
- Alto desgaste refractario

TECNOLOGIA

básicamente dos recintos, el primario encargado de combustión de residuos sólidos, el segundo responsable de la combustión de productos en fase gas sin quemar así como sólidos, ambos provenientes de la primera cámara; las dos variantes más comunes son tipo *retorta* (el aire es obligado a hacer un recorrido tortuoso) y tipo “*en línea*” (in line). Mientras que el incinerador de tipo retorta tiene capacidades entre 9 kg/h y 340 kg/h, el diseño en línea atiende capacidades entre 220 kg/h y 900 kg/h. En ambos casos se opera con exceso de aire, siendo aproximadamente la mitad ingresado por la puerta de alimentación y el resto distribuido entre la primera cámara y la segunda.

2.15. MARCO CONTEXTUAL

ANTECEDENTES

En todo el mundo los mal llamados rellenos sanitarios se han convertido en un grave problema, los seres humanos somos partícipes de esta generación de residuos a la cual se le llama coloquialmente como basura ya que la gran mayoría de la generada de esta no es reciclable. En la actualidad existen muchas técnicas la cual han propiciado a la minimización de los residuos generados

La problemática principal no es que hacer con los rellenos sanitarios que existen sino hacer de ellos que su vida útil termine satisfactoriamente y que a todos los residuos que se generan a diario por la población darles otro manejo, sacar provecho de ellos, por lo que se pretende la realización del estudio para validar y hacer factible la implementación de una incineradora de residuos sólidos urbanos mediante a celdas catalíticas para tener un mejor control de la incineración y con todos los aditamentos posibles para estar regulado bajo las normas de calidad del medio ambiente. Por lo cual se desarrollan los siguientes temas de suma importancia para dar pauta al entorno de lo macro a micro que es donde se atacará el problema de raíz para dar certeza de lo que se



está realizando tendrá un impacto no solo a la población en general si no a Tlaxcala en todo su entorno.

2.16. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EUROPA

“La posición de la Unión Europea respecto al tratamiento de los Residuos es: contribuir a prevenir la acumulación de residuos, fomentar el reciclaje informando a los consumidores, apoyar la investigación y el desarrollo tecnológico de productos respetuosos con el medio ambiente y fomentar formas de suministrar productos y servicios utilizando menos recursos. En definitiva, romper el lazo que une el desarrollo económico y el aumento de los residuos. El objetivo de la Unión Europea es reducir la acumulación de residuos finales en un 50% para el año 2050 (tomando como referencia los valores del año 2000). Para hacerlo, ha diseñado una estrategia que establece las siguientes prioridades:

Prevención de la generación de residuos. Recuperación de residuos por medio de la reutilización, el reciclaje y la recuperación de energía.

- *Mejora de las condiciones de tratamiento.*
- *Regulación del transporte.*

La Unión Europea actúa siguiendo cuatro principios fundamentales:

- *El principio de prevención: hay que limitar la generación de residuos desde su punto de origen, animando a las empresas a producir (y a los consumidores a elegir) productos y servicios que generen menos residuos. También desarrollando y promocionando una estrategia de reciclaje de residuos a nivel europeo.*
- *El principio “quien contamina paga”: aquellos que produzcan contaminación tienen que correr con los gastos que ocasione combatirla. Por lo tanto, hay que identificar las sustancias peligrosas y el contaminador, y éste debe encargarse de recoger, tratar y reciclar sus residuos.*
- *El principio preventivo: cuando se detecte un riesgo potencial, hay que intentar evitarlo*
- *El principio de proximidad: hay que tratar los residuos tan cerca de su punto de origen como sea posible” (Llopis, 2017).*



La presencia de incineradoras en las principales ciudades europeas es un hecho, especialmente en aquellos países más adelantados en materia de medioambiente. Francia encabeza este particular ranking, con 126 incineradoras, seguida de Alemania, con 99. Detrás se encuentran Italia con 44, Suecia (33), Reino Unido (32) o Suiza (30). El Estado español cuenta a día de hoy con doce.

Precisamente en Alemania se encuentra la planta de Oberhausen, una de las mayores incineradoras del país, que está ubicada en el centro de esta ciudad de 212.000 habitantes. De hecho, basta con salir de la instalación y cruzar una acera para encontrarse con los primeros bloques de viviendas.

Sin embargo, parece que esta circunstancia no tiene grandes influencias entre los vecinos, que aceptan con normalidad la presencia de esta instalación que lleva en funcionamiento cuatro décadas.

Alemania tiene 99 incineradoras y la de Oberhausen, una de las más grandes del país, se encuentra en el centro del municipio sus habitantes aseguran que no sienten “ninguna molestia”

Aseguran que no sufren olores y tampoco padecen trastornos de tráfico, ya que la planta está conectada directamente con la autopista (ASTARLOA, 2016).

Las ciudades modernas que cuenta con plantas incineradoras son Australia, y Alemania: son considerados como los países punteros desde el punto de vista medioambiental. Viena, Colonia y Oberhausen son referentes en gestión de residuos y poseen las plantas de valorización energética más modernas de Europa.

Sus plantas incineradoras están en el centro de la ciudad Oberhausen, una de las más grandes de Europa con viviendas a escasos metros. Reciclan un 60% y valorizan un 30% y hace años que eliminaron los vertederos. Todos los países europeos tendrán que seguir este ejemplo ya que la normativa europea marca la eliminación al máximo posible de los vertederos para 2020. Los habitantes de estas ciudades aseguran estar tranquilos. Consideran este tipo de plantas fundamentales para el buen funcionamiento de la gestión de los residuos de la ciudad (Eraikina, 2016).

Europa como ya se dijo son los pioneros en estas tecnologías desde hace mucho tiempo por lo que los resultados que se han obtenidos son favorables para el Europa,



debido al éxito que se ha obtenido ya cuenta con más plantas incineradoras de residuos sólidos ver Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Plantas de incineración de residuos sólidos urbanos de Latinoamérica

PLANTAS INCINERACIÓN				
Planta	Lugar	Tipo de horno	Tipo de entrada	Capacidad incineración
Meruelo	Cantabria	Parrilla de rodillos	F.O.+resto	12 t/h
Melilla	Melilla	Parrilla de dientes	Recogida en masa (F.O.+envases +resto)	4,5 t/h
Tarragona	Tarragona	Parrilla de rodillo sistema büsseldorf	Residuos mezclados de recogida no selectiva (F.O.+resto)	9,6 t/h por línea
Sogama	A Coruña	Lecho fluido circulante KVAERNER	RU (F.O.+resto) y asimilables	550.000 t
Barcelona	Barcelona	Parrillas deslizantes Von Roll	Residuos mezclados de recogida no selectiva (F.O.+resto)	14,5 t/h por línea
Madrid	Madrid	Lecho fluidizado burbujeante	F.O.+resto	9,17 t/h (PCI: 3.500)
Palma de Mallorca	Palma de Mallorca	Parrilla de rodillos	F.O.+resto	18,75 t/h por línea
Girona	Girona	Parrilla Martin	Residuos mezclados de recogida no selectiva (F.O.+resto)	2,5 t/h por línea
Mataró	Barcelona	Parrilla móvil de barrotos Martin	Residuos mezclados de recogida no selectiva (F.O.+resto)	10 t/h (PCI: 2.000)
Bilbao	Bilbao	Parrilla deslizante Martin	Residuos mezclados de recogida no selectiva (F.O.+resto)	30 t/h (PCI: 2.032)

Fuente: Waste to Energy (Latinoamérica)

2.17. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

El manejo de los residuos sólidos constituye a nivel mundial un problema para las grandes ciudades, factores como el crecimiento demográfico, la concentración de población en las zonas urbanas, el desarrollo ineficaz del sector industrial y/o empresarial, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida, entre otros, han incrementado la generación de residuos sólidos en los pueblos y ciudades (Ojeda y Quintero, 2008).

A nivel mundial, especialmente en las grandes ciudades de los países de América Latina y el Caribe, el manejo de los residuos sólidos ha representado un problema debido, entre otras cosas, a los altos volúmenes de residuos sólidos generados por los ciudadanos; cuando el manejo de éstos no es el adecuado, puede afectar la salud de los ciudadanos y



al medio ambiente. Ante este escenario surge la necesidad de describir la situación actual del manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe, así como las acciones y estrategias que se están empleando para mejorarlo, para esto se realizó una revisión documental de artículos científicos y se contrastaron las realidades presentadas por los distintos autores en el manejo de residuos sólidos. En dicha revisión se detectaron similitudes en la manera como se manejan los residuos sólidos en la América Latina y el Caribe, observándose que el sistema se encuentra aún en estado incipiente para ser considerado como integral y sustentable. Para lograr mejoras en el manejo de residuos sólidos, en América Latina y el Caribe, se requiere voluntad por parte de los gobernantes, fuertes inversiones y educación continua de la ciudadanía en el tema del aprovechamiento de los residuos (Saenz & Urdaneta, 2014).

Algunos de las ciudades del caribe que cuenta con este tipo de tecnología son los siguientes:

Bogotá se comenzó con un proyecto de la construcción de una planta incineradora de residuos sólidos urbanos para el norte de Bogotá, en Colombia no se tienen estudios previos ni mucho menos resultados, únicamente se cuenta con las especificaciones de la planta, así como el apoyo que recibirían por parte de los alemanes.

En el 2014 se inaugura la planta más grande del país en el parque Tecnológico ambiental de Mosquera, Colombia. Tendrá la capacidad de incinerar una tonelada de residuos por hora, lo que representa una eficiencia en la disposición final de los desechos y una reducción en el impacto ambiental de la operación, beneficiándose los más de 1.700 clientes directos y 8.800 clientes indirectos con los que cuenta hoy la compañía.

Con la apertura de la nueva planta de incineración del parque Tecnológico Ambiental de Mosquera, se garantiza la capacidad de incineración de 3.500 kilos/hora, además de sus 3 millones de m³ para la disposición final de residuos en celdas de seguridad.

En 3 años Tecniamsa ha eliminado 180 mil toneladas de residuos peligrosos del país y en 2013 la compañía logró eliminar 52.413 toneladas (América, 2014)

.



2.18. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN MEXICO

Uno de los principales problemas que aquejan el entorno ambiental y que dificultan la calidad de vida de la sociedad, tiene que ver con los grandes volúmenes de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se generan diariamente en el país, y por el escaso o nulo tratamiento que reciben.

En las últimas cuatro décadas, la generación por habitante de residuos sólidos urbanos se incrementó en 200% y su composición pasó de ser mayoritariamente orgánica a incluir una alta proporción de plásticos y productos de lenta descomposición. Con lo anterior se ha notado que los modelos de producción y los patrones de consumo actuales, han provocado la crisis ambiental que el planeta sufre hoy.

Tan solo en México generamos anualmente 41 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, de las cuales, aproximadamente se recolecta el 86%, pero queda disperso un 14%, que se deposita en tiraderos clandestinos, en lotes baldíos o áreas verdes, ocasionando problemas de contaminación del agua, aire y suelo, y riesgos en materia de salud pública provocados por la fauna nociva y gases tóxicos que la mezcla de residuos genera.

Por otra parte, la mayor generación de los residuos de manejo especial corresponde a los de la construcción y demolición (77%), seguido de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (18%), los residuos generados por servicios de transporte (3%), y finalmente los residuos que se producen en las unidades médicas (2%).

Cabe resaltar, que, de 112 ciudades y municipios con más de cien mil habitantes, aproximadamente 50 carecen de “rellenos sanitarios” y su promedio de eficiencia en el manejo de la basura oscila entre 10 y 20 %; esto según datos del programa México Limpio.

Así mismo, en nuestro país actualmente los residuos sólidos urbanos terminan en rellenos sanitarios (si es que se les puede llamar así) ya que, según datos de la SEMARNAT existen 200 sitios controlados que equivocadamente se les llama “rellenos sanitarios”, de los cuales sólo 9 se acercan al cumplimiento de la norma que regula la construcción y requisitos de los rellenos sanitarios, y el resto (alrededor de 650) son



tiraderos a cielo abierto, lo que denota un déficit de 92% en la cobertura para la gestión de los residuos mediante sitios sostenibles que eviten pasivos ambientales.

Un verdadero relleno sanitario no ocasiona impactos graves sobre la salud y el ambiente, ya que aplica todas las medidas necesarias para prevenir la contaminación. Los riesgos se presentan una vez que el relleno llegó al final de su vida útil, que generalmente es al cabo de 20 años, ya que se descuida el sitio y el monitoreo, y los residuos empiezan a hacer sus efectos sobre el ambiente y por lo tanto sobre la salud. En México existen 465 sitios contaminados por residuos sólidos que no son considerados peligrosos y que son generados en diversos sectores como la industria petrolera, energética, textil, y en el sector agropecuario.

Por si esto fuera poco, el nivel de reciclaje de residuos es mínimo (3.6% anual), con un promedio de 724 mil toneladas

Actualmente México cuenta con plantas tratadoras de Residuos Sólidos Urbanos (Planta incineradora) en el Bordo Poniente de las 13 mil toneladas de residuos sólidos urbanos que se generan al día, actualmente, el servicio público de limpia de la ciudad maneja 12 mil 700 toneladas; cuatro mil 100 toneladas son aprovechadas a través de diferentes procesos, ocho mil 600 toneladas son enviadas a rellenos sanitarios y el resto no tiene un manejo porque obedece a factores como el hecho de que los residuos no son entregados para su recolección.

La planta, llamada de Termovalorización, permitirá aprovechar el potencial calorífico de los RSU para producir energía eléctrica que será utilizada para satisfacer la necesidad de energía del Sistema de Transporte Colectivo (STC) al proporcionar 965 mil MWh al año, que equivale a mover los trenes durante todas las horas de servicio de las 12 líneas del Metro.

Se encuentra una planta más ubicada en Hidalgo con tecnología Austriaca, con la adecuada gestión de las más de 117 mil toneladas de residuos, México podría reducir la contaminación ambiental, al mismo tiempo que genere energía eléctrica, es lo que comenta (SEMARNAT).

2.19. ESTADO DE TLAXCALA

Las coordenadas geográficas del Estado de Tlaxcala son: 19° 44' – 19° 06' de latitud Norte y 97° 43' – 98° 46' de longitud Oeste. El porcentaje territorial representa el 0.2%



de la superficie del total del país y colinda al norte con Hidalgo y Puebla; al este y Sur con Puebla; al Oeste con Puebla, México e Hidalgo.



2.19.1. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ESTADO DE TLAXCALA

El estado de Tlaxcala produce alrededor de mil 100 toneladas diarias, informó Efraín Flores Hernández, titular de la Coordinación General de Ecología (CGE).

Explicó que el incremento de basura se debe a la ampliación de la mancha urbana, pues como consecuencia del crecimiento poblacional la generación de basura va en aumento.

Aunque hay una pequeña variación, aproximadamente llegan diariamente en los cuatro rellenos sanitarios existentes en Tlaxcala de mil a mil 100 toneladas por día el Instituto Nacional de Estadística y Geografía arroja datos de generación de residuos sólidos urbanos en recolección diaria ver Figura 2.3.

Al día se recolectan en la entidad cerca de 750 toneladas de residuos sólidos urbanos, los que provienen en su mayoría de viviendas, parques, jardines, edificios públicos y empresas, lo que representa uno por ciento de la recolección nacional. A pesar de que todos los municipios cuentan con los servicios de recolección y disposición final de residuos, en ninguno de ellos dan tratamiento a sus desechos. Según cifras del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales, publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, reportan que cinco de los municipios con mayor población en la entidad generan 43 por ciento de todos los residuos generados. Huamantla registra la mayor proporción con 90 toneladas (12 por ciento), seguido de Tlaxcala, con 80 toneladas (11 por ciento); Apizaco, con 60 toneladas (8 por ciento);



Chiautempan, con 49 toneladas (7 por ciento); y San Pablo del Monte, con 44 toneladas (6 por ciento). A pesar de que la recolección promedio diaria por habitante a nivel estatal es menor a un kilogramo (645 gramos), el per cápita por municipio presenta variaciones. Otro factor identificado por el INEGI es que, mientras a nivel nacional sólo 11 por ciento de los residuos recolectados son separados o segregados desde la fuente generadora, en Tlaxcala la proporción es de 0.054 por ciento, lo que advierte la falta de una cultura de separación de la basura desde su origen para facilitar el reúso de los materiales, disminuir el consumo y presión sobre los recursos naturales involucrados en su producción y alargar la vida útil de los sitios de disposición final.

Aunado a esto, la entidad no cuenta con centros de acopio o instalaciones operadas por la administración municipal para recibir de manera temporal materiales susceptibles de ser valorizados. Los datos censales reportan que, a nivel nacional, 14 mil 300 vehículos son operados para la recolección de residuos sólidos urbanos, y en el estado, se utilizan 159 vehículos para dicha tarea, lo que representa uno por ciento de todas las unidades del país. El promedio nacional de residuos recolectados por vehículo es de seis toneladas al día, no así en Tlaxcala, donde se transportan 4.7 toneladas diarias; sin embargo, la recolección en Huamantla y la capital es mayor al promedio estatal, con 11 toneladas promedio diarias. Cabe recordar que en la geografía tlaxcalteca existen cuatro sitios de confinamiento de residuos sólidos urbanos, ubicados en Huamantla, Nanacamilpa, Tetla y Panotla. En los tres primeros, se trata de tiraderos a cielo abierto, y en el último, de un relleno sanitario que reduce los riesgos ambientales de los desechos generados en el estado.

Derivado de la cantidad de basura que se genera, enfatizó que algunos municipios destinan tres turnos para la recolección de los residuos sólidos, tal es el caso de los municipios de Apizaco, Tlaxcala y Chiautempan, dado que son comunas que mayor población concentran. Se observa los rellenos controlados que tiene y los que se encuentran a cielo abierto.

En lo que va del año, precisó que no han registrado un incremento en la recolección de basura, pues en comparación con el primer trimestre del año anterior, el comportamiento de los residuos sólidos es el mismo en toneladas.

“El relleno que más registra es el Tonzil que está ubicado en Panotla, con 490 toneladas por día, mientras que los municipios que más basura producen son los de mayores

dimensiones territoriales y de densidad poblacional como Apizaco, Tlaxcala, Chiautempan, Huamantla, Zacatelco, Calpulalpan y San Pablo del Monte”

2.19.2. RELLENOS SANITARIOS EN EL ESTADO DE TLAXCALA

En la actualidad el estado de Tlaxcala cuenta con cuatro rellenos sanitarios ubicados en Huamantla, Nanacamilpa de Mariano Arista, Panotla y Ejido de Morelos se capta una cantidad de aproximadamente 1,000 toneladas diarias, en lo que respecta a las cantidades en toneladas en Panotla son 500 ton, en Ejido de Morelos (Tetla) 350 ton, Huamantla 130 ton y Nanacamilpa 120 ton.

Los cuales ya no cuentan con la vida útil necesaria para captar los rellenos sanitarios,



Figura 2. 3 Recolección de Residuos Sólidos Urbanos recolectados al día por Estado
Fuente: INEGI. Residuos Sólidos Urbanos. Censo Nacional de Gobiernos Municipales Y Delegacionales México 2011.

El Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos puesto en marcha por la Coordinación General de Ecología (CGE) para atender adecuadamente la generación de basura en la entidad, registró buenos resultados en lo que va de la presente administración, pues existió un decremento en la disposición final de residuos de 15 por ciento, que significa 51 mil toneladas.

Durante 2012 se había planteado una meta de atención de 345 mil toneladas de residuos sólidos, pero al final la cifra sólo fue de 293 mil toneladas de desechos confinados en



los cuatro rellenos sanitarios de la entidad, ubicados en Huamantla, Nanacamilpa, Tetla de la Solidaridad y Panotla, los cuales son operados por el Gobierno del Estado.

La medición se llevó a cabo a través del Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos, el cual es un diagnóstico básico, que establece la cantidad generada y el tipo de desechos a nivel municipal (Cabrera, 2017).

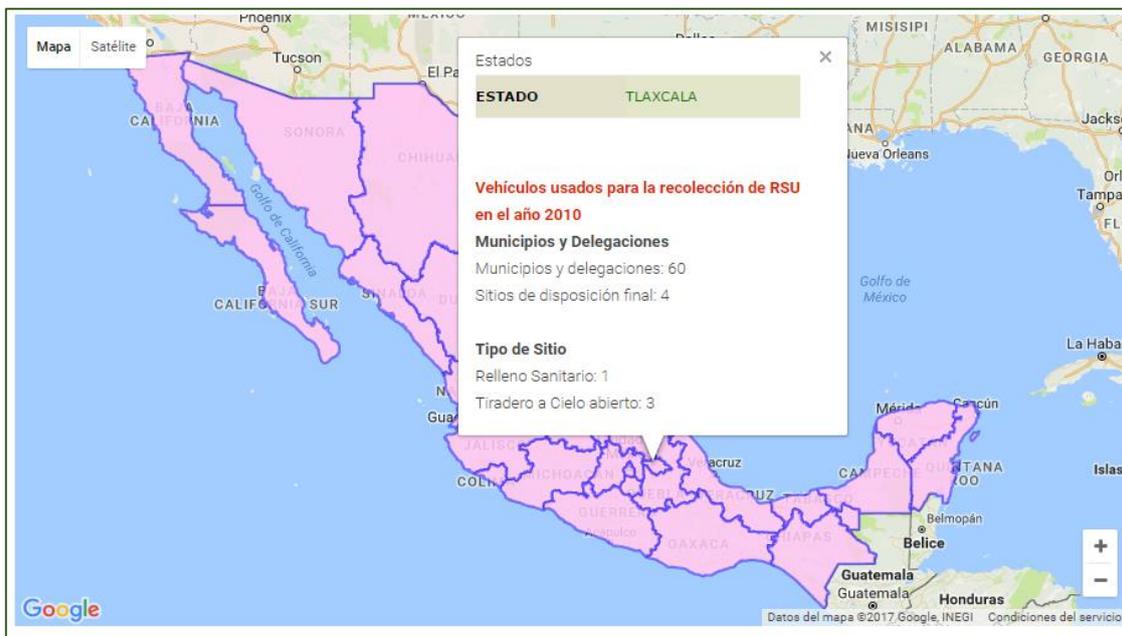


Figura 2. 4 Vehículos para la recolección de residuos sólidos urbanos en el Estado de Tlaxcala
Fuente: INEGI. Residuos Sólidos Urbanos. Censo Nacional de Gobiernos Municipales Y Delegacionales México 2011.

Las entidades federativas que generaron los mayores volúmenes de RSU en 2012 fueron el estado de México (16% del total nacional, 6.789 millones de toneladas), Distrito Federal (12%, 4.949 millones de toneladas), Jalisco (7%, 3.051 millones de toneladas), Veracruz y Nuevo León (5%, 2.301 y 2.153 millones de toneladas), mientras que las que registraron los menores volúmenes fueron Nayarit y Tlaxcala (cada una con 0.8%, 346 mil toneladas y 339 mil toneladas), Baja California Sur y Campeche (cada una con 0.6%, 259 mil y 271 mil toneladas) y Colima (0.5%, 228 mil toneladas).

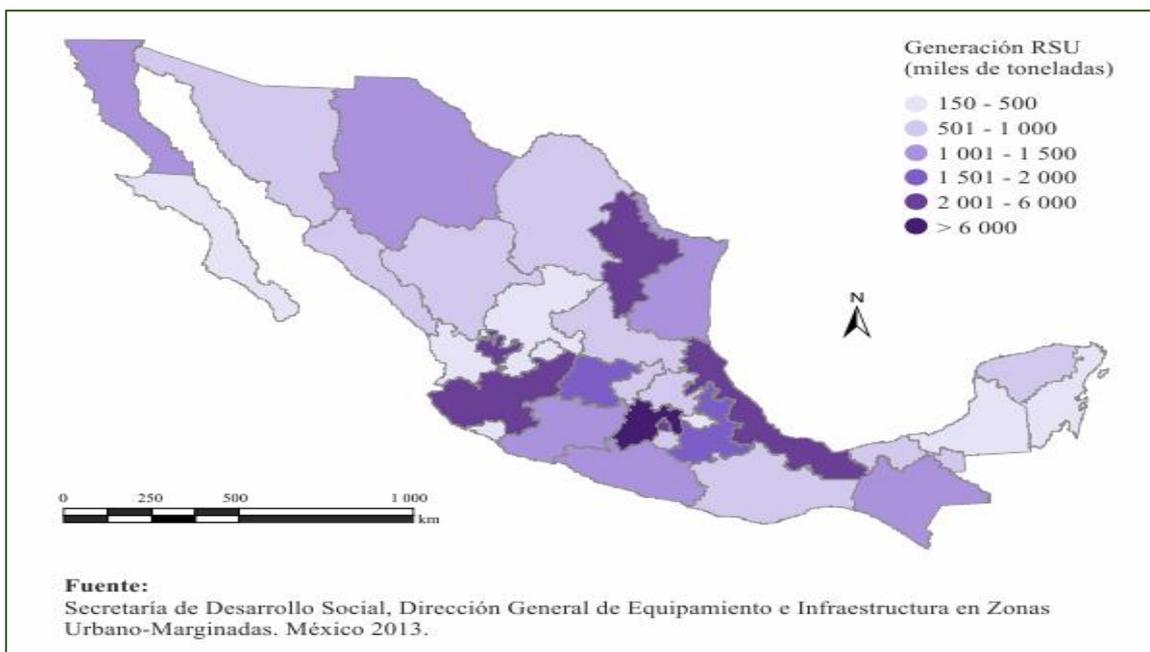


Figura 2. 5 Mapa de Generación de RSU por Entidad Federativa 2012

2.19.3. ACERCA DE LA COORDINACIÓN GENERAL DE ECOLOGÍA

La Coordinación General de Ecología, es una Dependencia del Ejecutivo Estatal, creada por Decreto de fecha 2 de Marzo de 1994, tiene como principales atribuciones la protección, preservación y restauración del ambiente, así como la conservación y aprovechamiento racional de los elementos naturales de jurisdicción Estatal, además de ser un órgano permanente de enlace institucional entre las dependencias de los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal, así como los sectores de la sociedad civil. Debido a la creciente problemática ambiental en el Estado la Dependencia encargada de proteger el ambiente tiene más y mayores retos, por lo que no puede pasar por alto el uso de métodos y procedimientos que propicien que el quehacer de la Institución sea eficiente y eficaz.

2.19.4. ANTECEDENTES COORDINACION GENERAL DE ECOLOGIA

TLAXCALA

La protección del medio ambiente en el Estado tiene entre sus antecedentes los siguientes: En 1938, se declara Parque Nacional a la montaña La Malinche, y por acuerdo del 27 de Febrero de 1997, publicado en el diario Oficial de la Federación, se transfiere la administración de dicho Parque Nacional a los Gobiernos de Tlaxcala y Puebla, y su Reglamento de manejo se publica en el Periódico Oficial del Estado el 11 de Agosto de 1997. El 2 de Agosto de 1985 mediante publicación oficial, se crea el



organismo Público Descentralizado "Empresa para el Control de la Contaminación del Agua del Estado de Tlaxcala "ECCAET". El 17 de Diciembre de 1990, se crea mediante publicación oficial el Sistema para el Control de Residuos Sólidos del Estado de Tlaxcala "SICORT". Hasta el 1º de Marzo de 1994, todas las funciones relativas a la protección ambiental de jurisdicción Estatal estaban en forma supletoria a cargo de Dependencias Federales.

El 2 de Marzo de 1994 se publica la Ley de Ecología y Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala que es el instrumento normativo de la Coordinación General de Ecología. De esta emanan siete reglamentos y dos normas técnicas. El 6 de Julio de 1994, mediante publicación en el Periódico Oficial del Estado, se declara Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal " La Ciénega " de Apizaco. El 13 de Agosto de 1997, se declaran mediante publicación oficial como Áreas Naturales protegidas de Jurisdicción Estatal a " La Aguanaja Apatzingo " y "Rancho Teometitla".

El 17 de abril del año 2000 se publican reformas a la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado. De conformidad con el Plan de Desarrollo Estatal 1999-2005 así como los propósitos de la Alianza para el Desarrollo Social del Estado, la Coordinación fijó su plan de acción en tres grandes programas: Conservación, Restauración y Evaluación Ecológica Normatividad Ambiental Saneamiento A iniciativa del Ejecutivo el Plan de Desarrollo Estatal en el 2001 fue reestructurado, quedando con los siguientes programas: Administrativo y Despacho Planeación y Evaluación Ecológica Recursos Naturales Normatividad Ambiental Saneamiento

Con la confianza de que con esta nueva estructura orgánica, la Coordinación General hará frente con mayor eficiencia y eficacia a las tareas encomendadas, se tomó la decisión de llevar a cabo la reestructuración orgánica de manera interna, quedando en la espera de recibir la autorización final del Congreso del Estado, razón por la cual se está trabajando en la implementación del Sistema de Gestión de Calidad considerando la nueva estructura, no olvidando tomar las provisiones necesarias para esta transición.

2.19.5. UBICACIÓN

Antiguo Camino Real a Ixtulco s/n, Jardín Botánico Tizatlán, Tlaxcala. C.P. 90100 Tel: 246-4652960 Ext. 3411, Correo Electrónico: cge@cge-tlaxcala.gob.mx

CAPÍTULO III
DISEÑO ESTRATÉGICA DE LA
METODOLOGÍA



3.1. DISEÑO ESTRATEGICA DE LA METODOLOGÍA

Investigación documental:

Para llevar a cabo la metodología se optó por realizar una investigación de campo en la cual el motivo de dicha se centra en la cantidad de residuos sólidos que son generados en el estado de Tlaxcala.

Así como también conocer los residuos domiciliarios, comunales, comerciales. Dado que la responsabilidad legal de la gestión de los residuos sólidos urbanos es del municipio y que éstos son instituciones sin fines de lucro, el objetivo de ellos es responder a la exigencia legal al menor costo posible.

El conocimiento de la población actual y futura se constituye en una información de extrema importancia en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, puesto que la generación y recolección de residuos está estrechamente relacionada con el número de habitantes, y con el tamaño y crecimiento de las localidades, entre otros factores.

La estimación de la población urbana es el aspecto principal en la definición del nivel de complejidad. Además de las cantidades generadas de residuos sólidos urbanos es necesario conocer su composición física, es decir, los componentes individuales que constituyen el flujo de los residuos y su distribución relativa dada normalmente como porcentaje en peso.

Una clasificación de los componentes es por su naturaleza orgánica (combustible) e inorgánica. La fracción combustible incluye residuos como el papel, cartón, plásticos, textiles, goma, cuero, madera, residuos de jardín y de comida, mientras que la inorgánica estará conformada principalmente por vidrio, cerámica, metales y cenizas.

PROPUESTA DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

En la propuesta del diseño se implementó el uso de celdas catalíticas que consisten en la activación catalítica del combustible y del oxígeno contenido en el aire de combustión, quemándose con esta acción todo el combustible.

El uso de esta tecnología ayuda a eliminar las emisiones contaminantes de monóxido de carbono y partículas suspendidas, reduciendo también la emisión de hidrocarburos gaseosos sin quemar.



El mejoramiento en el proceso de la combustión, da origen a una mayor liberación del calor que propicia la elevación de la temperatura en la zona de radiación, incrementándose la transferencia de calor, aumentando así la capacidad de producción.

Como no se requieren grandes excesos de aire, además de elevarse la eficiencia térmica, se inhibe la formación de deutóxido de vanadio.

La propuesta del diseño fue tomado a base de celdas catalíticas las cuales son de gran ayuda en cuestiones como estas, por ejemplos la función caracterizada por dichas celdas es que estas funcionan como filtros que nos ayudarán a la minimización de emisiones emitidas a la atmosfera, dichas ocasionadas por la incineración de residuos,



3.2. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

Tabla 3. 1 Tabla operacional de las variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLES	INDICADOR
INDEPENDIENTE		
CRECIMIENTO POBLACIONAL	INTERVALO	*Número total de habitantes.
		*Tasa de crecimiento poblacional
VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	INTERVALO	*m ³ captados
PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	INTERVALO	Ton. Captados
MÉTODO DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS	RAZON	*m ³ y toneladas tratadas en relleno sanitario vs m ³ y toneladas tratadas mediante el uso de la incineración
DEPENDIENTE		
NIVEL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	RAZON	*Cantidad de residuos sólidos reciclables producidos
	RAZON	*Cantidad de personas que conocen
INDEPENDIENTE		
ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE	INTERVALO	* Análisis de Contaminación por IMECAS (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire)
REGULACIONES AMBIENTALES	INTERVALO	*Cantidad de estudios al respecto, realizados por las mipymes
		*Grado de implementación de los resultados obtenidos en investigación de mercado
		*Revisión de su muestreo actual contra la tendencia
DISPONIBILIDAD DE MAQUINARÍA	ORDINAL	*Existencia de maquinaria Mex (SI/NO)
		*Existencia de maquinaria Extranjera (SI/NO)
		*Se puede importar (SI/NO)
COSTO DE INSTALACIÓN	INTERVALO	*Terreno
		*Maquinaria
		Gastos de infraestructura
		*Permisos
DEPENDIENTE		
FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INCINERADO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	INTERVALO	*Cantidad de residuos sólidos urbanos para la generación de energía, conocer el nivel calorico de los rsu
		*Investigacion de tecnologías limpias para la eliminación de los residuos sólidos urbanos, para reducir el peso y el volumen.

Fuente: Elaboración propia

3.3. MUESTREO

El sujeto es; estudiar los rellenos sanitarios del Estado de Tlaxcala, la población corresponde a los cuatro rellenos sanitarios del Estado ubicados en Panotla, Nanacamilpa, Ejido de Morelos, se considera únicamente al estudio de uno de los cuatro rellenos sanitarios como muestra, el cual pertenece a Panotla.



3.4. ACTIVIDADES Y ESTUDIO PARA LA RECOGIDA DE DATOS

- Investigación de campo
- Caracterización de los residuos sólidos urbanos
- Charla con encargados de los rellenos sanitarios
- Utilización de datos históricos para la situación actual del problema.
- Utilizar Check list para validar las especificaciones de las normas sobre rellenos sanitarios.
- Realizar investigación sobre tipos de incineradores de residuos sólidos urbanos.

1. ESTUDIO DE MERCADO

No se realiza estudio de mercado ya que era una necesidad que ya se tenía establecida por parte de la coordinación general de ecología. Lo que consecuentemente se ve reflejado en una demanda satisfecha de la población en cuanto a este tipo de servicio. Así mismo, al ser un estado poblado por 60 municipios los cuales requieren de un servicio de manejo de residuos sólidos urbanos, la demanda potencial podrá satisfacer sus necesidades con este proyecto.

2. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN (TÉCNICO)

Según Baca Urbina.

Objetivos y generalidades del estudio técnico.

Los objetivos del análisis-operativo de un proyecto son los siguientes:

- Verificar la posibilidad técnica de la fabricación del producto que se pretende.
- Analizar y determinar el tamaño óptimo, la localización óptima, los equipos, las instalaciones y la organización requeridos para realizar la producción.

En resumen, se pretende resolver las preguntas referentes a dónde, cuándo, cuánto, cómo y con qué producir lo que se desea, por lo que el aspecto técnico-operativo de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto.

Partes que conforman el estudio técnico:

- Análisis y determinación de la localización óptima del proyecto
- Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto.
- Análisis de la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos
- Identificación y descripción del proceso



- Determinación de la organización humana y jurídica que se requiere para la correcta operación del proyecto.

3. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DEL PROYECTO.

La localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital (criterio privado) u obtener el costo unitario mínimo (criterio social).

Para la realización de la localización se puede hacer uso de métodos como:

- Método cualitativo por puntos.
Consiste en asignar factores cuantitativos a una serie de factores que se consideran relevantes para la localización. Esto conduce a una comparación cuantitativa de diferentes sitios. El método permite ponderar factores de preferencia para el investigador al tomar la decisión.
- Método cuantitativo de Vogel.
Este método apunta al análisis de los costos de transporte, tanto de materias primas como de productos terminados, el problema del método consiste en reducir mínimo posible los costos de transporte destinado a satisfacer los requerimientos totales de demanda y abastecimiento de materiales.

4. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

Una buena distribución de la planta es la que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores

5. ESTUDIO ECONÓMICO

Habiendo concluido el investigador el estudio hasta la parte técnica, se habrá dado cuenta de que existe un mercado potencial por cubrir y que tecnológicamente no existe impedimento para llevar a cabo el proyecto. La parte de análisis económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de operación de la planta (que abarque las funciones de producción, administración y ventas), así como otra serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto, que es la evaluación económica.



3.5. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

Numerosos métodos han sido desarrollados y usados en el proceso de evaluación del impacto ambiental (EIA) de proyectos. Sin embargo, ningún método por sí sólo, puede ser usado para satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto, por lo tanto, el tema clave está en seleccionar adecuadamente los métodos más apropiados para las necesidades específicas de cada estudio de impacto.

Las características deseables en los métodos que se adopten comprenden los siguientes aspectos:

1. Deben ser adecuados a las tareas que hay que realizar.
2. Deben ser independientes de los puntos de vista personales del equipo evaluador.
3. Deben ser económicos en términos de costes y requerimiento de datos, tiempo de aplicación, cantidad de personal y equipos.

METODO DE LEOPOLD

Fue desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de los Estados Unidos para evaluar inicialmente los impactos asociados con proyectos mineros (Leopold et al. 1971). El método se basa en el desarrollo de una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto.

Esta matriz puede ser considerada como una lista de control bidimensional. En una dimensión se muestran las características individuales de un proyecto (actividades, propuestas, elementos de impacto, etc.), mientras que en otra dimensión se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto. Su utilidad principal es como lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN



4.1. ESTUDIO TÉCNICO

El objetivo de realizar el estudio técnico es analizar los elementos relacionados con la ingeniería básica del proceso que se desea implementar, para ello se tiene que hacer una descripción detallada del mismo con la finalidad de mostrar todos los requerimientos para hacerlo aplicable. De ahí la importancia de analizar el tamaño óptimo de la planta el cual debe justificar la producción y el número de consumidores que se tendrá para no arriesgar a la empresa en la creación de una estructura que no esté soportada por la demanda. Con cada uno de los elementos que conforman el estudio técnico es necesario elaborar un análisis de la inversión para posteriormente conocer la viabilidad económica del mismo. Los residuos se incineran y se valorizan energéticamente. La combustión de los residuos a altas temperaturas convierte en gases la mayor parte de los mismos, de manera que la fracción sólida que sobra al final es sensiblemente más pequeña que en origen. Los gases se generan mientras los residuos se queman a temperaturas cercanas a los 1000°C.

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA

A continuación se presentan las alternativas consideradas para la implementación de la incineradora de residuos sólidos urbanos, se tomó en cuenta varias opciones que se están implementando en Europa por lo que la maquinaria es la misma, con las mismas especificaciones, pero con diferentes capacidades de captación y de incineración.

Incineradoras convencionales de España Cataluña Sirusa (Tarragona)

- Capacidad 150,000 t/año, según Aeversu 139,179 toneladas incineradas en el 2017.
- Quema en dos hornos con gasóleo.
- Producción de energía eléctrica: (desconocido), venta de energía 47,079 MWh.
- 30 empleados (según la web de Aeversu), para todo el complejo de tratamiento, no específica cuantos corresponden a la planta incineradora.

Para el 2020 no declara emisiones de CO₂ por lo que se debe asumir que está por debajo del umbral límite de emisiones, pero rebasa estos para el óxido de nitrógeno que marca el registro PRTR.



En la web de Aeversu, para el 2017, declara generar 3,508 t/año de ceniza (producto tóxico y peligroso) y 30,921 t/año de escorias. Esto supone que el 24,73% de los residuos incinerados se convierte en un residuo que contiene sustancias peligrosas.

Con los datos del PRTR la cantidad para 2020 habría sido **24,47%**.

Tabla 4. 1 Emisiones a la atmósfera planta Sirusa

Contaminante.	Año de referencia.	Cantidad total (kg/año).
Dióxido de carbono (CO ₂)	2015	186.000.000
Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	2015	120.000
	2017	114.000
	Año de referencia	Cantidad total (kg/año)
Residuos Peligrosos	2017	3.550
Cenizas volantes que contienen sustancias peligrosas.		
Residuos no Peligrosos.	2017	33.159

Materiales férricos separados de la ceniza de fondo de horno; lodos procedentes de otros tratamientos de aguas residuales industriales, distintos de los especificados en el código 19 08 13; materiales férricos separados de la ceniza de fondo de horno; cenizas de fondo de horno y escorias distintas de las especificadas en el código 19 01 11; otros residuos (incluidas mezclas de materiales) procedentes del tratamiento mecánico de residuos, distintos de los especificados en el código 19 12 11; mezclas de residuos municipales.

Fuente: Greenpece 2017.

MELILLA

Remesa

- Capacidad 36,000 t/año (además de RSU quema aceites y residuos hospitalarios. (Según Aeversu en 2015 se incineraron 46,618 toneladas.
- Quema en un horno con gasóleo y aceites desclasificados.
- Producción de energía eléctrica: 8,300 MWh, venta de energía 6,000 MWh.
- 20 empleados, según Aeversu, para todo el complejo de tratamiento, aunque no especifica cuántos corresponden a la planta incineradora.

No declara emisiones de CO₂ por lo que se debe asumir que está por debajo del umbral límite de emisiones.



Tabla 4. 2 Emisiones a la atmosfera planta Melilla

Contaminante	Año de Referencia.	Cantidad Total (kg/año).
Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	2013	108.000
Cadmio y compuestos (como Cd)	2012	13,8
	2013	96
	2016	15,9
Cobre y compuestos (como Cu)	2016	115
Mercurio y compuestos (como Hg)	2012	42,9
	2013	174
	2015	41,4
PCDD mas PCDF (dioxinas mas furanos) (como Teq)	2012	0,007
	2013	0,006
	2015	0,005

Fuente: Greenpece 2017.

En la web de Aeversu, para 2015, declara generar 745 t/año de ceniza (producto toxico y peligroso) y 11.118 t/año de escorias. Esto supone que el 25,59% de los residuos incineradores se convierte en un residuo que contiene sustancias peligrosas.

Con los datos de PRTR la cantidad para 2020 habría sido del **34,82%**.

CATALUÑA

TRARGISA (GIRONA)

- Capacidad 35,00 t/año (total Cataluña), 30,267 toneladas incineradas en 2016, según Aeversu.
- Quema en dos hornos, no declara combustible auxiliar.
- Producción de energía eléctrica: 7, 237, 700 kWh, venta de energía 3, 774, 522 kWh.
- 25 empleados, según Aeversu, para todo el complejo de tratamiento, aunque no especifica cuantos corresponden a la planta incineradora.

No declara emisiones de CO₂ ni de NO_x por lo que se debe asumir que está por debajo del umbral límite de emisiones que marca el registro PRTR.

En la web de Aeversu, para 2020, declara generar 576 t/año de ceniza (producto toxico y peligroso) y 5,680 t/año de escorias. Esto supone que el **22,03%** de los residuos incineradores se convierte en un residuo que contiene sustancias peligrosas.



Tabla 4. 3 Emisiones a la atmosfera planta Trargisa.

Contaminante.	Año de referencia.	Cantidad total (kg/año)
Cadmio y compuestos (como Cd)	2013	55,2
Mercurio y compuestos (como Hg)	2013	15
PCDD mas PCDF (dioxinas mas furanos) (como Teq)	2013	0,0048
	2016	0,003

Fuente: Greenpece 2017

Tabla 4. 4 Residuos Peligrosos planta Trargisa.

Año de referencia.	Cantidad (t/año)
2017	716

Fuente: Greenpece 2017.

Tabla 4. 5 Rossendaal / Netherland Energy-from-waste plant

Rossendaal / Netherland Energy-from-waste plant		
Technical data	Annual capacity	291,000 t/a
	Number of trains	2
	Throughput per train	19 t/h
	Calorific value of waste	8.5 MJ/kg (min)- 15MJ/kg(max)
	Thermal capacity per train	62 MW
	Waste type	Municipal Solid waste
	Special waste fractions	Commercial waste, construction and demolition waste
Boiler	Type	Natural circulation
	Passes	4 vertical + 1 horizontal
	Steam quantity per train	75.6 t/h
	Steam pressure	61.5 bar
	Steam temperature	422°C
	Flue gas outlet temperature	190°C
Flue gas treatment	Concept	ESP, bicarbonate process, SCR, flue gas recirculation
	Flue gas volume per train	116,000 Nm ³ /h (wet)
Energy recovery	Type	Extraction-condensation turbine
	Electric power	32 MW
Residue treatment	Concept	Separate fly ash collection
Residues	Bottom ash	8.4t/h
	Flue gas treatment	1.2t/h

Fuente: Hitachi zosen inova 2017

Basándose en las tecnologías anteriores, se determina que la mejor opción es la de los países bajos de la cual se está tomando partida de implementación, con el plus a considerar de las celdas catalíticas que ayudaran a mejorar el proceso y a tener mejores resultados en su implementación, las incineradoras convencionales no cuentan con lineamientos necesarios para poder llamarse tecnología limpia, puesto que únicamente se está eliminando el peso y volumen de los residuos sólidos urbanos que llegan a la planta de incineración, sin embargo la planta de Tlaxcala estará respaldada por normas de calidad del aire en especificaciones permitidas al medio ambiente, ecológicas, por mencionar algunas, asegurando la calidad del aire y el contenido de los habitantes .



Para la realización del estudio técnico se toma de referencia la planta ubicada en Roosendaal / Netherland Energy-from-Waste Plant (ver figura 4.1) el cual tiene características similares en la capacidad de captación de residuos sólidos urbanos, además de que tiene lo que se busca generar energía eléctrica.

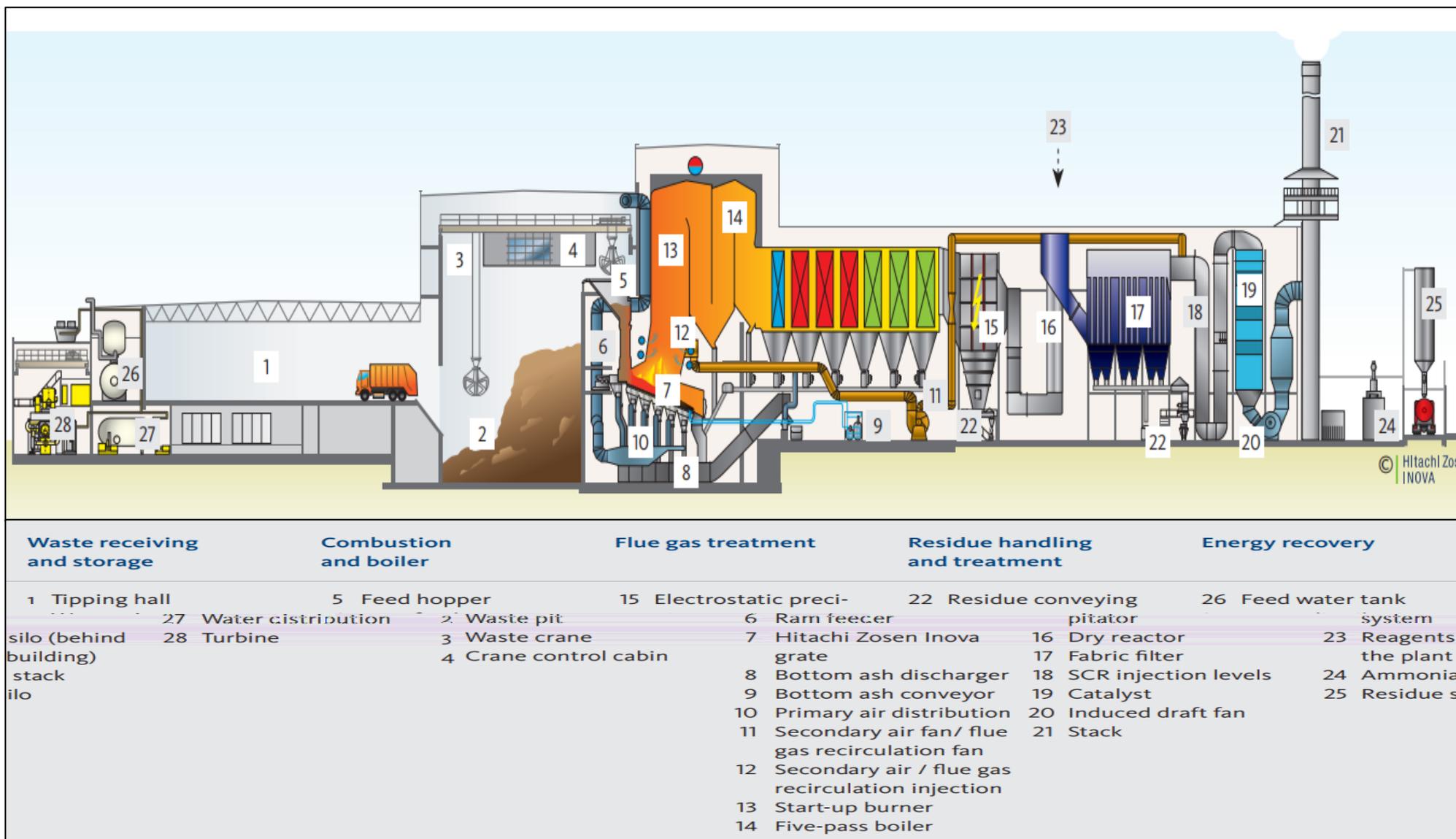


Figura 4. 1 Roosendaal / Netherland Energy-from-Waste Plant

Fuente: Hitachi Zosen Inova



4.2. DIAGNÓSTICO DE OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

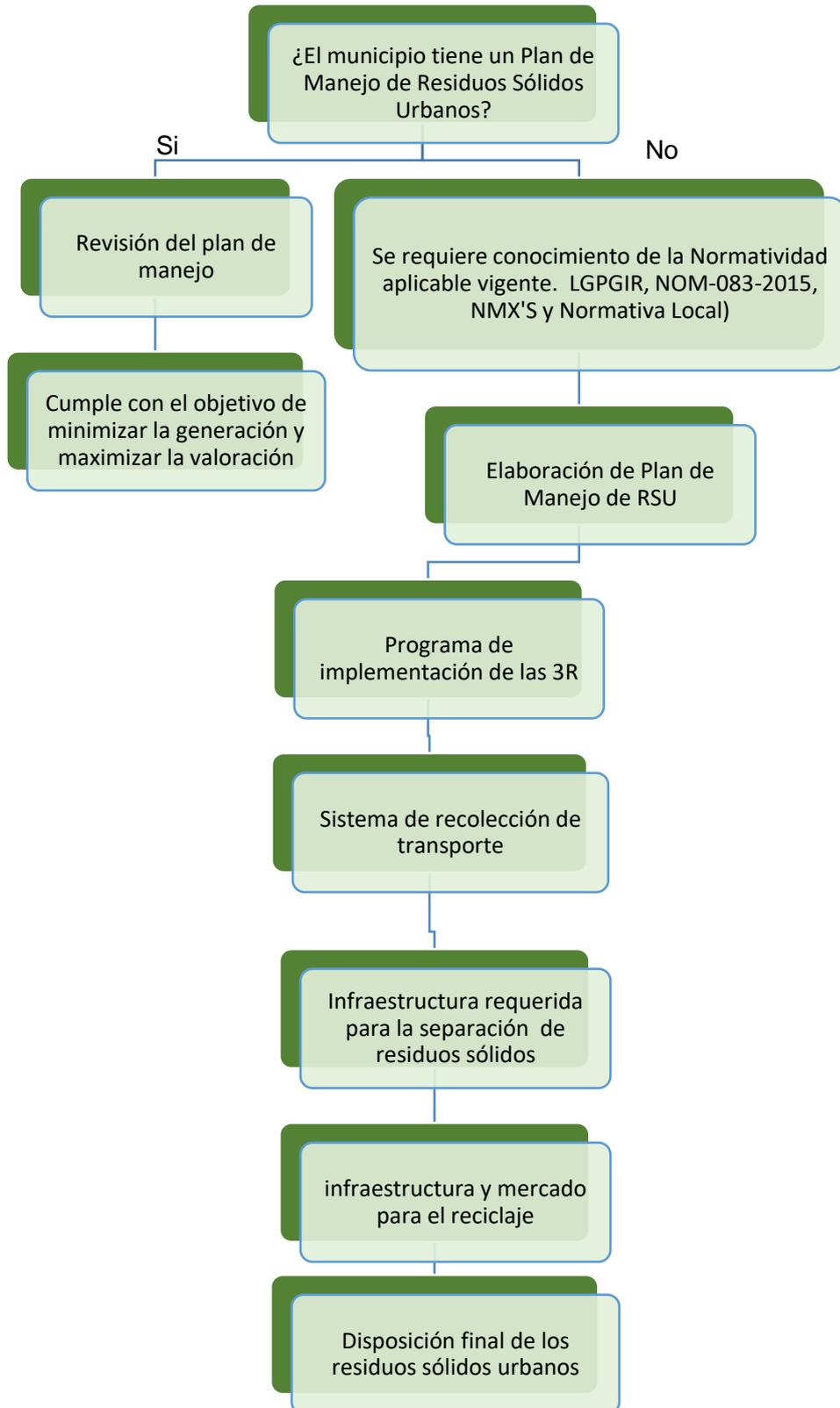


Figura 4. 2 Procedimiento para realizar diagnóstico de manejo de residuos sólidos urbanos en Tlaxcala

Fuente: Elaboración propia



4.2.1. RELLENO SANITARIO PANOTLA

El relleno se encuentra ubicado al suroeste del Estado de Tlaxcala, al norte-poniente de Panotla, en la comunidad de santa Cruz Techachalco.

El relleno sanitario tiene 68 ha capta alrededor de 620 toneladas de basura diarias provenientes 29 municipios de Apetatitlan, Axocomanitla, Acuamanala, Contla de Juan Cuanatzi, Chiautempan, Huatzingo, Ixtacuixtla, Nativitas, Panotla, Nopalucan, Teacalco, Teolocholco, Tepetitla, Tepeyanco, Tetlanohcan, Tetlahuaca, Texoloc, Tlaltelulco, Tlaxcala, Totolac, Xicohzingo, Zacatelco, Quilehltla, Zacualpan, Xiloxotla., por mencionar algunos

Cuenta con maquinaria como Cargador 953- C Tractor D6-R S.II Tractor D6-R (Reparación) Tractor D6-C (Reparación) Camión Volteo el personal que trabaja en el relleno son 4 operadores y 5 Auxiliares técnicos.

La operación de la captación de los residuos del relleno sanitario de Panotla, inicia en la recepción en caceta para determinar el pesaje en toneladas recogidas, una vez que se tiene el dato concreto de las toneladas de basura se pasa al área de descara del relleno donde se realizan las maniobras necesarias para que recolectores (pepenadores) segreguen todo aquel material que se pueda vender; como por ejemplo, cartón, PET, plástico, cobre, aluminio, entre otros, el relleno sanitario recibe al día de 25 a 30 camiones compactadores de basura que llegan de los municipios aledaños, así como también se comenta que este relleno sanitario capta todo tipo de basura sin restricciones; cabe mencionar que es el relleno más grande de los cuatro que cuenta el estado de Tlaxcala por lo que la cantidad que capta de basura es de 620 toneladas diarias de basura, trabajando los 7 días de la semana y algunas veces los días Domingos, una vez que se terminó de recolectar toda la basura recuperable por parte de los recolectores; la maquina compactadora se encarga de limpiar toda el área de descarga, donde esta es arrastrada hasta el baldío donde es alojada toda la basura, después de la jornada de trabajo, se recurre ahora a colocar una capa de tierra a toda la basura que la máquina no pudo arrastrar, a una altura de aproximadamente 20 cm. Ver figura 4.3.

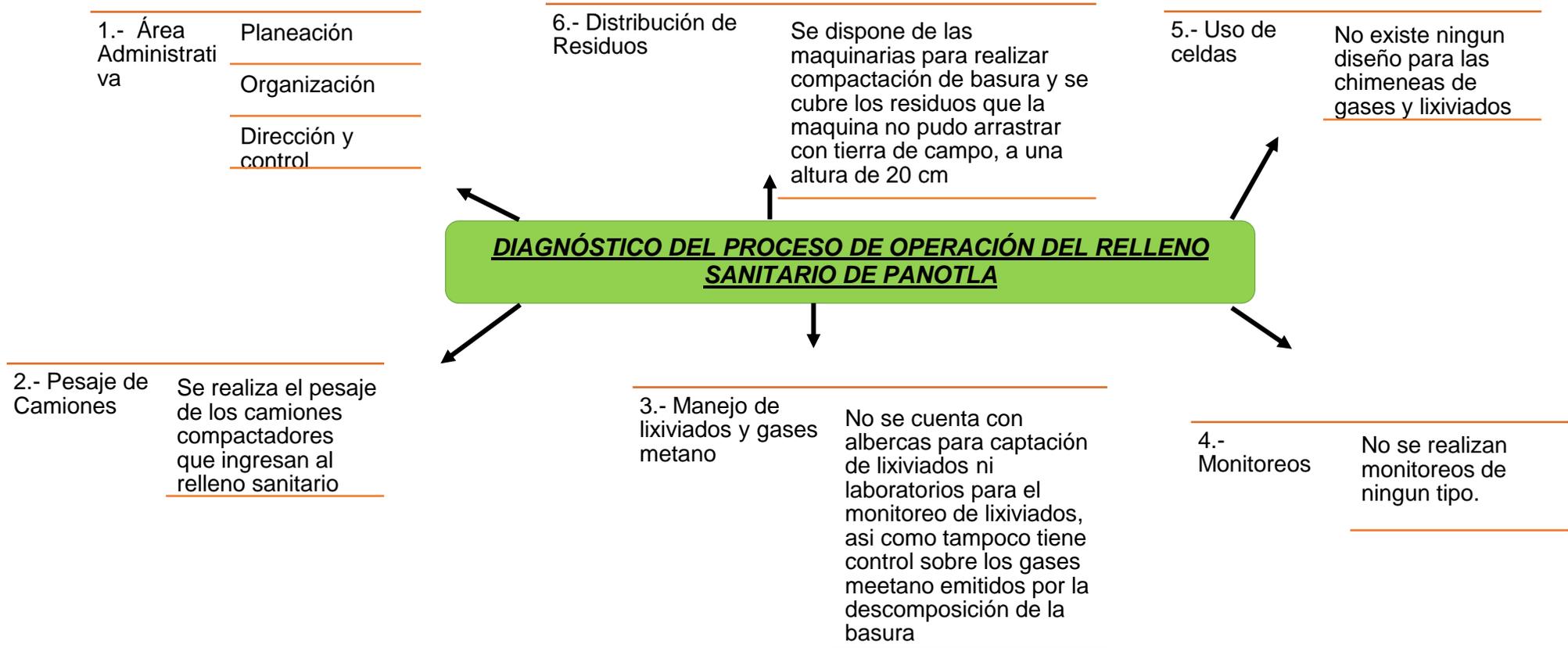


Figura 4. 3 Diagnóstico de operación del relleno sanitario de Panotla

Fuente: Elaboración propia



4.2.2. RELLENO SANITARIO NANACAMILPA DE MARIANO ARISTA

El relleno sanitario de Mariano Arista se encuentra ubicado al noroeste del poblado de Nanacamilpa en el municipio de Mariano Arista en los límites de los municipios de Nanacamilpa y Calpulalpan a 500 m de la carretera que conecta a los dos municipios, cuenta con una superficie de 7.2 Ha. Con maquinaria Tractor D7-G y personal operativo como un operador y 3 auxiliares técnicos.

El relleno sanitario favorece a los municipios aledaño entre los cuales se encuentra Benito Juárez, Calpulalpan, Hueyotlipan, Nanacamilpa y Santorum con una captación de basura diaria de 120 toneladas, se reciben 15 camiones diarios.

La operación del relleno sanitario comienza la recepción en caceta para determinar el pesaje en toneladas recogidas, una vez que se tiene el dato concreto de las toneladas de basura se pasa al área de descara del relleno donde se realizan las maniobras necesarias para que recolectores (pepenadores) segreguen todo aquel material que se pueda vender.

Trabajando los 7 días de la semana y algunas veces los días Domingos, una vez que se terminó de recolectar toda la basura recuperable por parte de los recolectores; la maquina compactadora se encarga de limpiar toda el área de descarga, donde esta es arrastrada hasta el baldío donde es alojada toda la basura, después de la jornada de trabajo, se recurre ahora a colocar una capa de tierra a toda la basura que la máquina no pudo arrastrar, a una altura de aproximadamente 20 cm.

No se cuenta con manuales de seguridad e higiene ni manejo de relleno, por lo que los trabajadores del relleno han sufrido enfermedades a causa del trabajo sucio que les ha impedido asistir por varios días. Ver figura 4.4.

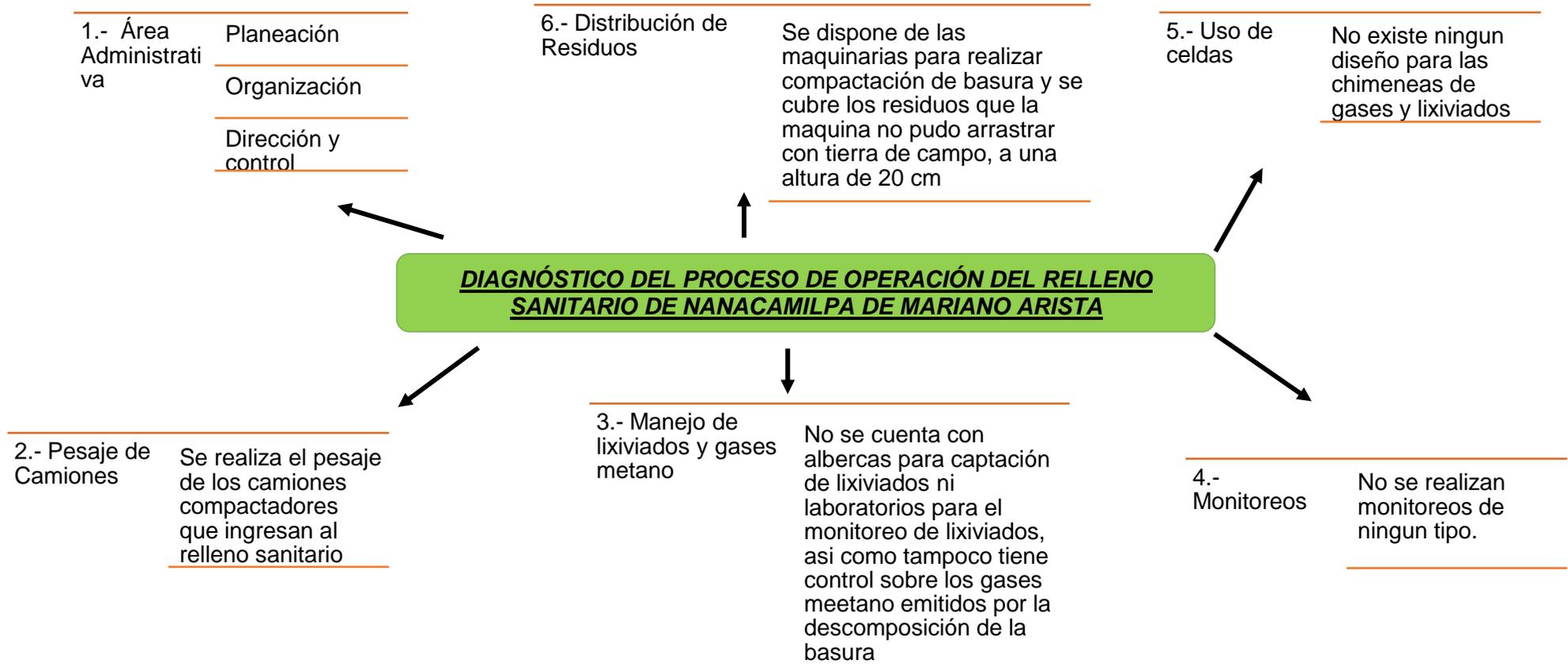


Figura 4. 4 Diagnóstico de operación del relleno sanitario de Nanacamilpa de Mariano Arista

Fuente: Elaboración propia



4.2.3. RELLENO SANITARIO HUAMANTLA

El relleno sanitario se encuentra en la ciudad de Huamantla, tomando la carretera pavimentada que va a Benito Juárez y al llegar a la población se siguen 2 km de camino de terracería con dirección oriente con respecto a la población en mención. El relleno sanitario de Huamantla recibe diariamente alrededor de 76 toneladas diarias de basura, provenientes de los municipios de Alzayanca, Cuapiaxtla, Huamantla, Ixtenco, Teacalco, El Carmen Tequexquitla, san Pablo Zitlaltepec, con una captación de 130 toneladas diarias de basura con personal a su cargo, un operador y 3 auxiliares técnicos, el cual se reciben 15 camiones diarios de basura,

La basura que llega primero pasa por la entrada del relleno donde se realiza el cálculo de las toneladas de los camiones, por lo que cuentan con un estándar de acuerdo al tipo de camión, una vez realizado esta actividad los camiones se disponen a descargar con ayuda del Operador del relleno el cual le indica donde para poder realizar la segregación del material reciclable para los pepenadores o recolectores, estas personas alcanzan a recolectar lo que tienen a su alcance ya que la maquinaria una vez que es descargado el camión hace su trabajo en arrastrar la basura para arrojarlo a un acantilado, todo este trabajo se realiza durante todo el día los 7 días de la semana y poco común en días domingo, al finalizar el turno la retroexcavadora acarrear tierra para tapar la basura que la maquinaria no alcanzó a arrastrar a una altura de 20 cm próximamente. Ver figura 4.5.

.

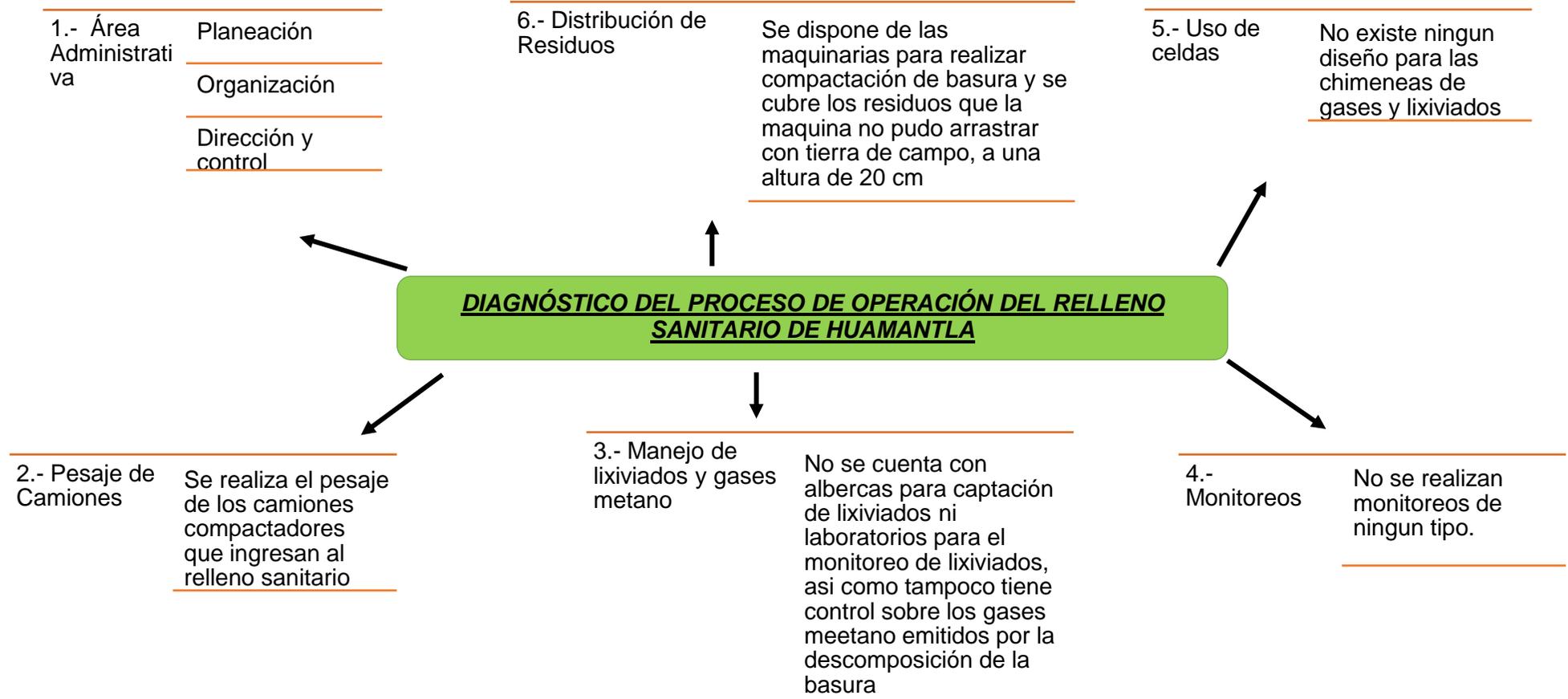


Figura 4. 5 Diagnóstico de operación del relleno sanitario de Huamantla

Fuente: Elaboración propia



4.2.4. RELLENO SANITARIO EJIDO DE MORELOS (TETLA)

El relleno sanitario se encuentra en el kilómetro 13+500 carretera federal N° 119 tramo Apizaco-Tejocotal (Ejido Col. Morelos, Apizaco Tlaxcala). El relleno sanitario de Morelos recibe diariamente aproximadamente 350 toneladas diarias de basura provenientes de los municipios de Amaxac, Apizaco, Atlangatepec, Cuaxomulco, Emiliano Zapata, Lázaro Cárdenas, Muñoz Domingo Arenas, San Luis Tecopilco, Santa Cruz Tlaxcala, Terrenate, Tetla, Tlaxco, Tocatlan, Tzompantepec, Xalostoc; Xaltocan, Yauhquemecan, el cual para su traslado se requieren de 15 a 20 camiones diarios,

El proceso inicia un día antes es decir el turno del día anterior se prepara el terreno tapando todo residuo que la maquinaria no pudo arrastrar, al igual que los demás rellenos sanitarios están homologados para un mejor control entre ellos, como de costumbre los camiones arriban a caseta de la entrada al relleno se registran y el operador auxiliar realiza el cálculo de las toneladas que llegan, vaciando en su base de datos, para posteriormente al finalizar el turno sacar el total de toneladas, una vez realizado esta actividad se procede a llegar al relleno para vaciar la cantidad de basura que trae el camión acercándola hacia las personas pepenadoras y realicen el segregado para posteriormente ser vendidos, descarga el camión y se retira para posteriormente volver a cargar de basura y traerla al relleno.

Una vez que estas personas alcanzan a recolectar lo que tienen a su alcance, la maquinaria una vez que es descargado el camión hace su trabajo en arrastrar la basura para arrojarlo a un acantilado, todo este trabajo se realiza durante todo el día, los 7 días de la semana y poco común en días domingo, al finalizar el turno la retroexcavadora acarrear tierra para tapan la basura que la maquinaria no alcanzó a arrastrar a una altura de 20 cm próximamente. Ver figura 4.6.

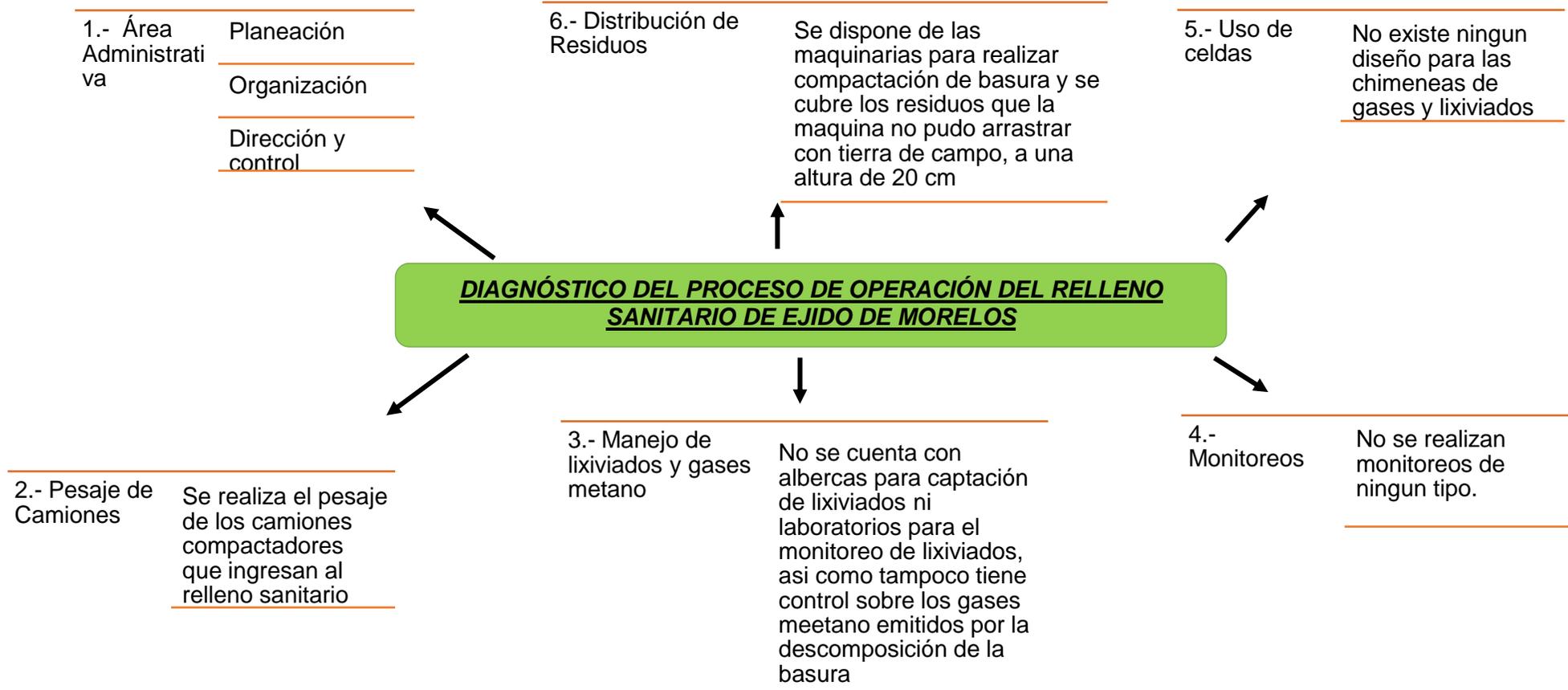


Figura 4. 6 Diagnóstico de operación del relleno sanitario de Ejido de Morelos (Tetla de la Solidaridad)

Fuente: Elaboración propia



OBSERVACIONES GENERALES:

Se rescata que dentro de los rellenos sanitarios no cuentan con manual de seguridad e higiene, así como también el manual de operación por lo que se observa que únicamente se está realizando el trabajo por cumplir, las condiciones en las que se están trabajando son marginales por las altas posibilidades de enfermedades por los olores, lodos, heces de los animales, moscas; no hay control de plagas, la coordinación de Ecología admite una cantidad de recolectores de los cuales no tienen ningún tipo de prestaciones, ni seguro cada quien paga sus gastos una vez que se enferman. Por lo que se puede resumir que no es un relleno el cual este controlado, más sin en cambio es un relleno a cielo abierto, sin normas de operación ni validación de contaminantes como lixiviados ni gases de metano que se obtienen por la descomposición de la basura.

4.3. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DEL INCINERADOR DE RSU

Para determinar la localización óptima de la planta, se utilizó el método de localización por factores ponderados que permite la evaluación objetiva de los puntos críticos a considerar en relación a la localización de las instalaciones

A continuación en la tabla 4.6 se listan las cuatro ubicaciones elegidas por la Coordinación de Ecología que fueron sujetas a evaluación:

Tabla 4. 6 Alternativas de rellenos sanitarios

Alternativa A	Relleno Sanitario Ejido Morelos (Tetla)
Alternativa B	Relleno Sanitario Huamantla
Alternativa C	Relleno Sanitario Panotla
Alternativa D	Relleno Sanitario Nanacamilpa de Mariano Arista

Fuente: Elaboración propia

Es el primer paso para iniciar el método, las localidades se eligen en base a apreciación las mejores condiciones para la instalación de la planta, sin embargo, es una elección que será sujeta a calificación para obtener un resultado acertado.



El desarrollo del método abarca las siguientes etapas:

1. Identificación los factores relevantes para la operación de la planta, ver tabla 4.7.

Tabla 4. 7 Factores

FACTORES
Mayor capacidad de captación
Cubrimiento de basura
Disponibilidad de mano de obra
Vía de Comunicación (Transporte)
Vida útil
Tamaño del área

Fuente: Elaboración propia

2. Asignación de un peso a cada factor para reflejar su importancia relativa, ver tabla 4.8

Tabla 4. 8 Ponderación de factores

FACTORES	PESO RELATIVO %
Mayor capacidad de captación	25
Cubrimiento de basura	20
Disponibilidad de mano de obra	5
Vía de Comunicación	20
Vida útil	10
Tamaño del área	20
Puntuación total	100

Fuente: Elaboración propia

3. Definición de una escala para calificar cada factor por las posibles ubicaciones

Mayor capacidad de captación. Para este factor, se utilizó la capacidad de captación de cada uno de los cuatro rellenos sanitarios que cuenta el estado de Tlaxcala en la tabla 4.9.

Tabla 4. 9 Captación de rellenos sanitarios

RELLENO SANITARIO	TON. DIARIAS
Relleno Sanitario Ejido Morelos (Tetla de la solidaridad)	350
Relleno Sanitario Huamantla	130
Relleno Sanitario Panotla	500
Relleno Sanitario Nanacamilpa de Mariano Arista	120

Fuente: Elaboración propia



Disponibilidad de mano de obra. Para calificar la disponibilidad de mano de obra se utiliza la escala con respecto a la cantidad de población económicamente activa de cada ubicación. Se adjunta información de la calificación para este factor en la tabla 4.10.

Tabla 4. 10 Mano de obra disponible

	ALTERNATIVAS			
	A	B	C	D
	Relleno Sanitario Ejido Morelos (Tetla)	Relleno Sanitario Huamantla	Relleno Sanitario Panotla	Relleno Sanitario Nanacamilpa de Mariano Arista
Disponibilidad de mano de obra (Población económicamente activa)	14.837	14.891	12.885	8.875
Población total	28.76	40.854	25.128	16.64
Porcentaje de la población económicamente activa	51.59%	36.45%	51.28%	53.34%
Puntuación	5	4	5	5

Fuente: Elaboración propia

Transporte. Para el factor transporte se evalúan las líneas de acceso disponibles hacia las distintas ubicaciones, la escala de calificación queda de la siguiente forma.

Vías de transporte de Nanacamilpa de Mariano Arista a Santa Cruz Techachalco (Panotla, Tlaxcala) ver Figura 4.7.

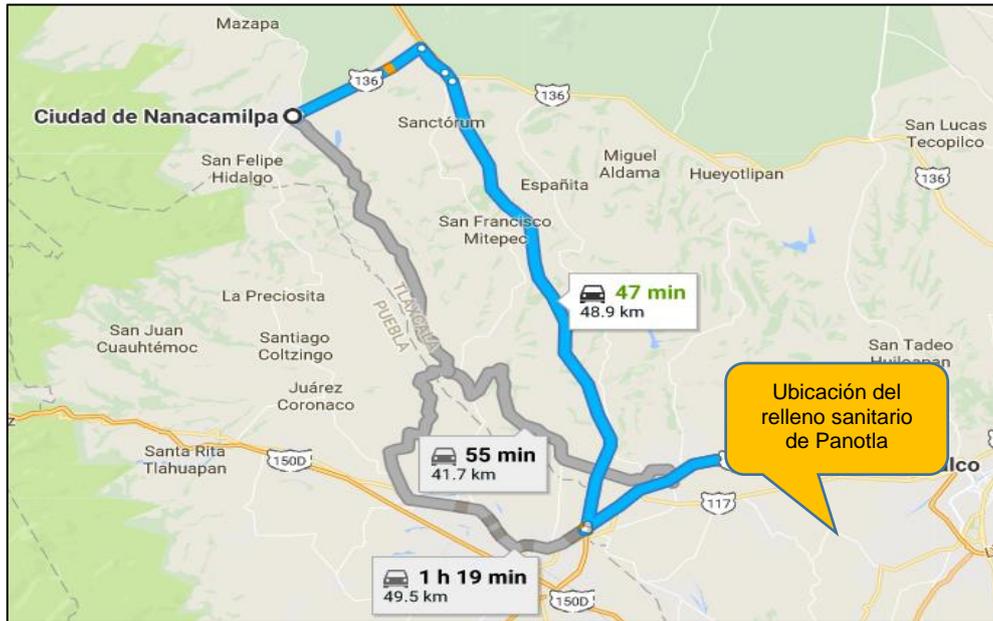


Figura 4. 7 Vías de transporte de Nanacapilma a Panotla

Fuente: Google maps

Existe una excelente comunicación de vías de transporte por lo que no hay ningún impedimento de que los camiones recolectores lleguen al destino, con 47 min. Aproximadamente de recorrido.

Vías de transporte de Tetla de la solidaridad a Santa Cruz Techachalco (Panotla, Tlaxcala) ver figura 4.8.

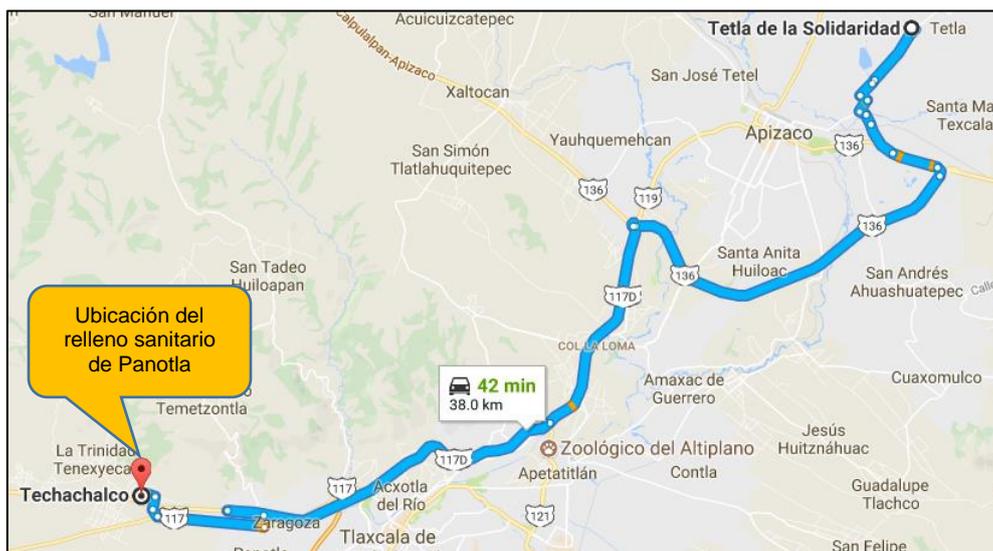


Figura 4. 8 Vías de transporte de Tetla a Panotla

Fuente: Google maps



Existe una excelente comunicación de vías de transporte por lo que no hay ningún impedimento de que los camiones recolectores lleguen al destino, con 42 min. Aproximadamente de recorrido.

Vías de transporte de Huamantla a Santa Cruz Techachalco (Panotla, Tlaxcala) figura 4.9

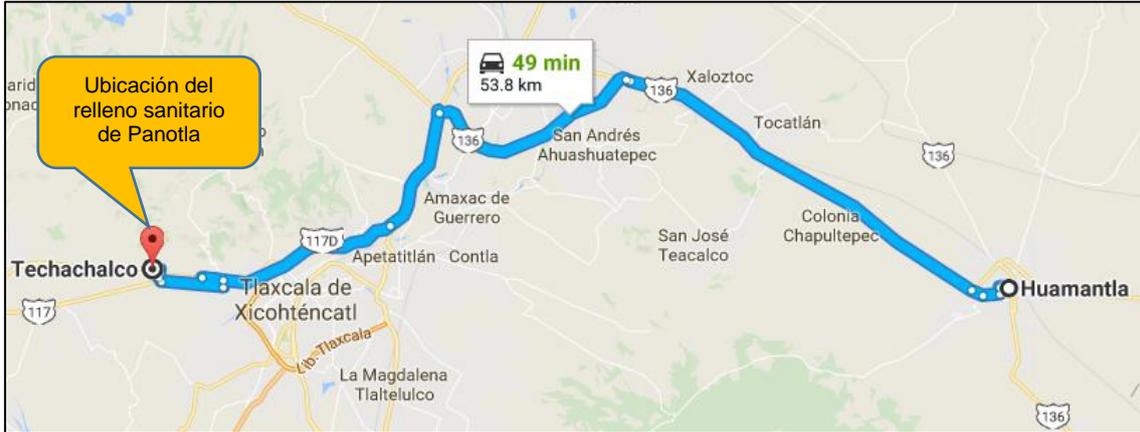


Figura 4. 9 Vías de transporte de Huamantla a Panotla
Fuente: Google maps

Existe una excelente comunicación de vías de transporte por lo que no hay ningún impedimento de que los camiones recolectores lleguen al destino, con 49 min. Aproximadamente de recorrido.

En conclusión se puede observar que de los tres Municipios que cuenta con rellenos sanitarios el transportarlos al destino propuesto para la incineración de los residuos sólidos tienen una similitud entre las distancias, por lo que es una buena estrategia de ubicación, cabe mencionar que posiblemente el tiempo de llegada sea menos por lo que los choferes de las rutas tienden a utilizar vías de transporte (Atajos) que les permita llegar más pronto.



4. Asignar el valor para cada factor tomando en cuenta todas las características. Se multiplica la calificación obtenida por la ponderación de importancia del factor. Ver tabla 4.11

Tabla 4. 11 Asignación de valor para cada factor

Factores	Peso Relativo %	Alternativas							
		A	(A*Ponderación)	B	(B* Ponderación)	C	(B* Ponderación)	D	(B* Ponderación)
Mayor capacidad de captación	25	3	0.75	7	1.75	9	2.25	6	1.5
Cubrimiento de basura	20	7	1.4	7	1.4	7	1.4	7	1.4
Disponibilidad de mano de obra	5	7	0.35	7	0.35	7	0.35	7	0.35
Vía de Comunicación	20	9	1.8	9	1.8	9	1.8	9	1.8
Vida útil	10	2	0.2	4	0.4	6	0.6	6	0.6
Tamaño del área	20	5	1	7	1.4	9	1.8	7	1.4

Fuente: Elaboración propia

Por último, mediante la suma total por factor se obtiene la ubicación que represente la mayor calificación de entre las propuestas ver tabla 4.12.

Tabla 4. 12 Determinación de calificación a propuestas

Factores	Peso Relativo %	Alternativas							
		A	(A*Ponderación)	B	(B* Ponderación)	C	(B* Ponderación)	D	(B* Ponderación)
Mayor capacidad de captación	25	3	0.75	7	1.75	9	2.25	6	1.5
Cubrimiento de basura	20	7	1.4	7	1.4	7	1.4	7	1.4
Disponibilidad de mano de obra	5	7	0.35	7	0.35	7	0.35	7	0.35
Vía de Comunicación	20	9	1.8	9	1.8	9	1.8	9	1.8
Vida útil	10	2	0.2	4	0.4	6	0.6	6	0.6
Tamaño del área	20	5	1	7	1.4	9	1.8	7	1.4
Puntuación total	100	5.5	5.5	7.1	7.1	8.2	8.2	7.05	7.05

Fuente: Elaboración propia

La alternativa B y C son mejores que A y D por lo cual se rechazan, la alternativa B y D tienen una pequeña diferencia entre la alternativa C en la capacidad de captación y el tamaño del área como alternativa se elige la Alternativa C como la mejor. Donde se obtiene la mayor posibilidad de captación, así como también el medio de transporte y las mejores condiciones para poder realizar el estudio. Obteniendo una calificación de **8.2**.



4.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Un proceso de producción es un sistema de acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y que se orientan a la transformación de ciertos elementos. De esta manera, los elementos de entrada (conocidos como factores) pasan a ser elementos de salida (productos), tras un proceso en el que se incrementa su valor.

Para tener una idea gráfica y clara del flujo de proceso a que está sujeta la disposición final de los residuos sólidos urbanos, se ha desarrollado un diagrama de flujo, Cada paso del proceso cada etapa del proceso. A continuación se muestra el diagrama de flujo que representa la disposición final de los cuatro rellenos sanitarios, por lo que su función es igual.

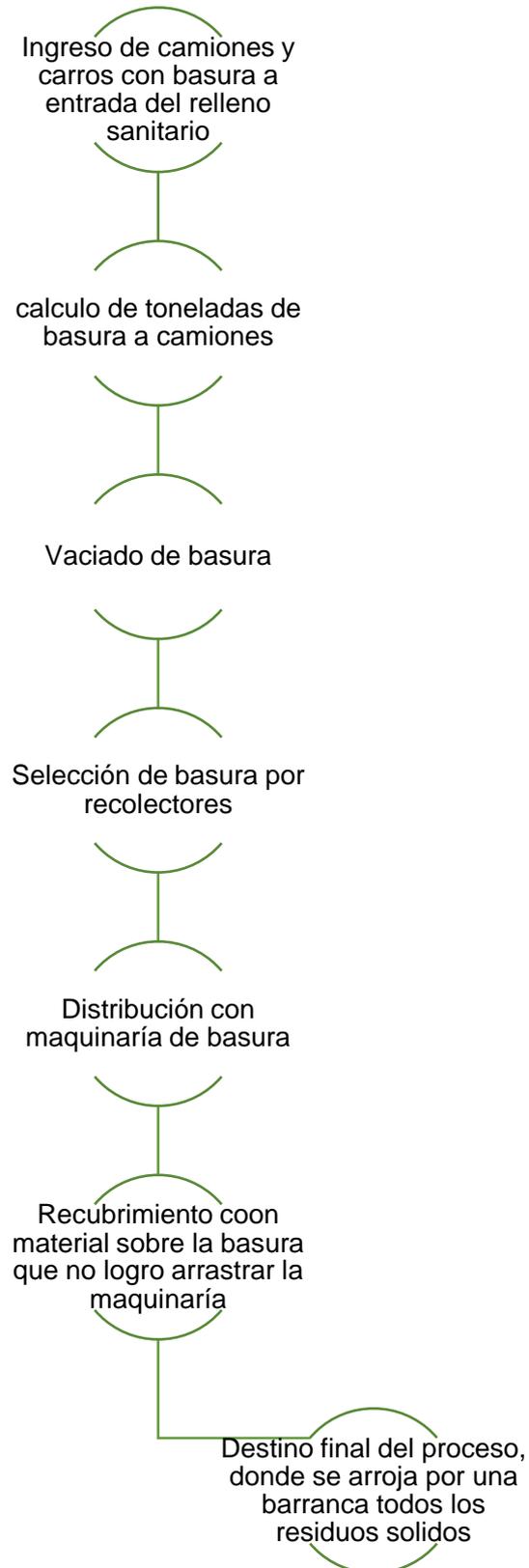


Figura 4. 10 Descripción de operación de los rellenos sanitarios de Tlaxcala

Fuente: Elaboración propia



4.4.1. SELECCIÓN DE MAQUINARIA

Para obtener la selección de maquinaria y equipos, se realizó con antelo la recopilación maquinaria adecuada de información a través de fabricantes de equipos y publicaciones comerciales.

La diferencia entre una maquina u otra, no es solo la marca o el precio, hay determinadas características técnicas que se deben considerar, entre ellas están:

El acondicionamiento: Señala aquella exigencia que pudiera tener el equipo para su instalación y buen funcionamiento.

El accionamiento: Si la operación como tal del equipo es fácil o presenta algunas dificultades.

La capacidad y velocidad: Lo cual está determinado en automático por la capacidad de producción de la planta.

Simultaneidad: Si puede operar de forma conjunta con otras máquinas y equipos o si puede producir uno o más productos dentro de un mismo ciclo.

Confiabilidad: Si puede operar de acuerdo a sus especificaciones en forma general.

Tomando en consideración los aspectos anteriores, se realizó la matriz de maquinaria y equipo, (Ver tabla 4.6) donde se detallan las maquinas requeridas, descripción, cantidad y proceso en el que se requieren.



Tabla 4. 13 Matriz de maquinaria y Equipo

MATRIZ DE MAQUINARIA Y EQUIPO		
N°	Maquinaria y Equipo	DESCRIPCIÓN COMPLETA
Operación y Mantenimiento		
1	Pala	Clave: TR-BYC Largo: 15” Ancho: 6” Largo total: 27”
2	Rastrillo	Cabeza forjada de acero alto carbono 15 Dientes de ¼” de espesor Cabo de fresno americano, pulido y barnizado
3	Carretilla	Carretilla honda 5 pies TC0828 Toolcraft • Bastidor reforzado, diseño ergonómico. • Troquelada en una sola pieza. • Puente, soportes y tirantes fabricados en solera. • Llanta neumática reforzada de 16" x 4". • Capacidad: 5 pies cúbicos (85 litros).
Mantenimiento de maquinaria		
4	Pinzas de chofer	De chofer. Forjada y templada en acero al carbono, mangos de vinil con resistencia dieléctrica, mayor resistencia a la corrosión, uso profesional.
5	llaves mixtas	JUEGO LLAVES COMBINADAS MIXTAS STD 22 PZ
6	Juego de desarmadores	Herramienta fácil de utilizar Material de larga duración Mango ergonómico Para uso general Punta de cruz y plano Cruz: 2 pt (4"/100 mm) 1 pt (4"/100 mm) Plano: 5 mm (3/16") 6/150 mm * 6 mm (3/16") 3/75 mm 6 mm (1/4") 4/100 mm * 6 mm (1/4") 6/150 mm



Continuación Tabla 4.13

7	Martillo de bola	1 Piezas Martillo 12 oz de bola mangode madera SANTUL
8	Cinzel	UTILIZADO PRINCIPALMENTEPARA CORTAR, RANURAR O DEBASTAR DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS • FORJADOS EN UNA PIEZA • ACERO DE ALTA CALIDAD CON TRATAMIENTO TERMICO • PUNTAS AFILADAS LISTAS PARA SU USO • 1X12
9	Estilson	Tornillo de ajuste rectificad Acero reforzado Llave industrial 12"
10	Perico	Llave Ajustable Perica 10" Cromada Grip Truper 15511 Perico Cromado Con Grip Marca: Truper Forjado En Acero Al Carbono Cómodo Mango De Vinil Acojinado Mango Con Grip Largo: 10" Apertura: 1 1/4" Cumple Con La Norma: Ansi: B-107.8m
11	Grasa para chasis	Grasa Chasis E-Lit Marca Roshfrans 250 Grs
12	Estopa	100 % Algodón
13	Caja de herramientas	Juego De Herramientas De 105 Piezas Con Cajón De 4 Cajones Marca Pittsburgh® Material Acero Al Carbono Templado Cantidad 105 Peso Del Envío 16.00 Lb. Accesorios Incluidos Caja De Cuatro Cajones Contenido Herramienta De Engaste De 8 Pulg., Destornilladores Ranurados De 3/16 Pulg. X 4 Pulg. Y 1/4 Pulg. X 4 Pulg., Destornilladores Phillips # 1 Y # 2, Mango Trinquete Stubby, 3/64 Pulg., 5/64 , 3/32 Pulg., 1/8 Pulg., Controladores Ranurados, Controladores Phillips # 1 Y # 0, Llaves Hex: 1/16 In., 5/64 In., 3/32 I



Equipo de protección		
14	Botas industriales	Marca KEBO, Modelo m450-x material de suela sintética antiderrapante, forro textil, color negro, casco de acero 5110
15	Guantes de carnaza	guante de carnaza, suave, buena resistencia.
16	Overol	Overol Ind. Gabardina M/ Larga o Corta Tela: 100 % Algodon Corte: 6 bolsas / c/ cierre Acabado: Doble costura
17	Lentes de Seguridad	Color claro antifog. Armazón de nylon con varilla retráctil que brinda excelente ajuste. Monolente de policarbonato fuerte y ligero que filtra el 99% de rayos UV. Tratamiento antirayaduras y/o antiempañó. Puente nasal universal de una sola pieza. Protectores laterales integrados que proporcionan protección adicional
18	Cubreboca con filtro	Cubrebocas con filtro de carbón activado y respirador. Este respirador proporciona protección respiratoria ligera, efectiva, cómoda e higiénica contra el polvo y la humedad. La forma convexa, el diseño de doble correa, el sello de nariz de espuma y el clip de nariz de acero aseguran un buen sellado de la cara sobre un amplio rango de tamaños de cara. La válvula de flujo frío mejora la comodidad del usuario al mantener una atmósfera fresca dentro del respirador. La exclusiva carcasa de válvula y colapso resistente, ofrece una protección duradera y cómoda, especialmente en áreas calientes y condiciones húmedas.



Construcción de la incineradora			
19	infraestructura	30	Horno incinerador
20	Obra civil y servicios	31	Caldera
21	Estructura metálica	32	Puente grúa y Pulpo
22	Sistema de agua vapor	33	Bascula
23	Turboalternador	34	Destrozador de elementos voluminosos
24	Sistema de cenizas y escoria	35	Chimenea
25	sistema de tratamiento de agua	36	Celdas catalíticas
26	Sistema eléctrico	37	Tratamiento de gases
27	Instrumentación y control	38	Foso de almacenamiento
28	Sistemas auxiliares	39	Filtro de mangas
29	Tolva de alimentación de residuos	40	Aerocondensador
41 Prueba y puesta en marcha			

Fuente: Elaboración propia

Para la operación de la planta de residuos sólidos se requiere de 28 personas, los cuales serán capacitados en el área a desempeñar.

4.4.2. JUSTIFICACIÓN DE LA CANTIDAD DE EQUIPO COMPRADO

Debido a que el sistema de producción propuesto para la eliminación del peso y volumen de los residuos sólidos urbanos es por proceso, se han determinado las áreas para cada uno, quedando de la siguiente manera:

ÁREAS PRODUCTIVAS

- Waste receiving and storage (Recibo y almacenamiento de Residuos).
- Combustion and boiler (Combustión y caldera)
- Flue gas treatment (Tratamiento de gases de combustión)
- Residue handling and treatment (Manejo de residuos sólidos urbanos y tratamiento)
- Energy recovery (Recuperación de energía)

Se entiende que al no ser una producción en serie sino por proceso, el producto o parte del producto estar fluyendo a través de las distintas áreas que conforman el proceso de incineración, por esta razón es que se ha decidido adquirir la maquinaria y equipo establecido por la planta de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía de Roosendaal Netherland requiriendo la misma cantidad de operadores que son 10 para el proceso de incineración, entonces se sabe que los operadores invierten un tiempo



considerable en cada proceso, y no es posible que se intercepten en las mismas operaciones, requiriendo el mismo equipo.

4.4.3. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD

Para realizar este apartado y cumplir con el propósito se establece que este proceso conlleva un cumplimiento a normativas de medio ambiente establecidas por los organismos competentes como SEMARNAT, ECOLOGÍA (ver tabla 4.14, 4.15), entre otras, a continuación se detallara algunas de las normativas que se requieren para la instalación cumpla con los requerimientos necesarios para evitar una contaminación mayor al medio ambiente, ya que en cada proceso se llevara a cabo inspecciones de calidad y como resultado final a las emisiones al medio ambiente.

Tabla 4. 14 Normas Regulatoras de protección al ambiente

NORMAS REGULADORAS DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE	DESCRIPCIÓN
NOM-083-ECOL-1994	Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales
NOM-084-ECOL-1994	Que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias
NOM-087-ECOL-SSA1-2002	Protección ambiental, salud ambiental, residuos peligrosos biológico-infecciosos, clasificación y manejo.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos
NOM-020-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiental con respecto al ozono (O ₃)
NOM-021-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiental con respecto al monóxido de carbono (CO)
NOM-022-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiental con respecto al bióxido de azufre (SO ₂)
NOM-023-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire con respecto al bióxido de nitrógeno

Fuente: Elaboración propia



Tabla 4. 15 Normas que establecen los métodos de medición para determinar la concentración del ambiente

NORMAS QUE ESTABLECEN LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DEL AMBIENTE	
NOM-034-SEMARNAT-1993	Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición
NOM-035-SEMARNAT-1993	Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.
NOM-036-SEMARNAT-1993	Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
NOM-037-SEMARNAT-1993	Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
NOM-038-SEMARNAT-1993	Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

Fuente: Elaboración propia

El proceso calidad estará a cargo de un técnico superior universitario que llevara a cabo los monitoreos pertinentes, la generación y análisis de la información, así como los controles pertinentes en caso de desviaciones recurrentes.

4.4.4. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO NECESARIAS

Áreas Productivas

- Waste receiving and storage (Recibo y almacenamiento de Residuos).
- Combustion and boiler (Combustión y caldera)
- Flue gas treatment (Tratamiento de gases de combustión)
- Residue handling and treatment (Manejo de residuos sólidos urbanos y tratamiento)
- Energy recovery (Recuperación de energía)

Áreas Administrativas

- Caseta de vigilancia
- Comedor
- Estacionamiento
- Sanitarios.



Tabla 4. 16 Determinación de las áreas de trabajo necesarias

ÁREAS PRODUCTIVAS		ÁREAS NO PRODUCTIVAS (ADMINISTRATIVAS)	
S1	Waste receiving and storage (Recibo y almacenamiento de Residuos).	S6	Comedor
S2	Combustion and boiler (Combustión y caldera)	S7	Estacionamiento
S3	Flue gas treatment (Tratamiento de gases de combustión)	S8	Oficinas administrativas
S4	Residue handling and treatment (Manejo de residuos sólidos urbanos y tratamiento)	S9	Sanitarios
S5	Energy recovery (Recuperación de energía)	S10	Caseta de vigilancia

Fuente: Elaboración propia

Utilizando la tipología que maneja Richard Motler, se detallan a continuación los criterios para la localización de áreas.

4.1. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Localización del proyecto: la localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de Análisis y determinación de la localización óptima del proyecto Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto Análisis de la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos Identificación y descripción del proceso Determinación de la organización humana y jurídica que se requiere para la correcta operación del proyecto rentabilidad sobre capital o a obtener el costo unitario mínimo. El objetivo general de este punto es, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta. En la localización óptima del proyecto se encuentran dos aspectos: la Macro localización (ubicación del mercado de consumo; las fuentes de materias primas y la mano de obra disponible) y la Micro localización (cercanía con el mercado consumidor, infraestructura y servicios). (Baca, 2015)



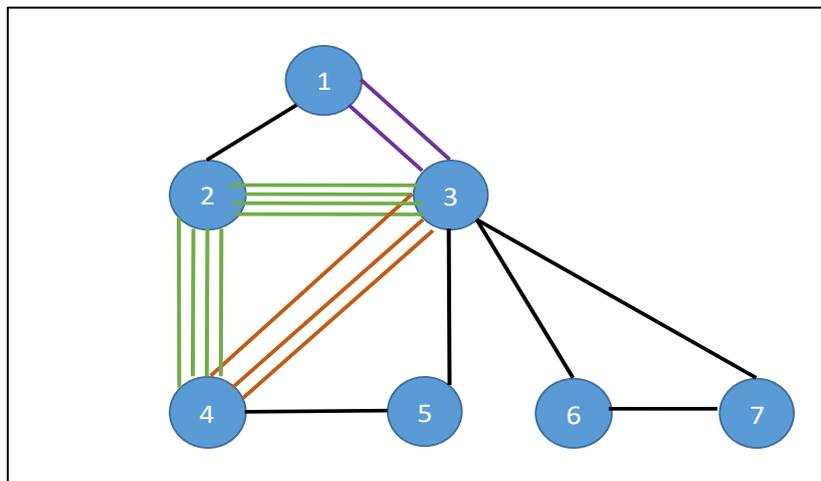
Valor	Cercanía	Relación
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente Importante	
I	Importante	
O	Importancia ordinaria	
U	Indiferente	
X	Indeseable	

Código	Criterios
1	Flujo de trabajo
2	Espacios y/o equipos compartidos
3	Seguridad e higiene
4	Contacto necesario
5	Conveniencia

4.2. MATRIZ DE PONDERACIÓN

	Área						
	Oficinas	O					
1	Recibo y almacenamiento de RSU	4	I				
2	Producción	A	3	U			
3	Caseta de vigilancia	1	A	5	U		
4	Sanitarios	E	1	U	4	U	
5	Estacionamiento	1	O	4	U	4	U
6	Comedor	O	5	O	4	U	5
7		4	U	4	O	5	
		U	4	U	4		
		4	U	5			
		O	5				
		4					

4.3. DIAGRAMA DE HILOS PARA COLOCACIÓN ÓPTIMA DE ÁREAS



LAYOUT DE PLANTA

En el lay-out (Ver anexo I planos) nos permite tener una representación un panorama general de la distribución física de la planta, requerida para reducir costos así como eficientar el proceso de producción de la sembradora de amaranto. Tomando en cuenta las restricciones bajo la metodología SLP (Systematic Layout Plannig), ubicando las áreas de acuerdo al diagrama de redes desarrollado previamente.



4.4. ESTUDIO ECONÓMICO

INTRODUCCIÓN

Para la realización del análisis económico y financiero del proyecto se contempló el estudio técnico, localización, costos e inversión.

El objetivo del análisis económico financiero es poder demostrar que este proyecto no sólo brinda soluciones a las temáticas de la basura, sino que también resulta redituable. No solo el proyecto debe cumplir los requerimientos técnicos y específicos de una planta incineradora de residuos sólidos urbanos, sino también, debe ser rentable para incentivar a instituciones estatales para su aplicación.

El estudio financiero se encuentra integrado por información de tipo cuantitativa que nos permite obtener un panorama general del comportamiento del capital a invertir y con esto tomar decisiones. En este estudio se incluye el comportamiento de las operaciones necesarias para que la empresa marche conforme a lo planeado, así como la visualización del crecimiento de la misma en materia financiera y en función del tiempo.

Se toman en cuenta las variables que influyen en desarrollo e implementación, considerando los costos de producción, gastos administrativos y financieros; al igual que la inversión inicial total fija y diferida

La planta de incineración produce un total de 19,332.68 kw, de los cuales 2.900 kw son consumidos en la propia planta y el resto (16,433.68 kw) se inyectaran en la red. La cantidad de energía exportada por cada tonelada de residuos incinerados es de 547.7892 kwh/ton.

4.5. DETERMINACIÓN DE COSTOS

4.5.1. COSTOS DE OPERACIÓN

Estos costos son también llamados costos de producción son los gastos para mantener un proyecto. Tomando en cuenta el estudio técnico la empresa trabajara tres turnos los 365 días del año, la planta captara 1,100 ton diarias en jornadas de 8 horas diarias.



Presupuesto inicial de la inversión del activo

Se refiere a todo tipo de activos cuya vida útil es mayor a un año y cuya finalidad es proveer las condiciones necesarias para que la empresa lleve a cabo sus actividades. A continuación (Ver tabla 4.1) se realiza el concentrado con todos los activos tangibles e intangibles que requiere para que la planta en primera fase.

Tabla 4. 17 Inversión inicial del activo

INVERSIÓN FIJA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
Terreno			
Obra civil y servicios	1	\$ 209,482.87	\$ 209,482.87
Instalación mecánica	1	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
Sistema eléctrico	1	\$ 131,536.39	\$ 131,536.39
Infraestructura	1	\$ 158,344.79	\$ 158,344.79
Estructura metálica	1	\$ 48,713,184.00	\$ 48,713,184.00
sistema de tratamiento de agua	1	\$ 9,753.41	\$ 9,753.41
Subtotal			\$ 49,272,301.45

Maquinaria y equipo para producción			
INVERSIÓN SEMIFIJA			
MAQUINARIA Y EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
Sistema de agua vapor	1	\$ 46,650.12	\$ 46,650.12
Turboalternador	1	\$ 168,071.27	\$ 168,071.27
Sistema de cenizas y escoria	1	\$ 28,020.85	\$ 28,020.85
Instrumentación y control	1	\$ 97,426.37	\$ 97,426.37
Sistemas auxiliares	1	\$ 17,055.00	\$ 17,055.00
Tolva de alimentación de residuos	1	\$ 130,000.00	\$ 130,000.00
Horno incinerador	1	\$ 113,268.94	\$ 113,268.94
Caldera	1	\$ 129,111.50	\$ 129,111.50
Puente grúa y Pulpo	1	\$ 7,301.57	\$ 7,301.57
Bascula	1	\$ 1,212.43	\$ 1,212.43
Destrozador de elementos voluminosos	1	\$ 85,000.00	\$ 85,000.00
Chimenea	1	\$ 24,356.59	\$ 24,356.59
Celdas catalíticas	2	\$ 240,000.00	\$ 480,000.00
Tratamiento de gases	1	\$ 81,610.76	\$ 81,610.76
Foso de almacenamiento	1	\$ 13,000.00	\$ 13,000.00
Filtro de mangas	1	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00
Aerocondensador	1	\$ 65,768.18	\$ 65,768.18
Subtotal			\$ 1,522,853.59

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL	AÑO 1
Botas industriales	30	\$ 689.00	\$ 20,670.000	\$ 248,040.000
Guantes de carnaza	10	\$ 40.00	\$ 40.000	\$ 480.000
Overol	20	\$ 186.00	\$ 3,720.000	\$ 44,640.000
Lentes de Seguridad	20	\$ 300.00	\$ 300.000	\$ 3,600.000
Cubreboca con filtro	20	\$ 499.00	\$ 499.000	\$ 5,988.000
Total		\$ 1,714.00	\$ 25,229.00	\$ 302,748.000



Mobiliario y equipo de oficina			
EQUIPO DE OFICINA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
Escritorios	5	\$ 2,507.00	\$ 12,535.00
Sillas	8	\$ 450.00	\$ 3,600.00
Archivero	3	\$ 3,500.00	\$ 10,500.00
Equipo de computo	8	\$ 6,000.00	\$ 48,000.00
Impresora multifuncional	2	\$ 3,899.00	\$ 7,798.00
Subtotal			\$ 82,433.00

inversión diferida, gastos unicos		
INVERSIONES DIFERIDAS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO
Permiso de funcionamiento	1	\$ 5,000.00
Gastos notariales	1	\$ 4,500.00
Contrato de agua	1	\$ 5,050.00
Total		\$ 14,550.00

4.5.2. COSTOS VARIABLES

Tabla 4. 18 Costo de materia prima e insumos

Costo de materia prima e insumos				
COSTOS VARIABLES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL	AÑO 1
Agua	1	\$ 800.00	\$ 800.00	\$ 9,600.00
Caliza	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 30,000.00
Aditivos	1	\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 1,800.00
Gasoleo	1	\$ 18.76	\$ 18.76	\$ 225.12
Materiales y artículos de limpieza	1	\$ 1,100.00	\$ 1,100.00	\$ 13,200.00
Total			\$ 4,568.76	\$ 54,825.12

Tabla 4. 19 Otros materiales

Otros materiales de producción				
COSTOS VARIABLES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL	AÑO 1
Pala	3	\$ 370.00	\$ 1,110.00	\$ 13,320.00
Rastrillo	1	\$ 890.00	\$ 890.00	\$ 10,680.00
Carretilla	1	\$ 1,690.00	\$ 1,690.00	\$ 20,280.00
Pinzas de chofer	3	\$ 475.00	\$ 1,425.00	\$ 17,100.00
llaves mixtas	1	\$ 470.00	\$ 470.00	\$ 5,640.00
Juego de desarmadores	1	\$ 131.00	\$ 131.00	\$ 1,572.00
Martillo de bola	1	\$ 194.00	\$ 194.00	\$ 2,328.00
Cinzel	1	\$ 279.00	\$ 279.00	\$ 3,348.00
Estilson	1	\$ 206.00	\$ 206.00	\$ 2,472.00
Perico	1	\$ 270.00	\$ 270.00	\$ 3,240.00
Grasa para chasis	20	\$ 900.00	\$ 900.00	\$ 10,800.00
Estopa	50	\$ 1,150.00	\$ 1,150.00	\$ 13,800.00
Caja de herramientas	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 18,000.00
Total			\$ 10,215.0	\$ 122,580.0

4.5.3. COSTOS DE MANO DE OBRA

Para obtener de los costos de mano de obra se tomó en consideración el cálculo de mano de obra realizado en el estudio técnico.

La siguiente tabla muestra el cálculo de costo de mano de obra para cada trabajador, tomando en cuenta las prestaciones de ley.



Tabla 4. 20 Sueldos directos de producción

Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Días	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Jefe turno	3	\$ 300.00	30	\$ 9,000.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 369.86	\$ 12.33	\$ 4,500.00	
Prima vacacional			6	\$ 147.95	\$ 4.93	\$ 1,800.00	
SALARIO INEGRADO							
Salario integrado				\$ 9,517.81	\$ 317.26		
IMSS				\$ 1,998.74	\$ 66.62		21%
INFONAVIT				\$ 475.89	\$ 15.86		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 190.36	\$ 6.35		2%
Subtotal	3			\$ 12,182.79	\$ 406.09		
Costo total anual por 3 jefes de turno				\$ 324,000.00			
Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Días	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Analista de calidad	3	\$ 285.00	30	\$ 8,550.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 351.37	\$ 11.71	\$ 4,275.00	
Prima vacacional			6	\$ 140.55	\$ 4.68	\$ 1,710.00	
SALARIO INEGRADO							
Salario integrado				\$ 9,041.92	\$ 301.40		
IMSS				\$ 1,898.80	\$ 63.29		21%
INFONAVIT				\$ 452.10	\$ 15.07		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 180.84	\$ 6.03		2%
Subtotal	3			\$ 11,573.65	\$ 385.79		
Costo total anual por 3 Analistas de calidad				\$ 307,800.00			
Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Días	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Basculista	3	\$ 120.00	30	\$ 3,600.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 147.95	\$ 4.93	\$ 1,800.00	
Prima vacacional			6	\$ 59.18	\$ 1.97	\$ 720.00	
SALARIO INEGRADO							
Salario integrado				\$ 3,807.12	\$ 126.90		
IMSS				\$ 799.50	\$ 26.65		21%
INFONAVIT				\$ 190.36	\$ 6.35		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 76.14	\$ 2.54		2%
Subtotal	3			\$ 4,873.12	\$ 162.44		
Costo total anual basculista				\$ 129,600.00			



CAPÍTULO IV DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Continuación Tabla 4.20

Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Dias	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Intendente	5	\$ 110.00	30	\$ 3,300.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 135.62	\$ 4.52	\$ 1,650.00	
Prima vacacional			6	\$ 54.25	\$ 1.81	\$ 660.00	
SALARIO INTEGRADO							
Salario integrado				\$ 3,489.86	\$ 116.33		
IMSS				\$ 732.87	\$ 24.43		21%
INFONAVIT				\$ 174.49	\$ 5.82		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 69.80	\$ 2.33		2%
Subtotal	5			\$ 4,467.02	\$ 148.90		
Costo total anual por intendencia				\$ 198,000.00			
Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Dias	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
vigilante	2	\$ 150.00	30	\$ 4,500.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 184.93	\$ 6.16	\$ 2,250.00	
Prima vacacional			6	\$ 73.97	\$ 2.47	\$ 900.00	
SALARIO INTEGRADO							
Salario integrado				\$ 4,758.90	\$ 158.63		
IMSS				\$ 999.37	\$ 33.31		21%
INFONAVIT				\$ 237.95	\$ 7.93		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 95.18	\$ 3.17		2%
Subtotal	2			\$ 6,091.40	\$ 203.05		
Costo total anual por vigilantes				\$ 108,000.00			
Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Dias	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Jefe de mantenimiento	2	\$ 300.00	30	\$ 9,000.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 369.86	\$ 12.33	\$ 4,500.00	
Prima vacacional			6	\$ 147.95	\$ 4.93	\$ 1,800.00	
SALARIO INTEGRADO							
Salario integrado				\$ 9,517.81	\$ 317.26		
IMSS				\$ 1,998.74	\$ 66.62		21%
INFONAVIT				\$ 475.89	\$ 15.86		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 190.36	\$ 6.35		2%
Subtotal	2			\$ 12,182.79	\$ 406.09		
Costo total anual por Jefe de mannto				\$ 216,000.00			



CAPÍTULO IV DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Continuación Tabla 4.20

Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Días	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Montador mecánico	2	\$ 250.00	30	\$ 7,500.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 308.22	\$ 10.27	\$ 3,750.00	
Prima vacacional			6	\$ 123.29	\$ 4.11	\$ 1,500.00	
SALARIO INTEGRADO							
Salario integrado				\$ 7,931.51	\$ 264.38		
IMSS				\$ 1,665.62	\$ 55.52		21%
INFONAVIT				\$ 396.58	\$ 13.22		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 158.63	\$ 5.29		2%
Subtotal	2			\$ 10,152.33	\$ 338.41		
Costo total anual por montadores mecánicos				\$ 180,000.00			
Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Días	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Montador eléctrico	2	\$ 250.00	30	\$ 7,500.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 308.22	\$ 10.27	\$ 3,750.00	
Prima vacacional			6	\$ 123.29	\$ 4.11	\$ 1,500.00	
SALARIO INTEGRADO							
Salario integrado				\$ 7,931.51	\$ 264.38		
IMSS				\$ 1,665.62	\$ 55.52		21%
INFONAVIT				\$ 396.58	\$ 13.22		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 158.63	\$ 5.29		2%
Subtotal	2			\$ 10,152.33	\$ 338.41		
Costo total anual por montadores eléctricos				\$ 180,000.00			
Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Días	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Encargado de almacen	2	\$ 135.00	30	\$ 4,050.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 166.44	\$ 5.55	\$ 2,025.00	
Prima vacacional			6	\$ 66.58	\$ 2.22	\$ 810.00	
SALARIO INTEGRADO							
Salario integrado				\$ 4,283.01	\$ 142.77		
IMSS				\$ 899.43	\$ 29.98		21%
INFONAVIT				\$ 214.15	\$ 7.14		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 85.66	\$ 2.86		2%
Subtotal	2			\$ 5,482.26	\$ 182.74		
Costo total anual por encargado de almacen				\$ 97,200.00			

Fuente: Sueldos y salarios 2018



4.6. COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN

Se determinan el reflejo de los costos proyectados en el estudio técnico en lo referente a los requerimientos necesarios en la captación de residuos sólidos urbanos anual.

Tabla 4. 21 Costos indirectos

GASTOS INDIRECTOS		
Concepto	Costo	Costo anual
Pago bimestral luz	\$ 820.52	\$ 9,846.24
Depreciación maq.	\$ 134,097.28	\$ 134,097.28
TOTAL GASTOS		\$ 143,943.52

Fuente: Elaboración propia

4.7. COSTO POR RESIDUOS PELIGROSOS

Tabla 4. 22 Costo por residuos peligrosos

CONTROL Y MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS			
ASPECTO Y EFECTO	IMPACTO	TIPO DE RESIDUO	CONTROL
LODOS	CONTAMINACIÓN DE SUELO	NINGUNO	TRATAMIENTO EMPRESA EXTERNA
COSTO MENSUAL POR MANEJO EXTERNO DE RESIDUOS PELIGROSOS			\$4,000.00
COSTO ANUAL POR MANEJO EXTERNO DE RESIDUOS PELIGROSOS			\$48,000.00

Fuente: Elaboración propia

4.8. COSTO DE DEPRECIACIÓN

En cuanto a los cargos por depreciación y debido a que estos, se pueden considerar como costos virtuales porque tienen consecuencia en el costo sin serlo. Estos se toman según la ley del impuesto sobre la renta, como lo menciona el artículo número 34.

Tabla 4. 23 Costo de depreciación de maquinaria

DEPRECIACIÓN DE MAQUINARIA					
CONCEPTO	CANTIDAD	VIDA ESTIMADA	PORCENTAJE A DEP. ANUAL	IMPORTE	TOTAL ANUAL A DEPRECIAR
Incineradora	1	10	100%	\$ 1,522,853.59	\$ 1,522,853.588

Fuente: Elaboración propia



4.9. GASTOS DE ADMINISTRACIÓN

Los costos de administración son aquellos originados en el control y la dirección de una organización, pero no directamente identificables con la financiación, la comercialización, o las operaciones de producción.

Tabla 4. 24 Gastos administrativos

Gastos administrativos		
Concepto	Costo	Costo anual
Agua uso comercial "B"	\$ 299.46	\$ 3,593.52
Equip. Proteccion personal	\$ 1,714.00	\$ 142.83
Pago luz bimestral	\$ 182.70	\$ 2,192.40
Papelería	\$ 1,000.00	\$ 12,000.00
Dep. mob. Y eq.		\$ 3,035.60
Telefono e Internet	\$ 399.00	\$ 4,788.00
	Total	\$ 25,752.35



CAPÍTULO IV DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Días	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Gerente	1	\$ 500.00	30	\$ 15,000.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 616.44	\$ 20.55	\$ 7,500.00	
Prima vacacional			6	\$ 246.58	\$ 8.22	\$ 3,000.00	
SALARIO INTEGRADO							
Salario integrado				\$ 15,863.01	\$ 528.77		
IMSS				\$ 3,331.23	\$ 111.04		21%
INFONAVIT				\$ 793.15	\$ 26.44		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 317.26	\$ 10.58		2%
Subtotal	1			\$ 20,304.66	\$ 676.82		
Costo Total anual				\$ 243,655.89			
Costo total anual del gerente				\$ 180,000.00			
Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Días	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Director técnico	1	\$ 316.92	30	\$ 9,507.60			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 390.72	\$ 13.02	\$ 4,753.80	
Prima vacacional			6	\$ 156.29	\$ 5.21	\$ 1,901.52	
SALARIO INTEGRADO							
Salario integrado				\$ 10,054.61	\$ 335.15		
IMSS				\$ 2,111.47	\$ 70.38		21%
INFONAVIT				\$ 502.73	\$ 16.76		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 201.09	\$ 6.70		2%
Subtotal	1			\$ 12,869.90	\$ 429.00		
Costo Total anual				\$ 154,438.85			
Costo total anual del director técnico				\$ 114,091.20			
Puesto	No. Trabajadores	Salario diario	Días	Importe mensual	Importe diario	Importe total	Porcentaje
Secretaria	1	\$ 135.00	30	\$ 4,050.00			
PRESTACIONES DE LEY							
Aguinaldo			15	\$ 166.44	\$ 5.55	\$ 2,025.00	
Prima vacacional			6	\$ 66.58	\$ 2.22	\$ 810.00	
SALARIO INTEGRADO							
Salario integrado				\$ 4,283.01	\$ 142.77		
IMSS				\$ 899.43	\$ 29.98		21%
INFONAVIT				\$ 214.15	\$ 7.14		5%
Impuesto sobre la nomina 2%				\$ 85.66	\$ 2.86		2%
Subtotal	1			\$ 5,482.26	\$ 182.74		
Costo Total anual				\$ 65,787.09			
Costo total anual de secretaria				\$ 48,600.00			
Total				\$ 342,691.20			

Fuente: Sueldos y salarios 2018



Tabla 4. 25 Depreciación de mobiliario y equipo de oficina

Depreciación de mobiliario y equipo de oficina							
No.	Concepto	Importe	Vida estimada	Porcentaje de dep. anual	Dep. anual	Dep. mensual	Unidades
1	Escritorio	\$ 2,507.00	10	10%	\$ 250.70	\$ 20.89	6
2	Archivero	\$ 3,500.00	10	10%	\$ 350.00	\$ 29.17	6
3	Silla para trabajo	\$ 450.00	10	10%	\$ 45.00	\$ 3.75	6
4	Computadora de escritorio	\$ 6,000.00	3	33%	\$ 2,000.00	\$ 166.67	8
5	Copiadora multifuncional	\$ 3,899.00	10	10%	\$ 389.90	32.49	8
					\$ 3,035.60	252.9666667	

Fuente: Elaboración propia

4.10. COSTO DE AGUA POTABLE

Referente al servicio de agua potable, será necesario contemplar los siguientes costos vigentes en el Municipio de Panotla Tlaxcala, que es donde se ubicará la planta:

Cabe mencionar que el costo por concepto de contrato, será cargado a la partida de Gastos de apertura únicos.

Tabla 4. 26 Cobro por servicio de agua potable

Tarifa	Concepto	Costo	Costo anual
Por contrato	Contrato	\$519.62	-
Por servicio	Cuota por servicio de agua potable uso comercial "B"	\$299.46	\$3,593.52

Fuente: Elaboración propia

4.11. INVERSIÓN INICIAL TOTAL FIJA Y DIFERIDA

Activos fijos (mobiliario, vehículos, herramientas, maquinaria)

Como toda organización, para comenzar sus actividades requiere de una inversión inicial, integrada por un lado de los activos fijos, que para este proyecto son: la maquinaria y equipo necesario para la incineración de residuos sólidos urbanos el mobiliario y equipo de oficina y un vehículo para transportarse y tener movilidad a las oficinas de ECOLOGÍA TLAXCALA.



4.11.1. ACTIVOS INTANGIBLES

(Patentes, marcas, diseños, nombre comercial, asistencia técnica, gastos preoperativos de operación, contrato de servicios, luz, teléfono, agua, servicios notariales, municipales)

Los activos intangibles son los que como su nombre lo dice, no pueden ser percibidos físicamente, y para este caso se consideran los que se expresan en la siguiente tabla 7.14 con los respectivos costos:

Tabla 4. 27 Activos intangibles

Equipo de distribución y venta			
INVERSIONES DIFERIDAS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
Permiso de funcionamiento	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.000
Gastos notariales	1	\$ 7,500.00	\$ 7,500.000
Contrato de agua	1	\$ 5,050.00	\$ 5,050.000
Total			\$ 20,550.00

Fuente: Elaboración propia

4.12. IMPREVISTOS

Para este proyecto de negocio se calcula una inversión por imprevistos del 8% de la inversión total en activos tangibles, por lo que en caja se debe tener esta suma por cualquier situación inesperada que llegara a surgir durante el ciclo productivo.

Concepto	Total activos fijos	Porcentaje	Total imprevistos
Capital para imprevistos	\$ 1,522,853.59	8%	\$ 121,828.29

Fuente: Elaboración propia

4.13. INVERSIÓN INICIAL

Tomando en cuenta todos los gastos anteriormente desglosados se obtiene la siguiente tabla donde se muestra la inversión total inicial del proyecto por:

Tabla 4. 28 Inversión total del proyecto

<i>Concepto</i>	<i>Costo</i>
Activo tangible	
Terrenos	
Edificios	\$ 49,252,301.45
Maquinaria, mobiliario y equipo para producción	\$ 1,522,853.59
Mobiliario y equipo de oficina	\$ 82,433.00
Subtotal	\$ 50,857,588.04
Activos intangibles	
Gastos de planeación, organización y puesta en marcha	\$ 50,000.00
Licencias y permisos	\$ 14,550.00
Subtotal	\$ 64,550.00
Imprevistos del 7% del valor de los activos	\$ 121,828.29
subtotal	\$ 121,828.29
Capital de trabajo	
Áreas de producción	\$ 1,827,000.00
Área administrativa	\$ 636,782.40
Subtotal	\$ 2,463,782.40
Inversión total del proyecto	\$ 53,507,748.73

Fuente: Elaboración propia



Costos de capital y necesidades de inversión de una planta de doble línea, con capacidad de procesamiento de 1100 toneladas por día, tendrá una capacidad anual de 290.000 toneladas de RSU por año. La inversión necesaria se estima en alrededor de los 200 millones de dólares.

Si bien este valor es menor a lo esperado siguiendo, el promedio mundial se esperaría para una planta de estas características un costo aproximado de \$170USD-, se encuentra en el orden de los proyectos que actualmente existe en América Latina. Por ejemplo, en la ciudad de San Pablo, Brasil, se encuentra en fase de construcción una planta con capacidades de 30MW y 900 toneladas diarias, y su costo se estima que ronda los 150 millones de dólares.

Se puede concluir que la incineradora es factible con base a la ubicación por el estudio técnico, en cuanto al estudio económico, que comparadas con otras plantas que han intentado entrar a la tecnología limpia en tratamiento de residuos sólidos, han decaído debido a que no cuentan con la suficiente estructura sólida para poder dar la transformación, debido a que lo único que hacen es quemar la basura sin tener algún beneficio de ella, el ***costo total de inversión que arroja el estudio es de \$53,507,748.73*** es un costo de inversión total aceptable para poder adquirir y poner en marcha el proyecto de inversión tecnológica y a comparación de otras incineradoras convencionales, este tipo de tecnología estará beneficiando a toda el estado de Tlaxcala, el proceso que la ayudará a distinguir de otras y dará el plus en la adquisición e instalación de esta planta es que, cuenta con la más alta tecnología en incineración, entiéndase por ello a las celdas catalíticas que bien harán una mejor combustión de los residuos sólidos maximizando la calidad del aire y por lo tanto la salud del ser humano. La decisión de aprobación y adquisición del proyecto dependerá de las dependencias gubernamentales que son los encargados de ver por el futuro y las mejores prácticas en cuestión de medio ambiente. Así como también decidir en qué sexenio empezar con la construcción.

CAPÍTULO V
ANÁLISIS DE RESULTADOS



5.1. RESULTADOS

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Los datos proporcionados por el departamento de Ecología son que diariamente se recolectan aproximadamente 1100 toneladas de residuos, con una media de 1.11 kgs al día por persona, que son depositados en un vertedero a cielo abierto ubicado en localidad de santa cruz Techachalco Panotla.

CONOCER EL PORCENTAJE DE RESIDUOS INORGÁNICOS

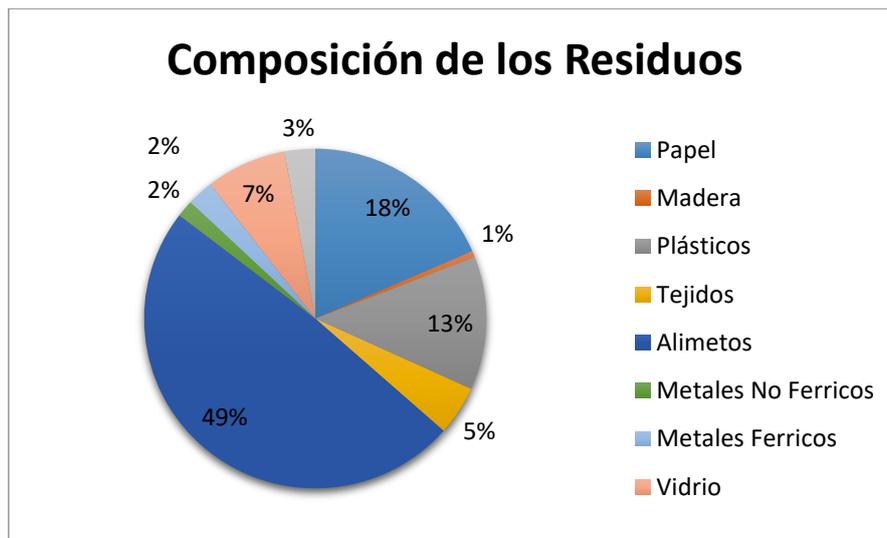
El porcentaje de los residuos sólidos es el siguiente:

Tabla 5. 1 Composición de los rsu en el municipio de Panotla, Tlaxcala

COMPOSICIÓN	%
Papel y cartón	18.5
Maderas	0.6
Plásticos	12.7
Tejidos	4.7
Alimentos	48.9
Metales no férricos	1.6
Metales férricos	2.5
Inertes	2.9
Vidrio	7.6

Fuente: Departamento de Ecología Municipal (2017).

La composición de los residuos inicial para la planta incineradora es la que se detalla a continuación



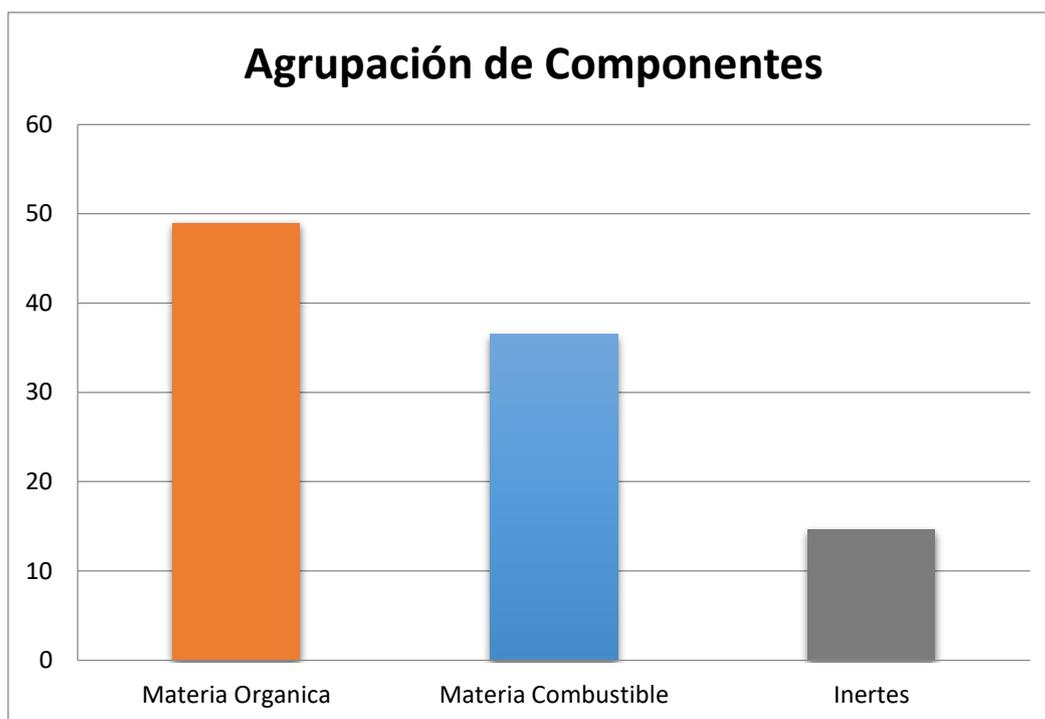
Gráfica 5. 1 Composición de los rsu en el municipio de Panotla, Tlaxcala
Fuente: Departamento de Ecología Municipal (2018).



Tabla 5. 2 Caracterización de los RSU por componentes.

MATERIA ORGÁNICA	48.9
MATERIA COMBUSTIBLE	36.5
INERTES	14.6

Fuente: Departamento de Ecología Municipal (2018).



Gráfica 5. 2 Caracterización de los RSU por componentes.

Fuente: Departamento de Ecología Municipal (2018).



EVALUACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Tabla 5. 3 Matriz Leopold

MATRIZ LEOPOLD					
INDICADOR		FASES DEL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS			
AMBIENTAL GENERICO	INDICADOR ESPECIFICO	GENERACIÓN	SEPARACIÓN	ALMACENAMIENTO	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE
CALIDAD DE AIRE	EMISIONES DE MALOS OLORES	X	X	X	
GEOMORFOLOGIA	DRENAJE				
	GENERACIÓN PROCESOS EROSIVOS				
SUELO	TEXTURA				
	CAMBIO EN USOS				
CALIDAD	S.S	X	X		
	G&A	X	X		
	LIXIVIADOS		X	X	
FLORA	COBERTURA VEGETAL				
FAUNA	ANIMALES TERRESTRES				
	AVES				
	MICROFAUNA				
CALIDAD VISUAL	FRAGILIDAD				
	CALIDAD PAISAJE	X	X	X	
CALIDAD DE VIDA	GENERACIÓN DE EMPLEO				X
SALUD	PROLIFERACIÓN DE VECTORES	X	X	X	

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la matriz, los impactos más relevantes se encuentran en la etapa de generación, separación y almacenamiento, en donde se presenta contaminación del aire por malos olores, contaminación del agua, impacto visual paisajístico negativo y el riesgo de generación de enfermedades. Pero todos estos impactos negativos, se pueden minimizar, aplicando en las etapas de generación, separación y almacenamiento; practicas efectivas que nos permite clasificar los residuos sólidos para un mejor aprovechamiento, transformación y tratamiento (producción de abonos orgánicos,



reciclaje, compost, biofertilizantes, etc.) con el fin de reducir el volumen de los residuos llevados al botadero

Para mayor explicación a continuación se presenta el análisis de significancia y calificación de impactos, donde se detalla y precisa la descripción del impacto ambiental generado por el inadecuado manejo de los residuos sólido en el relleno sanitario de Panotla Tlaxcala.

ANÁLISIS DE LA SIGNIFICANCIA Y CALIFICACIÓN DE IMPACTOS

La aplicación seguida a la matriz de Leopold; es la determinación de impactos; donde se establece la significancia de estos; producidos por el mal manejo de los residuos sólidos en el relleno sanitario de Panotla Tlaxcala (ver tabla 5.4)

Tabla 5. 4 Matriz de determinación de impactos

IMPACTO	I	EX	M.O	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	SIGNIFICANCIA
Contaminación por malos olores	24	8	4	1	2	4	4	4	2	2	55
Disminución de la calidad Visual	24	8	4	1	2	2	4	4	4	1	54
Contaminación del agua por sólidos suspendidos, grasas aceites	12	8	2	2	2	1	4	4	2	4	41
Calidad de la salud por proliferación de vectores	12	2	2	4	2	4	4	1	1	2	34

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la matriz de significancia, se priorizaron los impactos de acuerdo a la metodología estipulada. Esta va asociada a la matriz de calificación de impactos (ver tabla 5.5) que arrojo la significancia y el nivel del impacto; determinando así el siguiente análisis del impacto ambiental por componente, calidad y la descripción del mismo.

Tabla 5. 5 Calificación de impactos

IMPACTO	SIGNIFICANCIA	PUNTOS OBTENIDOS	COLOR
Contaminación por malos olores	ALTO	55	ROJO
Disminución de la calidad Visual	ALTO	54	ROJO
Contaminación del agua por sólidos suspendidos, grasas - aceites	MEDIO	41	AMARILLO
Calidad de la salud por proliferación de vectores	MEDIO	34	VERDE

Fuente: Elaboración propia

Como se observa los principales impactos que se generan en el relleno sanitario son los que tienen mayor puntuación con base al análisis de la matriz Leopold, como consiguiente es necesario retribuir con estos mediante una propuesta de eliminación o minimización de estos impactos que harán de la planta una mejor opción para su instalación.



CONCLUSIONES

- Mediante la investigación documental y el estudio de campo, estudio técnico y económico se logró conocer satisfactoriamente la caracterización de los residuos sólidos urbanos, así como también se logra el objetivo de la propuesta de la incineración de los residuos sólidos urbanos en el estado de Tlaxcala.
- Con base a la información presentada en esta investigación se puede dar cuenta que los residuos sólidos urbanos no solo son un problema actual que intriga a los mexicanos, es de suma importancia conocer los componentes, se lleva a cabo la clasificación de estos, y con esto darle el manejo adecuado sin que cause daños secundarios al ecosistema al ser desechados.
- Con base a los datos obtenidos de la matriz Leopold se evalúan los impactos de los rellenos sanitarios, con alta significancia se tiene los malos olores que es el principal descontento de los vecinos que viven cerca de los rellenos sanitarios, y como evaluación media se tiene a la contaminación del agua por sólidos suspendidos.
- Con los datos obtenidos en la investigación y en la comparación de la incineradora de residuos sólidos urbanos con celdas catalíticas, respecto a incineradoras convencionales españolas, en base a sus emisiones contaminantes se llega a la conclusión que por el lado ambiental se demuestra que si es rentable la incineradora.

Comprobación de Hipótesis

Debido a la falta de capacidad de los Rellenos Sanitarios para el confinamiento y control de los residuos sólidos urbanos es factible la implementación de una incineradora de Residuos Sólidos Urbanos en base a celdas catalíticas.

En comprobación con la hipótesis se determina que se aprueba debido que a la falta de capacidad de captación de los residuos sólidos urbanos convencionales a 1100 toneladas diarias es lo que puede hoy en día tratarse en relleno sanitario, mediante la implementación de la incineradora de residuos sólidos urbanos, se podrán captar las mismas 1100 toneladas diarias y más, debido a que estar en constante trabajo los 365 días del año para asegurar que los rellenos sanitarios queden inservibles y poder sacar provecho de los residuos para generar energía eléctrica.



GLOSARIO

Ácido Sulhídrico. O sulfuro de hidrógeno, es un ácido inorgánico de fórmula H_2S . Este gas, más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico y su olor es el de la materia orgánica en descomposición, como los huevos podridos. Con bases fuertes forma sales, los sulfuros.

Aminoácido. Ácido orgánico principal constituyente de todas las proteínas que forman el cuerpo, incluidas la piel y el cabello. Son indispensables para el organismo y tienen la propiedad de fijar el agua y ayudar al buen funcionamiento de la célula, aportándole la materia prima que necesitan.

Arena de Sílice. Es un compuesto resultante de la combinación del sílice con el oxígeno. Su composición química está formada por un átomo de sílice y dos átomos de Oxígeno.

Caliza. Roca sedimentaria formada principalmente por carbonato cálcico. Este material es soluble en agua ácida y caliente.

Capacidad de Campo. Es la cantidad de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad.

Carbonato Sódico. Es una sal blanca y translúcida de fórmula química Na_2CO_3 , usada entre otras cosas en la fabricación de jabón, vidrio y tintes.

Composta. Abono elaborado a partir de la descomposición de desechos orgánicos como residuos de cosecha, materiales de deshierbe, estiércoles, residuos domésticos, etc. Su finalidad es mejorar las condiciones físicas y la fertilidad del suelo.

Compostación. Proceso por el cual se produce mantillo a partir de restos vegetales y estiércol, en presencia de oxígeno.

Contenido Energético de los Residuos. Es la capacidad calorífica de los componentes de los residuos, importante a la hora de conocer cuál es la recuperación de energía que se pueda alcanzar con una determinada cantidad de residuo.

Corrosión. Es el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.

Deshalogenación. Es un proceso por medio del cual, se reduce el número de átomos de halógeno que se encuentra en una molécula orgánica.



Biodegradabilidad de los Componentes. Se entiende como la capacidad que tiene un compuesto para ser degradado en otros más sencillos mediante la actuación de microorganismos.

Dióxido de carbono (CO₂). Un gas natural presente en la atmósfera de la Tierra pero que también se produce por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles. El principal gas de efecto invernadero.

Ecotoxina: son sustancias producidas por la actividad humana y especialmente la actividad industrial, que al ser emitidas al ambiente provocan un riesgo potencial o un daño dentro del ecosistema. Pueden tener un efecto dañino inmediato (letal) o mediato (crónico) en las especies que habitan ese medio.

Ecotoxicidad: Son los efectos adversos totales en lo viviente, producidos por una Ecotoxina actuando de modo continuo durante un período considerable.

Escorias: son un subproducto de la fundición de la mena para purificar los metales.

Féculas. Hidratos de carbono que poseen sustancias de reserva que se encuentran en las semillas de tubérculos y raíces de plantas.

Fluidizados: es un proceso por el cual una corriente ascendente de fluido (líquido, gas o ambos) se utiliza para suspender partículas sólidas. Desde un punto de vista macroscópico, la fase sólida (o fase dispersa) se comporta como un fluido, de ahí el origen del término "fluidización".

Hemicelulosa. Elemento que forma parte de la pared celular de la celulosa. Es una cadena de glucosa más corta que la celulosa.

Hidrocarburo . Compuesto químico orgánico formado por hidrógeno y carbono en cualquiera de sus fases, líquida, sólida o gaseosa.

Humedad. Es la condición del aire con respecto a la cantidad de vapor de agua que contiene.

Incineración. Es la combustión completa de la materia orgánica hasta su conversión en cenizas, usada sobre todo en el tratamiento de basuras.

Inflamabilidad: capacidad de un residuo de inflamarse bajo ciertas condiciones o de combustionarse espontáneamente.



Lignina. Polímero fenólico que crece en las tres dimensiones. Impregna de forma más o menos intensa la pared celular de muchas células vegetales confiriéndoles una alta resistencia mecánica a la compresión es la responsable de la dureza de la madera y de otras estructuras duras como la cáscara de la almendra.

Líquido percolado. Líquido producido fundamentalmente por la precipitación pluvial que se infiltra a través del material de cobertura y atraviesa las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes.

Lixiviación. O extracción sólido-líquido, es un proceso en el que un disolvente líquido se pone en contacto con un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno de los componentes del sólido.

Mercaptano. Compuesto químico de olor pútrido muy desagradable que se produce en vinos con alto contenido en sulfuroso al reaccionar éste con el alcohol etílico.

Metales Ferrosos. Son aquellos que están basados en el hierro, entre los de mayor importancia son el hierro y el carbono. Estas aleaciones se dividen en dos grupos: los aceros y las fundiciones de hierro.

Metano. Es el hidrocarburo más simple, producto de la descomposición anaeróbica. Componente, entre otros, del gas natural y del biogás. Es junto con el dióxido de carbono y los óxidos de nitrógeno el principal causante del efecto invernadero. Fórmula CH_4 .

Mutagénico: Una sustancia o agente físico que causa mutaciones, es decir, que altera de forma permanente el ADN de las células.

Organismos aerobios o aeróbicos. Son los organismos que necesitan del oxígeno diatómico para vivir o poder desarrollarse.

Organismos anaerobios o anaeróbicos son los que no utilizan oxígeno (O_2) en su metabolismo, más exactamente que el aceptor final de electrones es otra sustancia diferente del oxígeno.

Permeabilidad. Es la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

Peso Específico. Se define como el peso de un material por unidad de volumen y se le denomina también densidad.



Peste bubónica: La peste bubónica es una enfermedad infecciosa aguda extremadamente rara y su nombre procede de la palabra latina bubón que significa ingle.

Se trata de una zoonosis (enfermedad que afecta particularmente a los animales, y que puede ser transmisible al hombre) de la que aún se producen brotes en regiones donde las condiciones de la vivienda y de higiene son deficientes.

Pluviosidad: Cantidad de lluvia que recibe un sitio en un periodo determinado de tiempo.

Polietileno. Químicamente se trata de un polímero de etileno ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$), que se obtiene industrialmente por tratarse de un plástico con numerosas aplicaciones, por ejemplo, para envases (polietileno alimentario).

Polímero. Compuesto químico que se forma por la unión de varias moléculas idénticas (subunidades de la misma sustancia); es el resultado de un proceso de polimerización. Por ejemplo, el glucógeno y el almidón son polímeros de la glucosa.

Poliuretano. Sustancia orgánica obtenida por síntesis química. Se trata de un producto utilizado para fabricar distintos tipos de fibras sintéticas, plásticos, etc. y con numerosas aplicaciones industriales.

Prerrecogida. Es toda manipulación de residuos, separación, almacenamiento y procesamiento en origen, destinadas a agrupar los residuos sólidos urbanos modificando a veces alguna de sus características físicas: volumen, humedad, tamaño, etc., para facilitar su recogida.

Punto de Fusión de la Ceniza. Es la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos se transforma en sólidos (escoria) por la fusión y la aglomeración.

Reactividad: potencial de las sustancias para reaccionar químicamente liberando energía y/o compuestos nocivos ya sea por descomposición o por combinación con otras sustancias ya sea por descomposición o por combinación con otras sustancias

Relleno Sanitario. Es el sitio donde se coloca la basura para su compactación y enterramiento de manera que sea posible el control de las sustancias y gases originados por los mismos elementos desechados.



Residuo Sólido. Se define como cualquier objeto o material de desecho que se produce tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que se abandona después de ser utilizado.

Residuos Inertes. Se consideran residuos inertes todos los materiales de desecho procedentes de la construcción, por lo que a dichos vertederos también se les denomina escombreras.

Residuos Inorgánicos. Son los que por sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta.

Residuos Mutagénicos. Sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.

Residuos Orgánicos. Son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica.

Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Son los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques.

Residuos Teratogénicos. Sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea que pueda inducir lesiones en el feto durante el desarrollo intrauterino.

Segregación: hace referencia apartar, separar a alguien de algo o una cosa de otra.

Sílice. - Compuesto por un 53,3% de oxígeno y un 46,7% de silicio. Ocurre naturalmente en cinco formas cristalinas, de las cuales la más común es el cuarzo y, también microcristalinas, tales como el vidrio, ópalo y calcedonia. Se utiliza en la fundición para captar el hierro en la mezcla fundida de manera de ser retirado en la forma de escoria y permitir la purificación del cobre.

Sólidos Volátiles. Los sólidos que pasan a gas en el proceso de calcinación de los sólidos totales.

Toxicidad. Es una medida usada para medir el grado tóxico o venenoso de algunos elementos.



REFERENCIAS

(S.f.).

Alejandro martínez, p. M. (2010). La gestión de residuos sólidos urbanos. Tres recursos metodológicos para su análisis. *Tlatemoani revista académica de investigación*, pages: 4-10.

América, e. E. (12 de octubre de 2014). Se inaugura la planta mas grande del país. *Confidencial colombia*. Obtenido de <http://confidencialcolombia.com/es/1/economia/14279/se-inaugura-la-planta-de-incineraci%c3%b3n-m%c3%a1s-grande-del-pa%c3%ads-planta--incineracion--colombia--tecniamsa-desarrollo-sostenible.htm>

Aponte puerto, j. (2015). Diseño e implementación de estrategias de educación ambiental para la gestión integral de los residuos sólidos. *Universidad militar nueva granada*.

Asociación para la defensa del medio ambiente y de la naturaleza. (03 de 17 de 2015). <Http://www.adan.org.ve/glosarioambiental.php#r>. Obtenido de <http://www.adan.org.ve/glosarioambiental.php#r>: <http://www.adan.org.ve/contactos.php>

Astarloa, i. (17 de julio de 2016). Noticias de gipuzkoa. *Europa asume con normalidad la presencia de incineradoras en las ciudades*. Obtenido de <http://www.noticiasdegipuzkoa.com/2016/07/17/sociedad/europa-asume-con-normalidad-la-presencia-de-incineradoras-en-las-ciudades>

Atencio pérez, r. M., reyes-lópez, j. A., & guevara-garcía, j. A. (2013). Evaluación de riesgo ambiental en un tiradero con quema de basura. *Revista internacional de contaminación ambiental*, pp. 107-117 .

Bernache, p. G. (2011). *Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. México: cieras.

Bernache, p. G. (2011). *Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. México: cieras.

Bernache, p. G. (2014). *Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental. Publicaciones de la casa chata*. México: cieras.

Berrocal rod guez, w. (2015). Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios bio-contaminados.

Bravo,  . S. (2013). *Justicia y medio ambiente*. España: punto rojo. Recuperado el 23 de abril de 2017, de <https://books.google.com.mx/books?id=x5ufbqaaqbaj&pg=pp32&dq=libros+medio+ambiente+2013&hl=es-419&sa=x&ved=0ahukewipor2-llztahus2imkhxuhbrgq6aeiktab#v=onepage&q=libros%20medio%20ambiente%202013&f=false>

Cabrera, e. (2017). *Disminuye en tlaxcala la disposición final de residuos sólidos: cge*. Tlaxcala. Recuperado el 08 de mayo de 2017, de <http://gentetlx.com.mx/2013/02/17/disminuye-en-tlaxcala-la-disposicion-final-de-residuos-solidos-cge/>



- Castell, x. E. (2012). *Clasificación y gestión de residuos*. Madrid: diaz de santos. Recuperado el 23 de abril de 2017, de https://books.google.com.mx/books?id=eniftukzxx8c&printsec=frontcover&dq=clasificacion+y+gestion+de+residuos+xavier+elias&hl=es-419&sa=x&ved=0ahukewjx5zi50bntahub_2mkhvijdtiq6aeijaa#v=onepage&q=clasificacion%20y%20gestion%20de%20residuos%20xavier%20elias
- Castrillón quintana, o., & puerta echeverri, s. M. (2004). Impacto del manejo integral de los residuos sólidos. *Lasallista de investigación*, pp. 15-21.
- Castro perdomo, n. A., & rajadel acosta, o. N. (2010). Sistema para el cálculo de la efectividad y la eficiencia del proceso de integración de la gestión de la ciencia, la innovación tecnológica y el medio ambiente a escala territorial ciencia y sociedad. *Instituto tecnológico de santo domingo santo domingo, república dominicana*, pp. 386-406.
- Cisneros, b. E. (23 de abril de 2017). La contaminación ambiental en México, causas efectos y tecnología apropiada. 453. Obtenido de https://books.google.com.mx/books?id=8mvxlyjgokic&pg=pa453&dq=residuos+solidos+urbanos+en+mexico&hl=es&sa=x&redir_esc=y#v=onepage&q=residuos%20solidos%20urbanos%20en%20mexico&f=false
- Colomer, & gallardo. (s.f.). *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. 2017: limusa sa de cv.
- Colomer, f. G. (2017). Los residuos sólidos en las titulaciones técnicas . *Simposio iberoamericano de ingeniería de residuos ingeniería de residuos ingeniería de residuos* , 1-12.
- Cortázar dueñas, m. (2015). Estudio comparativo de tecnologías comerciales de valorización de residuos sólidos urbanos.
- Diario oficial de la federacion. (04 de agosto de 2015). Nom-083-semarnat-2003 especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. México d.f, cuauhtemoc, México. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5402726&fecha=04/08/2015
- Édgar ricardo oviedo-ocaña, l. F.-r.-l. (2011). Intervenciones priorizadas en plantas de manejo de residuos sólidos mediante la aplicación del análisis estructural. *Ingeniería y universidad*, pages: 125-144.
- Edward valdez rodríguez, m. G. (2010). Impacto ambiental de los residuos sólidos domésticos de las floristerías del cementerio miraflores en el distrito de trujillo. *Quetzal sac*.
- Elías, x. (2012). Reciclaje de residuos industriales: residuos solidos urbanos y fangos de depuradora. Pages: 1320.
- Eraikina, o. (18 de julio de 2016). Noticias. *Gestión de residuos de gipuzkoa*. Obtenido de <http://www.ghk.eus/normalidad-en-la-convivencia-entre-europa-y-las-incineradoras-.htm>
- Escobar, j. P., & silva, j. L. (abril de 2015a). Análisis de estadísticas del inegi sobre residuos sólidos urbanos. *Inegi*, 6(1), 18. Recuperado el 27 de abril de 2017



- Escobar, j. P., & silva, j. L. (2015b). Análisis de estadísticas del inegi sobre residuos sólidos urbanos. *Inegi*, 20.
- Escobar, j. P., & silva, j. L. (2015c). Análisis de estadísticas del inegi sobre residuos sólidos urbanos. *Inegi*, 25-33.
- Escuela de ingeniería de antioquia, m. (. (2005). Dioxinas y furanos. *Eia*, 83-94.
- Espino urrunaga, r. C., gonzález lópez, m. L., & viladegut hilares, r. D. (2015). Estudio de viabilidad sobre la implementación de una planta de incineración para la destrucción de residuos sólidos generados por empresas farmacéuticas. *Asociación de laboratorios farmacéuticos del Perú*.
- Fernández, a. I. (13 de febrero de 2015). Problemática, clasificación y gestión de los residuos sólidos urbanos. *Agri-nova science*, págs. 1-10. Obtenido de http://www.infoagro.com/documentos/problemativa__clasificacion_y_gestion_residuos_solidos_urbanos.asp
- Gaggero, e., & ordoñez, m. (2013a). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos*. Buenos aires: buenos aires la provincia.
- Gaggero, e., & ordoñez, m. (2013b). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos*. Buenos aires: buenos aires la provincia.
- García calderón, a. J. (2015). Estudio de la gestión ambiental del relleno sanitario "el guayabal" cúcuta-norte de santander.
- García valerio, a. (2015). Programa de prevención y manejo integral de residuos sólidos urbanos para el municipio de almoloya de Juárez, estado de México.
- García, a. C., José, a. G., m.^a cristina, g. F., & m.^a dolores, l. H. (2011). Mejores técnicas disponibles de referencia europea. *Serie prevención y control integrados de la contaminación (ippc)*, 1-11.
- Gil vega, l. (2015). Plan de viabilidad de obtención de combustibles a partir de residuos de biomasa.
- Greenpeace. (s.f.), (pág. [Http://greenpeace.org.com](http://greenpeace.org.com)).
- Greenpeace. (s.f.). Plan de basura cero.
- Gusman lopez, s., salazar alzate, w. A., & mesa, f. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos en el municipio de pereira. *Scientia et technica*, vol. Xii, pp. 411-414.
- Inegi. (09 de diciembre de 2014). Inegi. 19. Obtenido de inegi: http://www.inegi.org.mx/rde/rde_14/rde_14_art2.html
- J.d, b. (2012). *La gestión de los residuos sólidos urbanos, situación actual y perspectivas futuras*. Galeana.
- J.d, b. (s.f.). *La gestión de los residuos urbanos: situación actual y perspectivas futuras*. Sogoma (sociedad galeda de medio ambiente).
- Jiménez, m. N. (2015). "la gestión de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad". *Revista latinoamericana de estudios ambientales*, 29-56.
- Ley de ecología tlaxcala. (2013). *Reglamento de la ley de ecología y de protección al medio ambiente, en materia de residuos no peligrosos*.



- Lpggir. (2015). Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos.
- Llopis, a. J. (2017). *Tipología de sistemas de recogida de residuos sólidos municipales en europa según niveles de desarrollo (maestria)*. Universidad politécnica de catalunya. Recuperado el 2017
- Loyola, m. D. (23 de abril de 2006). *Ecología y medio ambiente*. México: progreso s.a de c.v. recuperado el 23 de abril de 2017, de https://books.google.com.mx/books?id=knorbysrddmc&printsec=frontcover&dq=medio+ambiente&hl=es-419&sa=x&redir_esc=y#v=onepage&q=medio%20ambiente&f=false
- Luis f. Marmolejo, p. T. (2011). Análisis del funcionamiento de plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del valle del cauca, colombia. *Revista eia* , pages: 163-174.
- Mejía miranda, p. A. (2015). Propuesta de un plan integral para el manejo de los residuos sólidos.
- Modificacion nom-083-semarnat-2013. (2015). *Diario oficial de la federacion*.
- Municipales, r. S. (2012). L de. *Cuarto municipales*, informe, nacionao residuos.
- N alba, e. V. (s.f.). Estabilización/solidificación de residuos de incineración de rsu en matrices de cemento. Durabilidad frente a la carbonatación. *Cemento-hormigón* , pages: 4-20.
- Naciones unidas sobre el medio ambiente y desarrollo. (1992). Declaración de río sobre el medio ambiente y el desarrollo. *La conferencia de las naciones unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo*, (pág. 256). Río de janeiro.
- Nom-083-semarnat-2003. (2004). *Diario oficial de la federacion*. Mexico.
- Noriega, p. (2016). Características físicas de los residuos sólidos urbanos. 132-151.
- Núñez guerrero, r. D. (2015). El manejo de desechos sólidos en el gad cevallos y la ordenanza municipal.
- Nuria alba, e. V. (2012). Estabilización/solidificación (e/s) de residuos de incineración de residuos sólidos urbanos (rsu) con cemento de aluminato de calcio (cac/r). *Cementohormigón*, pages: 4-17.
- Orea, d. G., & gómez villarino, m. T. (2013). *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: mundi-prensa. Recuperado el 23 de abril de 2017, de <https://books.google.com.mx/books?id=9vouawaaqbaj&printsec=frontcover&dq=libros+medio+ambiente+2013&hl=es-419&sa=x&ved=0ahukewipor2-llztahus2imkxuhbrgq6aeijjaa#v=onepage&q=libros%20medio%20ambiente%202013&f=false>
- Procuradurtia ambiental y el ordenamiento territorial del df. (2013). *Diágnostico actual del flujo de residuos sólidos urbanos que se genera en el distrito federal*. México df.
- Puerta echeverri, s. M. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Lasallista de investigación*, vol. 1, pp. 56-65.
- Roberto, h. S. (2014). *Metodología de la investigación*. México: mcgrawhill.
- Rosas domínguez, a., peña luna, a., ramos rodríguez, g., izumikawa, c., aguilar, g., velasco trejo, j., . . . Salgado figueroa, p. (2003). Evaluación de la incineración



- de residuos peligrosos gaceta ecológica. *Secretaría de medio ambiente y recursos naturales distrito federal*, pp. 27-40.
- Saenz, a., & urdaneta, j. (2014). Manejo de residuos sólidos urbanos en america latina y el caribe. *Redalyc.org*, 1-3.
- Sanchez, nuñez, j. M., velázquez, serna, j., serrano, flores, m. E., . . . Rodriguez, r. (03 de diciembre de 2009). Criterios ambientales y geológicos básicos para la propuesta de un relleno sanitario en zinapécuaro,. 61. Zinapécuaro, michoacán, michoacán. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/943/94317423002.pdf>
- Semarnat. (31 de octubre de 2014). *Dirección general de fomento ambiental urbano y turístico*. Obtenido de semarnat: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos-solidos-urbanos>
- Semarnat. (s.f.). Secretaria de medio ambiente y recursos naturales.
- Silva, j. T., estrada, f., ochoa, s., & cruz, g. P. (2006). Metodológica para la ubicación de áreas de disposición de residuos sólidos urbanos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, pp. 147-156.
- Verdugo, r. A. (2009). Reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos urbanos; licenciatura. *Instituto politécnico nacional*.
- Vidal-salazar, m. D., cordón-pozo, e., & ferrón-vílchez. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta ecológica*, pp. 39-51.
- Vidal-salazar, m. D., cordón-pozo, e., & ferrón-vílchez. (2011). Vera efectividad del coaching en los procesos de mejora de gestión de empresas. *Universia business review*, pp. 82-101.



ANEXOS



DISEÑO DEL INCINERADOR DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

RECEPCIÓN Y DESCARGA DE RESIDUOS

Para el diseño del área de recepción y descarga de residuos es fundamental tener en cuenta la seguridad de la maniobra. Del mismo modo, se valorará la posibilidad de reducir al máximo el posible impacto visual que pueda derivarse del proceso de suelta de residuos en la planta.

La descarga de los residuos se realiza sobre nave cubierta en cuyo interior se encuentran las puertas de descarga al foso de residuos.

La maniobra de las puertas de la nave se realiza de modo automático en función de las maniobras de los vehículos por medio de luces de señalización y los dispositivos de seguridad. Dichos dispositivos tienen como finalidad orientar al conductor sobre la zona apropiada de descarga para conseguir un reparto uniforme y homogéneo de los residuos.

Las puertas permanecerán cerradas en ausencia de vehículos.

FOSO DE ALMACENAMIENTO

La descarga de residuos desde los vehículos se realiza por gravedad sobre foso de hormigón con capacidad mínima de tres días de producción.

La dimensión de almacenamiento del foso será de 1200 m³ para una densidad de basura en su interior.

En el foso se almacenarán la totalidad de los residuos. Los que sean más voluminosos se someterán previamente a un proceso de trituración con el objetivo de que no dañen ni obturen las tolvas de alimentación a las parrillas, y de que la combustión en ellas se haga del modo más homogéneo posible.

La recepción de los residuos voluminosos se realizará en una fosa destinada a la trituración a la que los vehículos tendrán acceso y que se situará junto al foso principal. Después de pasar por la fase de trituración, los residuos resultantes pasarán al foso principal a través de una compuerta controlada desde la cabina de control.

Para la eliminación de los lixiviados generados por los residuos durante su almacenamiento, se dispondrá de un sistema de drenaje basado en bombas sumergidas.

DESTROZADOR DE ELEMENTOS VOLUMINOSOS

Se trata de una fase previa al almacenamiento por la que deberán pasar aquellos elementos cuyo tamaño conviene reducir.



Aquellos residuos compactos, así como los de la gran industria, tienen una composición altamente heterogénea y es común que parte de dichos residuos sean no triturables.

La alimentación del material se realiza desde el vehículo hacia el dispositivo de arrastre que ayuda al avance del material colocado antes de los rodillos destrozadores. La alimentación de dichos rodillos no debe superar los 10m^3 para garantizar que todo el material triturable pase por esta fase previa.

Los rodillos han de estar suficientemente dimensionados y equipados con dispositivo de inversión de marcha, tras sucesivas inversiones de marcha, se produce un aviso de fallo, de este modo se localizan las piezas no triturables que se enviarán a un contenedor con ayuda de una grúa basculante.

El material triturado se envía directamente al foso de residuos.

Los rodillos funcionan por medio de bombas de alta presión que transmiten el momento de giro necesario por medio de motores hidráulicos apropiados.

Es posible regular la capacidad de corte de los elementos destrozadores mediante un regulador de potencia. En el momento en que elementos de alta densidad alcanzan los rodillos, la velocidad de rotación se reduce, al mismo tiempo que el par transmitido aumenta de manera proporcional, manteniendo de tal modo la potencia del motor hidráulico empleado.

Una vez que se alcanzan las inversiones de marcha predeterminadas, lo que supondría que el elemento voluminoso no ha sido totalmente reducido, ocurriría la parada de la instalación, obligando a que personal de la planta realizase una revisión. Se retirará el material no triturable.

PUENTE GRÚA Y PULPOS

El foso dispone de dos puentes grúa, cada una de las cuales puede cubrir el área total de foso y las dos tolvas que alimentan los incineradores. Ambas grúas van equipadas con dos pulpos de 10 m^3 y son capaces cada uno de mantener la alimentación requerida por dos incineradores si fuera necesario.

Las grúas tienen las siguientes funciones principales:

- Proporcionar una alimentación controlada a los dos incineradores
- Distribuir la basura dentro del foso



- Mezclar la basura para conseguir un comestible lo más homogéneo posible.

La tolva sobre la que el pulpo debe descargar se establece de manera semiautomática, de modo que la elevación del pulpo, su traslación al eje de la tolva, la apertura de la pinza y el regreso al eje del foso se realizarán de modo automático. Las operaciones manuales corresponden a la elección de la tolva de descarga, la bajada del pulpo escogido hasta el foso, el cierre del mismo y su retorno al foso tras la fase automática.

El momento adecuado de carga de las tolvas de alimentación del horno, lo determinan los operadores de grúa a través de un circuito de TV. Dicha alimentación condiciona los parámetros de la combustión.

TOLVA DE ALIMENTACIÓN DE RESIDUOS

La alimentación de combustible se realiza desde un conducto situado bajo la tolva de alimentación.

La instalación consta de:

- Tolva de carga y conducto superior, construidos con chapas de acero de 6.5mm de espesor.
- Los apoyos y refuerzos con perfiles de acero.
- La tolva de carga está cubierta con placas de desgaste.
- Conducto refrigerado por agua circulante sin presión, incluidas las nervaduras internas para desviación del agua de refrigeración.
- Conducto de carga con escalón desde la mesa de alimentación hasta la parrilla, equipado con planchas de segmentos fundidos.
- Trampilla de bloqueo fabricada en chapa de acero de 8mm de espesor con nervaduras de refuerzo, ejes y pernos.
- Varillaje de accionamiento para las trampillas con conexiones para los cilindros hidráulicos.
- Dos dispositivos de supervisión de nivel de llenado para el conducto de agua.
- Dos empujadores construidos de perfiles, con revestimiento de chapa de acero y placas de fundición gris.

Datos técnicos del sistema de alimentación del combustible



- Dimensiones de la abertura: 6,5 x 6,5 metros.
- Inclinación de las paredes de la tolva en la ceniza de la caldera: 50 / 40°.
- Transversalmente a la ceniza de la caldera: 40 / 40 °.
- Construcción de acero: IPN ángulos y pletinas.
- Accionamientos / Cilindros hidráulicos: 2 Uds.
- Empujadores: 2 Uds.
- Posición del montaje: Horizontal.

HORNO INCINERADOR

Se usará una parrilla de rodillos para la incineración de los residuos.

La parrilla de incineración de residuos está formada por 6 rodillos cilíndricos conectados uno tras otro y dispuestos en escalones. Las superficies de la parrilla están adecuadas a la capacidad de carga de residuos. Los rodillos de la parrilla se colocan con una inclinación de 20° respecto a la horizontal. Las ranuras libres entre rodillos permiten un paso axial sin obstrucciones del aire de combustión sobre las diferentes zonas de recepción de aire en la parrilla.

La limitación lateral de la parrilla se compone de una carcasa de chapa de acero en la cual están integrados los rodamientos exteriores de los rodillos. Hay racores de engrase centrados que alimentan de grasa los rodamientos de la disposición de rodillos. El engrase es manual. En sentido longitudinal, los rodillos se separan mediante soportes brochados, que al mismo tiempo dividen la parrilla.

En la zona ocupada por los dos primeros rodillos, el residuo se calienta y en parte se desgasifica, mientras que la combustión principal se produce en los rodillos tercero y cuarto. Los dos últimos sirven para la combustión definitiva. Desde el último de ellos, se expulsan los residuos de la incineración al extractor de escorias y se extraen enfriados.

Cada uno de los rodillos es accionado por un motor con frecuencia regulada de 1:20, gracias a los cuales se garantiza la adaptación a las diferentes calidades de residuo.

El transporte de material entre rodillos provoca una interacción entre el peso de los residuos y el coeficiente de fricción de los rodillos. Desde el punto de vista del flujo de



masa, hay que resaltar que los residuos se van estratificando y acumulando antes de pasar al rodillo siguiente, provocando una mayor mezcla de los mismos.

DATOS TÉCNICOS DE LA PARRILLA DE INCINERACIÓN

- Cantidad: 2 unidades.
- Cantidad nominal de aire: 133.133,495 m³/h.
- Exceso de aire con carga nominal: 1.8.
- Longitud de la parrilla desarrolladora: 12.5.
- Anchura de la parrilla: 3.2 m.
- Superficie eficaz de la parrilla: 40 2 m.
- Angulo de rampa de la parrilla: 20°.
- Carga mecánica de la parrilla: 250 Kg /mh.
- Carga térmica de la parrilla: 580 Kw m².

1. Combustión en co-corriente

El hogar por encima de la parrilla está realizado para que la combustión se produzca de modo paralelo o en co-corriente. La finalidad de éste tipo de combustión paralela entre los gases de escape y el lecho de los residuos es la eliminación en el lado primario de materia orgánica nociva y no después, en los gases de combustión. Se pretende del mismo modo una combustión lo más amplia y eficaz posible de la materia sólida y ceniza volante.

Es fundamental para lograr dichos objetivos, alcanzar temperaturas suficientemente altas, largos tiempos de residencia en el hogar y alta turbulencia en la fase de gas. Para ello, el aire necesario para la incineración es aspirado y se inyecta en las zonas de combustión como aire primario y secundario. El aire primario pasa a través de la parrilla de rodillos al lecho de combustión. Por el contrario, la inyección del aire secundario tiene lugar por encima del lecho, de tal forma que se obtiene una buena mezcla de todos los componentes combustibles del gas así como un buen nivel de combustión.

La combustión en forma de co-corriente origina, además, que las llamas sean conducidas a través de todo el lecho de combustión, exponiendo al material a incinerar a una radiación intensiva de temperatura. Los componentes combustibles con fundidos por el calor, y la escoria ya completamente quemada es sometida a la inertización final.



2. Tolva de recogida de la parrilla y recipiente para recogida de escoria

Para una extracción automática de la ceniza, por debajo de la parrilla de rodillos se han previsto 6 tolvas d con recogida de la parrilla en forma de tolvas dobles.

El sistema de transporte del material caído de la parrilla está constituido por 2 transportadores por cadena en canalón por debajo de la tolva recolectora del material caído.

Cada transportador por cadena en canalón tiene un nivel de agua, así como una bandeja de chapa reforzada en forma de U con una tapa atornillada. Como órgano de tracción se utiliza una cadena de eslabones altamente resistente al desgaste.

El transportador por cadena en canalón se utiliza como transportador rascador.

Como accionamiento por cadena en canalón se utiliza un motor reductor con transmisión primaria.

Además, las diferentes secciones de paso de la parrilla se separan entre sí de forma estanca con chapas de compuerta en el transportador por cadena en canalón, que puede moverse desde el exterior.

Para una extracción automática de las escorias entre el punto de salida de la parrilla y el desescoriador de presión, se ha previsto un recipiente para la caída de escorias con tolva de recogida de escorias.

3. Empujador por émbolo de presión con tolva pantalón alterna

El empujador por émbolo de presión está formado por una carcasa de chapa de acero soldada con refuerzos.

La bandeja interior está configurada como un círculo que llega hasta el desescoriador delantero y sobresale de la superficie del agua, y hacia el lado de la salida desemboca en una lanzadera de salida dispuesta en sentido ascendente.

Datos técnicos:

Cantidad total: 4 unidades

Cantidad por línea: 2 unidades.

Estación hidráulica para desescoriador por empujador de émbolo de presión y tolva pantalón alterna



Las estaciones hidráulicas se suelen disponer cerca de la instalación de parrilla y están dimensionadas en cada caso para las siguientes funciones:

- Accionamiento del motor del empujador por émbolo de presión.
- Accionamiento de la trampilla de inversión de la tolva pantalón alterna.

CALDERA

Al dimensionar y diseñar la caldera de vapor debe tenerse en cuenta los requisitos especiales que surgen en relación con la combustión de los residuos.

En primer lugar, ha de preverse la configuración del hogar principal y del hogar posterior, ya que éste último influye en la calidad de la combustión en combinación con la recirculación del humo de incineración. En segundo lugar, se tendrá en cuenta la extracción de partículas del lecho de combustible.

Con ello se plantea la necesidad de un tiempo de permanencia suficiente de los gases de combustión en un nivel de temperatura que los prepare para la combustión posterior, de modo que se impida una combustión incompleta de partículas incandescentes y, con ello, formación de CO.

Otros factores que influyen en el diseño de la caldera son:

- Temperatura de gases y vapor.
- Permanencia de los gases durante 2 segundos a 850° C.
- Velocidad del gas de combustión (puede originar problemas de erosión).
- Situación de la superficie calefactora (puede originar problemas de corrosión).
- Geometría de la superficie calefactora (puede originar problemas de ensuciamiento).
- Dispositivo de limpieza.

Teniendo en cuenta los criterios arriba indicados, la caldera de vapor forma una unidad con el hogar de la parrilla, de modo que se consigue un aprovechamiento óptimo del calor que libera la combustión de los residuos.

El concepto básico es una caldera de vapor de circulación natural del tipo de tiro horizontal.



La realización de la exigencia de un tiempo de permanencia prolongado debe tenerse en cuenta en la altura del recinto de proyección del primer tiro y en una velocidad más baja del gas de combustión.

La distribución de las superficies calefactoras convencionales en el tiro horizontal es la siguiente:

- Haz de evaporadores.
- Sobrecalentador final (co-corriente).
- Sobrecalentador previo (contracorriente).
- Evaporador.
- Economizador.

Antes del Sobrecalentador final se instala un haz protector de evaporadores, gracias al cual la temperatura del gas de combustión se limita a menos de 650° C antes de entrar en dicho sobrecalentador. Todas las superficies calefactoras están alineadas.

Debido a la configuración de la transición entre la salida de la caldera y la limpieza del gas de escape, que favorece el flujo, se evitan zonas con altas turbulencias de los gases de escape, lo que reducirá el ruido considerablemente.

1. Descripción técnica de la caldera de vapor

Antes del flujo horizontal de gases de escape con superficies calefactoras convencionales se ha dispuesto un tiro de flujo vertical.

Sobre el sistema de parrillas se dispondrá de la caldera de tubos de agua, los tiros de proyección y los evaporadores de contacto están conectados en circulación natural, un sistema separado de tubos de caída alimenta con agua los tubos hervidores a través de los distribuidores inferiores.

La mezcla de agua y vapor que se forma por la absorción de calor procedente de la combustión de residuos se separa en el calderín. El agua separada del vapor retorna a los distribuidores inferiores a través de un sistema de tubos de caída: “Drown Corners”

2. Construcción

La caldera se fabricará a medida satisfaciendo los requisitos de producción, presión, características del combustible y condiciones de instalación.



Todas las paredes perimetrales de los tiros de proyección se han fabricado con uniones de tubo-alma-tubo soldada y estanca al gas.

Las paredes del hogar tienen la siguiente estructura:

- Paredes tubulares estancas al gas en la zona anterior al techo, así como en las paredes laterales en la zona de entrada de residuos.
- Pared posterior de mampostería hecha con ladrillos refractarios.
- Paredes de mampostería en la entrada de residuos.

La parte inferior del tiro de proyección o de la cámara de combustión, junto con los techos y paredes laterales, constituye el hogar. Las paredes laterales del primer tiro, así como el resto de paredes exteriores, están constituidas por tubos de caldera que llevan agua, en parte como pared de membrana hasta el gas, que llegan hasta la parrilla. En la zona de la parrilla están cubiertos con losas de refractario, que sirven de protección contra el desgaste. Las paredes de los tubos en la cámara de combustión y en el primer tiro de proyección inferior están protegidas contra el desgaste y la corrosión por medio de materiales de revestimiento de diferentes calidades. En la zona inferior, las paredes tienen una estructura de tubo en losas de refractario talladas.

Las paredes laterales y la zona del techo de tiro horizontal para gas de combustión, entre la pared posterior del primer tiro y el compensador ante las superficies calefactoras economizadoras, están configuradas como unión de tubo alma.

El techo en la zona de las superficies del evaporador y del Sobrecalentador lleva un recubrimiento de paneles de chapa que se refuerza en función de los requisitos de la estática y que se sujeta de forma adecuada en los tubos de las paredes laterales.

EL conducto horizontal para gas de combustión entre los dos compensadores, antes y después de las superficies calefactoras economizadoras, se realiza como carcasa de chapa con los refuerzos necesarios, y se cuelga en la zona del haz de superficies calefactoras como pieza en forma de caja.

3. Recorrido del gas de combustión

Desde la parte de radiación, los gases de combustión llegan al sistema de convección horizontal, el primer grupo de superficies calefactoras del sistema de convección es el evaporador I. A éste le siguen los sobrecalentadores III, II y I



(Por este orden), el evaporado II y los economizadores II y I.

Bajo los paquetes de superficies calefactoras antes mencionadas se han dispuesto tolvas de chapa (mencionadas en el dimensionamiento), para recoger la ceniza volante que cae de dichas superficies al golpear los tubos.

Por debajo de las tolvas descritas se han instalado sistemas de tornillos sin fin para la extracción de la ceniza volante.

4. Recorrido del agua y del vapor

El agua de alimentación calentada a 130° C, se lleva a través de la válvula reguladora de agua de alimentación al economizador en función de la potencia de la caldera. Tras pasar por la malla de tubos economizadores y tras su calentamiento hasta aproximadamente 228° C, el agua se envía al calderín de la caldera.

Al comienzo ya se describieron las condiciones de flujo en la zona de circulación natural (cámara de proyección y evaporador de contacto).

El vapor saturado se extrae a través de tubos de salida distribuidos a todo lo largo del calderín y se envía a un recolector de vapor saturado, dentro del calderín tenemos un “demister” colocado ante el tubo de extracción para conseguir la pureza exigida del vapor, desde el colector de vapor saturado, dicho vapor llega a las etapas de sobrecalentamiento I, II y III. Entre las etapas de sobrecalentamiento están colocados los refrigeradores de inyección de vapor caliente, que se ocupan de que la temperatura de salida del vapor caliente no sobrepase los 415° C.

El vapor sobrecalentado final se lleva a la unidad de consumo a través del colector de salida del sobrecalentador III y de conductor de vapor caliente que sigue a continuación.

5. Equipamiento de la caldera de vapor

En el calderín de la caldera y en el conducto de salida del vapor caliente hay en cada caso una válvula de seguridad, cuyas conducciones de extracción por ventilación terminan cada una en un silencioso propio. La válvula de seguridad para el sobrecalentador asegura el flujo por las superficies calefactoras al activarse la válvula.

Para la cesión de vapor durante el proceso de arranque, la caldera está provista con un dispositivo de puesta en marcha.



Junto al indicador de nivel de agua en la cabina, cada caldera va equipada con un indicador de nivel de agua instalado localmente junto al calderín, y con un nivel a distancia de agua rebajado. En la caldera se prevén posibilidades de vaciado y de salida de aire en los lugares necesarios.

La caldera va provista de aberturas para medición, puntos de medición, aparatos indicadores de la presión y de la temperatura, y aberturas transitables, para inspección y vigilancia en cantidad necesaria.

6. Aislamiento y revestimiento de la chapa

El bloque de la caldera y las conducciones están aislados del modo adecuado con revestimientos de lana mineral, el bloque de la caldera lleva un revestimiento exterior de chapa de aluminio.

7. Limpieza de las superficies calefactoras

La limpieza de las superficies calefactoras por contacto se realiza durante el funcionamiento con dispositivos golpeadores, los haces de superficies calefactoras se limpian con un dispositivo trasladable de golpeteo montado sobre carro, limpiando el polvo adherido. Para cada lado de la caldera se han previsto dos carros de golpeteo.

El dispositivo de limpieza está encapsulado y se encuentra en cajas de chapa estancas al polvo con aislamiento acústico. Este dispositivo ha dado buenos resultados en la práctica y está considerado como el procedimiento de limpieza más eficaz.

Los haces de superficies calentadoras en el tiro horizontal se deben limpiar con agua al final del periodo de actividad, con este fin se prevén aberturas de desagüe en los tornillos sin fin del transporte.

Requisitos generales:

La caldera está dimensionada para una temperatura de los gases de escape residuales de 200° C con las superficies calefactoras ensuciadas por el funcionamiento. La temperatura del gas residual aumentará al final del tiempo de funcionamiento (6.000 horas de servicio sin limpieza manual) Este valor es como máximo de 240° C.

La temperatura de los gases residuales en la salida de la caldera es 200° C.

A velocidad de los gases de combustión en la caldera tiene los siguientes valores:

- En zona de radiación: menor de 6 m/s.



- En zona de convección: menor de 5 m/s.
- En zona de economizador: menor de 6 m/s.

Se garantiza un tiempo de permanencia de los gases de combustión de 2 segundos a una temperatura superior a los 850° C.

Para la puesta en marcha de la instalación se han previsto quemadores auxiliares.

Estos quemadores también se utilizan para garantizar bajo cualquier circunstancia que los gases de escape de la combustión de los residuos se mantienen a temperatura superior a los 850° C durante los 2 segundos necesarios.

En la pared posterior del hogar y en la zona de las paredes del evaporador en la alimentación de residuos se dispondrán mirillas para poder tener contacto visual con la combustión.

La transición de la parrilla a las paredes laterales de la caldera (incluidas las juntas) se establece por medio de mampostería. En la parte posterior se encuentra un compensador, que equilibra la dilatación de la caldera hacia la parrilla.

Las calderas están construidas en acero y deben poderse dilatar en todas las direcciones a partir de un punto fijo. En la salida de los gases de escape, así como en la unión entre la caldera y la parrilla, existe otro compensador que equilibra hacia abajo la dilatación del hogar.

Las plataformas y escaleras están determinadas de modo que se puede acceder con facilidad a todos los puntos de mando y control. El techo de la caldera es parcialmente transitable por chapas corrugadas y necesariamente estará asegurada con barandilla.

Se colocan amortiguadores de ruido, después de todas las válvulas de seguridad, y conductos de extracción por soplado que deben mantenerse calientes.

Todas las instalaciones de calderas serán estancas al gas, y la tubería va siempre soldada, excepto las válvulas de regulación.

8. Sistema de transporte de la ceniza volante de la caldera

La ceniza volante procedente del tiro horizontal de la caldera se transporta a la parte posterior de la caldera por medio de dos transportadores por cadena en canalón colocado bajo las tolvas de la caldera. La ceniza volante de las dos líneas de incineración se envía a un transportador colector por cadenas en canalón.



Además, la ceniza volante soplada por el multiciclón situado después de las calderas en su parte posterior se envía por medio de tornillos sin fin al transportador colector por cadenas en canalón. Un segundo transportador colector por cadenas en canalón lleva toda la ceniza volante a un silo.

9. Sistema de alimentación de aire de combustión

a) Ventilador de aire de combustión

El aire de combustión suministra la alimentación de oxígeno para el proceso de combustión y en parte produce una refrigeración en las piezas de la parrilla.

Todo el aire de combustión se succiona del búnker de residuos en bruto, se envía a través de la parrilla de incineración y del lecho de residuos, en este proceso se refrigeran las barras de la parrilla y se aporta el oxígeno al lecho de combustible y al hogar.

Descripción técnica:

- El ventilador está constituido por:
- Carcasa.
- Álabes.
- Acoplamiento.
- Motor.
- Bastidor.
- Convertidor de frecuencia para regular el régimen.
- Compensador en la brida de succión y presión.

Carcasa

- Construcción soldada con refuerzos y armellas para colgar.
- Una división horizontal.
- Abertura para inspección.
- Bridas en aberturas de entrada y salida.
- Tubo de desagüe.

Alabes



- Equilibrado dinámicamente en dos planos.
- Material: acero.

Accionamiento

- Por motor a través de acoplamiento elástico con el eje del ventilador, que está asentado en rodamientos
- El acoplamiento y eje asegurados por protección contra contacto
- Motor impulsor montado sobre el bloque de asiento y el bloque motor.

Ventilador de aire de combustión:

Cantidad por línea: 2.

Modelo: radial.

Flujo normal: 100.000 Nm³/h

Gama de regulación: 60 / 110%.

Aumento de presión (normal): 26 mbar.

Temperatura: 15 – 30°C.

b) Ventilador de recirculación de gas

Los gases de combustión de recirculación extraídos después de la caldera se insuflan en diferentes puntos en el hogar y se ocupan de que se produzca la mezcla y la homogeneización de los gases de combustión. La recirculación de gases de combustión ofrece en comparación con el aire secundario la ventaja de que el contenido en O₂ en los gases de combustión puede mantenerse en 6 – 7%.

Esto incide ventajosamente en la reducción de óxido nítrico. Otra ventaja consiste en que todo el aire de combustión se aporta a la parrilla y, así, el revestimiento de la misma se refrigera más intensamente.

El ventilador está constituido por:

- Carcasa.
- Álabes.
- Acoplamiento.
- Motor.



- Bastidor.
- Convertidor de frecuencia para regular el régimen del compensador en la brida de succión y presión.

Carcasa

- Construcción soldada con refuerzos y armellas para colgar.
- Una división horizontal.
- Abertura para inspección.
- Bridas en aberturas de entrada y salida.
- Tubo de desagüe.

Alabes

- Equilibrado dinámicamente en dos planos.
- Material: acero.

Accionamiento

- Por motor a través de acoplamiento elástico con el eje del ventilador, que está asentado en rodamientos.
- El acoplamiento y eje asegurados por protección contra contacto.
- Motor impulsor montado sobre el bloque de asiento y el bloque motor.

Ventilador de recirculación:

Cantidad por línea: 2.

Modelo: radial.

Elemento impulsado: gas de combustión.

Flujo normal: 22.500 Nm³/h.

Gama de regulación: 60 / 110%.

Aumento de presión (normal): 80 mbar.

Temperatura: 200°C (máx. 250).

c) Multiciclón

Descripción general



La separación del polvo del gas de escape recirculado se realiza por medio de multiciclones.

Los multiciclones previstos son separadores por centrifugación robustos y de alto rendimiento.

El gas en bruto con contenido de polvo fluye de manera uniforme en los diferentes ciclones axiales. A la entrada de cada ciclón axial hay un elemento espiral por medio del cual se imprime un movimiento de giro al gas en bruto. La fuerza centrífuga así generada produce la separación deseada del polvo.

A través del tubo de gas limpio que se encuentra en el eje del ciclón axial fluye hacia fuera el gas limpiado.

El polvo extraído sale por el extremo cónico inferior del ciclón axial.

A una determinada distancia de la abertura de salida del polvo en el ciclón axial se ha dispuesto una plancha de bloqueo para proteger el núcleo de la turbulencia.

Esta plancha impide que las partículas de polvo ya separadas fluyan de retorno al núcleo de turbulencia ensuciando el gas limpio.

Para la separación previa de polvo de grano grueso se ha dispuesto de una cámara de separación previa a la entrada multiciclón.

Datos técnicos

Flujo de gas aproximadamente: 16.000 m³/h.

Temperatura aproximada del gas: 200° C.

Pérdida de presión aproximada: 110 mm WS.

Falta de presión máxima en la caja del filtro aproximadamente: 500 mm WS.

Contenido de polvo máximo: 6000mg / m³.

d) Tornillos sin fin para la extracción de ceniza del ciclón.

La ceniza volante separada en el multiciclón se transporta mediante un tornillo sin fin al transportador colector por cadena en canalón del dispositivo para extracción de ceniza de la caldera.

Quemador de encendido y de apoyo



Para cada caldera se instalarán tres quemadores de encendido y de apoyo. Dos quemadores se instalarán en las paredes laterales del hogar y el quemador de mayor potencia se colocará en la parte anterior del techo del hogar. Los quemadores se utilizan para la inflamación de los residuos ya para el arranque y la parada de la instalación.

Los quemadores aumentan la temperatura del hogar hasta un mínimo de 850° C. La carga de residuos se produce solo cuando se ha creado las condiciones necesarias con ayuda de los dos quemadores.

Los quemadores que actúan de apoyo se conectan automáticamente cuando la temperatura en el hogar desciende por debajo de los 850° C.

e) Grupo regulador

El grupo regulador para el combustible permite la regulación de la mezcla de combustible y aire del quemador en función de la temperatura del hogar. El accionamiento del regulador de mezcla tiene lugar a través de un motor regulador que obtiene los impulsos de un generador.

En el regulador se mezcla está acoplado el regulador de cantidad de combustible y la regulación de aire del quemador. Por medio de un volante ajustable se asigna a cada cantidad de combustible la cantidad necesaria de aire de combustión.

Datos técnicos:

Cantidad por cada caldera: 3.

Combustible: gasóleo.

Sistema de combustión: difusor de retorno a presión.

Encendido de los quemadores: gas propano.

Potencia: 39 MW (1 x 19 MW, 2 x 10 MW).

10. Sistema de suministro de combustible

El suministro de combustible para el quemador de encendido y el quemador de apoyo se garantiza a través del sistema de suministro.

Está formado por:

- Depósito de gasóleo
- Grupo de bombas



- Circuito de conducción
- Tuberías

f) Ventilador del quemador

Los quemadores de encendido y de apoyo tienen la misión de mantener la temperatura del hogar y de precalentarlo al arrancar la caldera, así como de inflamar los residuos. Los ventiladores tienen la misión de aportar aire de combustión a los quemadores de combustible.

Los ventiladores están constituidos esencialmente por:

- Caja.
- Alabes.
- Acoplamiento.
- Motor.
- Bastidor.
- Bastidor en la brida de succión y de presión.

Caja

- Construcción soldada con refuerzos y armellas para colgar.
- Abertura para inspección.
- Bridas en aberturas de entrada y salida.
- Tubo de desagüe.

Alabes

- Equilibrado dinámicamente en dos planos.
- Material: acero.

Accionamiento

- Por motor a través de acoplamiento elástico con el eje del ventilador, que está asentado en rodamientos.
- El acoplamiento y eje asegurados por protección contra contacto.
- Motor impulsor montado sobre el bloque de asiento y el bloque motor.



TRATAMIENTO DE GASES

Para la segregación de los gases ácidos nocivos (HCl, HF, SO₂) así como de los metales pesados en forma de gas y de partículas y del polvo volante contenido en el gas de combustión, se cuenta con un sistema semiseco compuesto de absorbedor y filtro de mangas, con inyección intermedia de carbón activo.

Previamente se empleará en el horno incinerador un sistema de desnitrificación SNCR (reacción selectiva no catalítica), con el objeto de eliminar los NO_x producidos durante la combustión.

La instalación estará constituida principalmente por los siguientes componentes:

- Sistema SNCR.
- Absorbedor para neutralización con instalación de lechada de cal.
- Filtro de mangas
- Inyección de carbón activo
- Instalación para la lechada de cal
- Ventilador de tiro inducido
- Chimenea

1. Especificación del diseño

El caudal de gases de escape del incinerador a través de la caldera a la condición de diseño será para cada línea de 90716.833 Kg/h. Hay dos sistemas en paralelo, uno por línea, todo ello descargando a la chimenea. Sin embargo, la instalación de preparación de lechada de cal, así como el almacenamiento de carbón activo y urea es única para ambas líneas.

2. Descripción del proceso

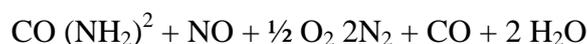
Los gases de combustión de la planta incineradora se envían al absorbedor tras pasar por la caldera de vapor, y allí se liberan de las sustancias nocivas mediante atomización de una suspensión de hidróxido de cal. Los gases nocivos HCl y SO₂ se combinan con el hidróxido de cal y precipitan de forma seca como residuos mezclados con el polvo volante restante.



Posteriormente se somete a los gases a un proceso de adsorción mediante inyección de carbón activo con el objeto de minimizar emisiones de dioxinas y metales pesados, teniendo lugar la separación de sustancias sólidas en el filtro de mangas subsiguiente. El gas de combustión se envía a la chimenea a través de ventilador de tiro inducido

3. Sistema de desnitrificación “snrcr”

El sistema SNCR se usa para la eliminación de los NO_x formados en la combustión. Para ello se procede a la inyección de CO (NH₂)². Se trata de un agente reductor con base de amonio. La inyección se realiza en la cámara del incinerador. Este reductor reacciona con el monóxido y dióxido de nitrógeno a temperatura de entre 850° C y 1000° C de acuerdo con la siguiente fórmula:



La planta desnitrificadora consiste en un tanque de almacenamiento y mezcla para las dos líneas y un sistema de inyección individual para cada una. La solución de urea del 40% se recibe en camiones al tanque de almacenamiento. La urea es inyectada como solución acuosa sin boquillas usando aire a presión.

La planta de desnitrificación consiste en un depósito común, una planta de aditivaje y una unidad de desnitrificación para la caldera.

El depósito está localizado en las afueras de la caldera independientemente de la unidad. Los módulos de medición y mezcla están localizados cerca de la caldera.

La solución de urea al 40% es suministrada en camiones cisterna, el tiempo de descarga para un camión cisterna lleno será de un máximo de 30 minutos.

El sistema es operado desde un panel local. A un determinado nivel máximo del depósito se cierra automáticamente una válvula de corte en la línea de llenado.

Una indicación de nivel de depósito es visualizada en un panel local.

La solución diluida de urea es distribuida a través de toberas de atomización sobre toda la sección transversal de la cámara de combustión, las cuatro lanzas de inyección están localizadas de tal forma que la reacción entre los óxidos de nitrógeno y el agente reductor tiene lugar en el ámbito de una temperatura óptima.

El tamaño de gota del fluido es ajustado a una temperatura relativa a un punto fijo en el horno variando la cantidad de dilución del agua.



4. Unidad de control

La señal de analizador de NOx y la señal de caudal de gas son usadas para determinar la cantidad de solución de urea y de dilución de agua. La cantidad de solución de urea es calculada mediante la unidad de control basándose en la variable de consigna del controlador de NOx. Este valor es corregido por el valor actual de contenido de NOx en los gases tratados.

Para minimizar la emisión de amonio u optimizar la eficiencia química, la cantidad de agua es controlada de tal manera que la cantidad de líquido se mantenga constante.

5. Absorbedor

Las reacciones producidas en el absorbedor son las siguientes:

Tabla 4. 29 Reacciones en el absorbedor

SUSTANCIA NOCIVA EN FORMA GASEOSA	PRODUCTO DE ABSORCIÓN	PRODUCTO REACTIVO EN FORMA SECA
SO₂	Ca (OH) ₂	CaSO ₃ *H ₂ O
2 HCL	Ca (OH) ₂	CaCl ₂ *H ₂ O
2 HF	Ca (OH) ₂	CaF ₂ *H ₂ O

Dónde:

SO₂ Dióxido de azufre

2 HCL Ácido clorhídrico

2 HF Ácido fluorhídrico

Ca (OH)₂ Hidróxido de calcio

De este modo se minimizan las emisiones de SO₂, HCl y HF transformándolas en sales que son retiradas en el propio proceso del absorbedor.

6. Descripción del proceso

Los gases calientes procedentes de la combustión se envían al absorbedor a través de un dispositivo equipado con chapas guía y conductos ajustables para crear turbulencia, que proporciona las condiciones para la mezcla a fondo entre el gas de reacción y los líquidos pulverizados en finas gotas.

La torre de absorción tiene un flujo en co-corriente de arriba hacia abajo. A la entrada de la torre está dispuesto el nivel de pulverización, el accionamiento del disco pulverizador se realiza a través de un grupo que esencialmente está constituido por un



engranaje de transmisión por planetario y un motor eléctrico la velocidad de rotación es de entre 8.000 y 12.000 rpm.

Los gases de combustión entran tangencialmente al absorbedor: debido al enfriamiento de la corriente de humos y la generación de presión negativa relacionada con él, las líneas de flujo se dirigen hacia la corriente central fría. De esta forma se produce una mezcla intensiva de los humos y la cortina de gotas.

Las corrientes de convección resultantes producen los movimientos relativos entre las gotas y los humos. En pocos metros concluye el proceso de evaporación. El tiempo medio de permanencia de los gases en el absorbedor es de unos 15 segundos, lo cual favorece la eficiencia en la eliminación de gases ácidos.

El volumen de la torre que continúa hacia abajo solamente tiene la tarea de secar por completo las partículas de sal que se forman por medio de la evaporación del agua. La fase de secado requiere unos dos tercios del volumen total de la torre de absorción. El producto residual que se genera es seco.

7. Control del proceso

La regulación de la torre de absorción es llevada a cabo por dos circuitos de regulación.

La lechada de cal con una concentración constante es bombeada hacia el nivel de pulverización, controlando su caudal en función del análisis de los gases depurados.

Un segundo circuito de regulación mantiene constante la temperatura a la salida de la torre, añadiendo a la lechada de cal la cantidad necesaria de agua para alcanzar la temperatura prevista: se mantiene una temperatura constante de salida del gas de combustión de aproximadamente 136° C. Esta mezcla de lechada de cal y agua se produce antes de la carga de las diferentes lanzas de toberas.

Una ventaja de este tipo de control está en que durante la operación se pueden extraer de la torre de absorción algunas toberas para su inspección y mantenimiento, sin que se modifique la efectividad del proceso.

La regulación se encarga de que las boquillas que permanecen en servicio reciban una carga mayor y produzcan toda la potencia de la limpieza. El filtro de mangas permite disminuir la cantidad de lechada de cal, ya que la capa de materia sólida que se forma en los filtros sigue conteniendo cal que puede reaccionar con los humos.



8. Inyección de adsorbente

Después del absorbedor y antes de que la corriente del gas entre en el filtro de mangas, el sistema empleado para la eliminación de dioxinas, furanos, cadmio y mercurio gaseoso es la inyección de carbón activo, de gran capacidad adsorcitiva.

El adsorbente es capaz de atraer a su superficie diversas moléculas de los gases, y es más eficaz con hidrocarburos de alto peso molecular, como las dioxinas y furanos.

El carbón activo se almacena en un único silo para ambas líneas y consta de un sistema neumático de llenado, filtro de ventilación y sistema mecánico de descarga. Se recibe en camiones y es cargado neumáticamente al silo de almacenamiento.

La temperatura es medida en el lecho del silo y a la salida del mismo. Un exceso de temperatura, por encima de los 100° C disparará una alarma. En tal caso, el ciclo de llenado será interrumpido.

La limpieza de los filtros del silo depende de la presión diferencial y es activada desde la unidad de control. En el silo está instalado un sistema de aireación. Se dispone de una válvula de solenoide controlada por programación en la línea de suministro de aire. La aireación es solamente activada cuando el carbón activo se extrae del silo.

FILTRO DE MANGAS

Los gases de escape que salen del extractor al rociado se limpian de polvo en los filtros de mangas colocados a continuación. La envoltura de los filtros, realizada exclusivamente en construcción de chapa de acero soldado de 6 mm, está subdividida en cámaras por el lado del gas sucio y por el lado del gas limpio.

Cada cámara va equipada con mangas de filtro de 150 mm de diámetro que enfundan cestas de apoyo pintadas.

A través de trampillas para gas bruto y gas limpio activadas neumáticamente se pueden bloquear las diferentes cámaras de filtrado para el flujo de gas, de modo que durante el funcionamiento se pueden realizar sin problemas los trabajos de mantenimiento.

Las mangas de filtro y lanzas de limpieza son accesibles por el lado del gas limpio a través de tapas desmontables. EL polvo extraído se recoge en las tolvinas inferiores.

1. Funcionamiento

El polvo transportado por el aire (gas transportador) entra al filtro directamente a la carcasa en donde su velocidad de transporte decrece rápidamente y, por consiguiente,



Las partículas de mayor tamaño caen al interior de la tolva. Las partículas finas son arrastradas a la superficie de las mangas, donde el aire pasa a través de ellas.

Las mangas son el medio filtrante del equipo colector, el polvo más grueso se va depositando en el exterior y las partículas más pequeñas son retenidas al interior del medio filtrante por adsorción.

Los gases ya limpios llegan desde el interior de las mangas del filtro al recinto de gas limpio que se encuentra encima de las mangas y de ahí al canal colector de gas limpio.

2. Proceso de limpieza

Para limpiar las mangas del filtro se abre durante un periodo breve de tiempo una válvula de membrana de modo que el aire comprimido procedente de un depósito de desvíe a través de una lanza de tobera a la correspondiente fila de mangas.

Los filtros de mangas son extractores de polvo con limpieza totalmente automática en dos etapas mediante impulsos de presión.

El aire comprimido arrastra gas limpio como aire secundario debido al efecto inyector. Toda la corriente de gas de lavado, formada por el gas a presión y por el gas limpio, entra de golpe en la manguera de filtro a 85 Kpa gracias a un soplante de desplazamiento positivo. La manguera, que hasta ahora estaba encogida hacia adentro y se mantenía abierta gracias a una cesta de apoyo, se infla de forma repentina.

Se dispondrá de dos soplantes por cada línea. Estarán interconectadas entre sí y descargarán el aire a un colector común.

Al mismo tiempo, la manga de filtro es traspasada por una fuerte cantidad de gas lavado, de modo que también en el interior del filtro se ahuecan y extraen las partículas de polvo separadas.

El control de las válvulas de membrana se realiza a través de un mando programable por el sistema que permite una limpieza de mangas de filtro en función de la presión diferencial a en función del tiempo. Por medio del intervalo de limpieza ajustado podría controlarse el espesor de la capa de polvo y con ello el tiempo de permanencia del agente extractor en la manga del filtro.



3. Inertización de cenizas

Las cenizas producidas se mezclan con agua, cemento y aditivo para su inertización y vertido en vertedero de residuos no tóxicos ni peligrosos.

4. Ventilador de tiro inducido

El ventilador de tiro inducido sirve para compensar la pérdida de presión de la caldera, el sistema de limpieza de gases de la combustión, tuberías de gas de combustión y la chimenea.

5. Capacidad de diseño del ventilador:

El ventilador será radial, regulado por frecuencia y de diseño soldado, el conjunto estará cubierto por una carcasa de acero inoxidable, está provisto de un lado de aspiración simple con un conducto de succión la carcasa y el conducto de succión cuentan con entradas para su limpieza y mantenimiento. el impulsor está diseñado de tal forma que se evitan depósitos de polvo o cenizas en el mismo.

Debido a requerimientos operacionales aguas arriba del sistema de depuración de gases, el ventilador estará siempre trabajando alrededor de se carga base las cargas parciales del mismo prácticamente no ocurren.

CHIMENEA

Será de tipo multiconducto, con dos conductos, uno para cada línea dentro de la carcasa exterior.

La altura de la chimenea será de 50 metros. El diámetro de los conductos será de 2 metros y las dimensiones de la sección total son de 2,5 x 5 m².

Condensación sistema de alimentación

Descripción general:

Los componentes del sistema son:

- Bombas extractoras del condensado.
- Unidad desgasificadora.
- Calentadores de agua de alimentación.
- Bombas de alimentación de caldera.
- Recipiente de purga.



- Bombas extractoras de condensado.

Están instaladas dos bombas extractoras de condensado siendo capaz cada una de ellas de extraer el 100%, garantizando así redundancia y seguridad en caso de avería. Las mismas bombean el condensado desde el aerocondensador directamente a la unidad desaireadora.

1. Desgasificador

Las dos funciones principales del desgasificador son proporcionar una etapa de desaireación y calentamiento previo para el agua de alimentación, y mantener una reserva de esta agua en el recipiente de almacenamiento para satisfacer demandas transitorias de la instalación de las calderas.

El recipiente de almacenamiento se alimenta con vapor de extracción de la turbina. El agua de alimentación entra en la cabeza del desgasificador por medio de una válvula de pulverización interna. La unidad está diseñada para funcionar a la presión de descarga de 4,15 bar absolutos de modo que el gas liberado se ventea naturalmente, sin necesidad de equipo de vacío.

2. Principio de funcionamiento

El agua de alimentación entra en la cabeza del desgasificador a través de la válvula de pulverización, que tiene un resorte para asegurar una difusión uniforme.

El diseño es tal que presenta un área de superficie de agua óptima al vapor procedente de la turbina, el cual se introduce en el recipiente de almacenamiento y sube en contracorriente al agua, calentándola a la temperatura de saturación, promoviendo así la liberación de los gases disueltos, que se ventean de la parte superior al desgasificador por una placa orificio que mantiene la presión.

Durante este proceso, la mayor parte del vapor se condensará para caer con el agua de alimentación en el recipiente de almacenamiento.

El diseño de la unidad es tal que se consigue una alta conversión antes de que se vea afectado el contenido residual del oxígeno de salida, siendo el límite el flujo en el que no se mantiene una pulverización fina de la válvula de pulverización.

3. Condensador de desahogo



El aire liberado y el exceso de vapor ascienden hasta un venteo de contacto directo, diseñado especialmente, e incorporado como parte integral de la cabeza del desaireador. El vapor se condensará por el agua pulverizada desde una boca en un tubo de suministro conectado a un punto de toma en el tubo de entrada de agua de alimentación principal. El aire restante se expulsa a la atmósfera.

4. Recipiente de almacenamiento

El recipiente de almacenamiento es un tanque de suministro de reserva, que recibe agua de alimentación desaireada junto con agua de alimentación de aporte. El vapor para rociar se mantiene de modo continuo para ayudar al proceso de desaireación. Esta prestación puede utilizarse también durante una interrupción temporal, con el objeto de mantener la calidad y la temperatura del agua almacenada.

5. Calentadores de agua de alimentación (primario y secundario)

El calentador de alimentación primaria se suministra con vapor extraído de la sección baja de presión de la turbina y sirve para calentar el condensado de la bomba de extracción. El vapor de calentamiento se condensa él mismo en el calentador de agua de alimentación primaria y se drena en el tanque de almacenamiento en el condensador refrigerado por aire, formando parte del flujo de condensado al desgasificador.

El calentador de agua de alimentación secundaria está diseñado para extraer calor del agua purgada continuamente tomada de la caldera después de lo cual se vierte al depósito de evacuación.

El condensado calentado para entonces al desaireador, cuya misión es subir la temperatura del agua de alimentación al valor final.

6. Bombas de alimentación de caldera

Cada caldera está provista con dos bombas de alimentación, capaz cada una de operar con el 100 % de la carga. Las bombas están accionadas con motor eléctrico y tiene diseño de etapas múltiples toman el agua del desgasificador y la bombean directamente a la caldera a través del economizador de la caldera el flujo de agua de alimentación a la caldera está controlado para mantener el flujo equivalente de masa al flujo de vapor de la caldera gracias a una válvula moderadora en la línea de alimentación de esta forma, la bomba de reserva arrancará automáticamente si se detecta un fallo en la bomba inicial, o si el caudal bombeado a la caldera es menor que el caudal consignado establecido.



7. Receptor de purga

Es un tanque diseñado para recibir agua a alta temperatura drenada del sistema.

Normalmente suele ser agua purgada intermitentemente de las dos calderas, y ocasionalmente de las válvulas de purga de los colectores de fondo de los diversos drenajes del sistema durante el arranque.

AEROCONDENSADOR

1. Descripción general

El condensador refrigerado por aire tiene la función de crear y mantener vacío en la descarga de la turbina y condensar completamente todo el vapor de descarga de la turbina. La unidad ha sido diseñada para funcionar con el vapor de la caldera después de reducir su presión by-pass, bajo todas las condiciones normales de ambiente cuando la turbina no puede operarse.

2. Construcción básica

La unidad consta de dos bancos de tubos de refrigeración inclinados a cada lado con un colector de vapor de descarga colocado en la parte alta de cada banco.

Los bancos de tubos están montados en una estructura soporte.

Se colocan ventiladores de aire horizontalmente a lo largo del nivel de la base de los tubos inclinados y soplan el aire verticalmente hacia arriba para pasar a través de los tubos.

3. Funcionamiento

El vapor descargado de la turbina pasa a través de un largo conducto taladrado a los colectores de vapor del condensador y se distribuye hacia abajo por los bancos de tubos, formándose así el condensado que se recoge en el fondo. El vacío se mantiene por medio de eyectores de aire de vapor vivo, extrayendo el aire de las secciones de reflujo de la unidad. El condensado se drena desde los colectores de fondo hasta un recipiente de condensado. Éste se mantiene al vacío del condensador por medio de una tubería de balance de presión conectada al conducto de la descarga de vapor.



4. Extracción del condensado

El condensador incluye dos bombas de extracción del 100% de capacidad que bombean desde el recipiente de condensado hasta el desgasificador del agua de alimentación de la caldera por medio de dos calentadores de alimentación separados.

El vapor de descarga de los eyectores de aire en funcionamiento normal pasa por un condensador en línea, y el condensado producido vuelve al recipiente de condensado. El aire y los otros gases no condensables se descargan desde el lado del eyector de condensador en línea a través de una válvula de venteo.

SIMULACIÓN EN FLASH

Llega la Basura: Los residuos sólidos urbanos y sin clasificar se compactan en los camiones de la basura, convirtiendo este preciado recurso en un montón de desperdicios inservibles. Los camiones llegan a la incineradora donde se depositan en los fosos de residuos.

Foso de Residuos: Los fosos son lo suficientemente grandes para almacenar los residuos de varios días. En estos enormes contenedores, la basura orgánica se descompone produciendo el olor característico de las proximidades de algunas plantas incineradoras. Al remover la basura se forman aerosoles biológicos y partícula de polvo que llevan adheridos microorganismos. Algunos residuos pueden permanecer en el fondo del foso durante semanas, por lo que los lixiviados ácidos procedentes de la materia orgánica arrastran las sustancias tóxicas y peligrosas de los productos presentes en la basura.

Puentes Grúa: Grandes grúas transportan la basura, en la que se pueden encontrar productos PVC, equipamientos electrónicos y otros materiales que contienen sustancias tóxicas y peligrosas, para depositarla en las tolvas de alimentación del horno.

Tolvas de Alimentación: Alimentan de basura el horno de forma controlada, excepto cuando las tolvas se bloquean a las apisonadoras hidráulicas fallan. En estas situaciones anormales existe una combustión pobre que tiene como consecuencia la producción de monóxido de carbono. Cuando esto ocurre es probable que se originen niveles de dioxinas más altos de lo normal.

Parrilla de Incineración: Se utilizan temperaturas superiores a 850°C para prevenir la formación de contaminantes. Las altas temperaturas conducen a la formación de óxidos



de nitrógeno, sin embargo las bajas temperaturas tienen como consecuencia la producción de monóxido de carbono y dioxinas. En teoría 850°C deberían prevenir la formación de dioxinas, aunque esto no es lo que ocurre en la práctica.

Horno: Los gases calientes procedentes del horno se utilizan para generar energía eléctrica. Durante el enfriamiento de los gases se forman las dioxinas. La mejor forma de impedir esto es enfriar el gas muy rápidamente, pero así no se puede generar energía eléctrica. Por ello es probable que la mayor parte de las dioxinas que proceden de las incineradoras se formen durante el enfriamiento de los gases en las tuberías del horno.

Cenizas de Fondo: El 30% de los residuos que se queman se convierten en cenizas. Las cenizas procedentes de las parrillas se enriquecen de metales pesados como el plomo y el cadmio. En la mayoría de los casos se depositan en un vertedero ordinario. Algunos empresarios de incineradoras para ahorrar gastos han acuñado el término “reciclaje de cenizas”, de esta forma se pueden deshacer de ellas a través de empresas que las mezclan con materiales de construcción que utilizan para hacer carreteras e incluso casas. Éste es el legado de las incineradoras para futuras generaciones.

Tratamiento de Gases: Los gases que pasan a través del sistema de limpieza se espolvorean con cal, amoníaco y carbono activo; así se consigue neutralizar en parte la acidez y se absorben algunas de las dioxinas. Estos materiales añadidos crean una gran cantidad de residuos contaminados con dioxinas, metales pesados y otras sustancias tóxicas, que se conocen con el nombre de cenizas volantes.

Filtros: Los gases pasan después por unos filtros donde queda atrapado el polvo, que lleva adherido a su superficie dioxinas, metales pesados y otros contaminantes. Estos residuos se recogen y se depositan junto a los residuos que se originan en la cámara de tratamiento de gases. Los filtros no son capaces de retener todas las partículas, las más finas consiguen atravesarlos a la atmósfera.

Cenizas Volantes: Las cenizas volantes constituyen el 3-5% del peso de los residuos que entran en las incineradoras. Este material, en el mejor de los casos, se deposita en vertederos especiales de sustancias tóxicas y peligrosas donde supone un riesgo para el agua y degrada el ambiente. Cuando se trata de forma incorrecta se esparce en los terrenos, o se mezcla con cenizas de fondo para utilizarlas en la construcción. En nuestro país se generan aproximadamente unas 40 000 Tn. anuales de cenizas volantes.

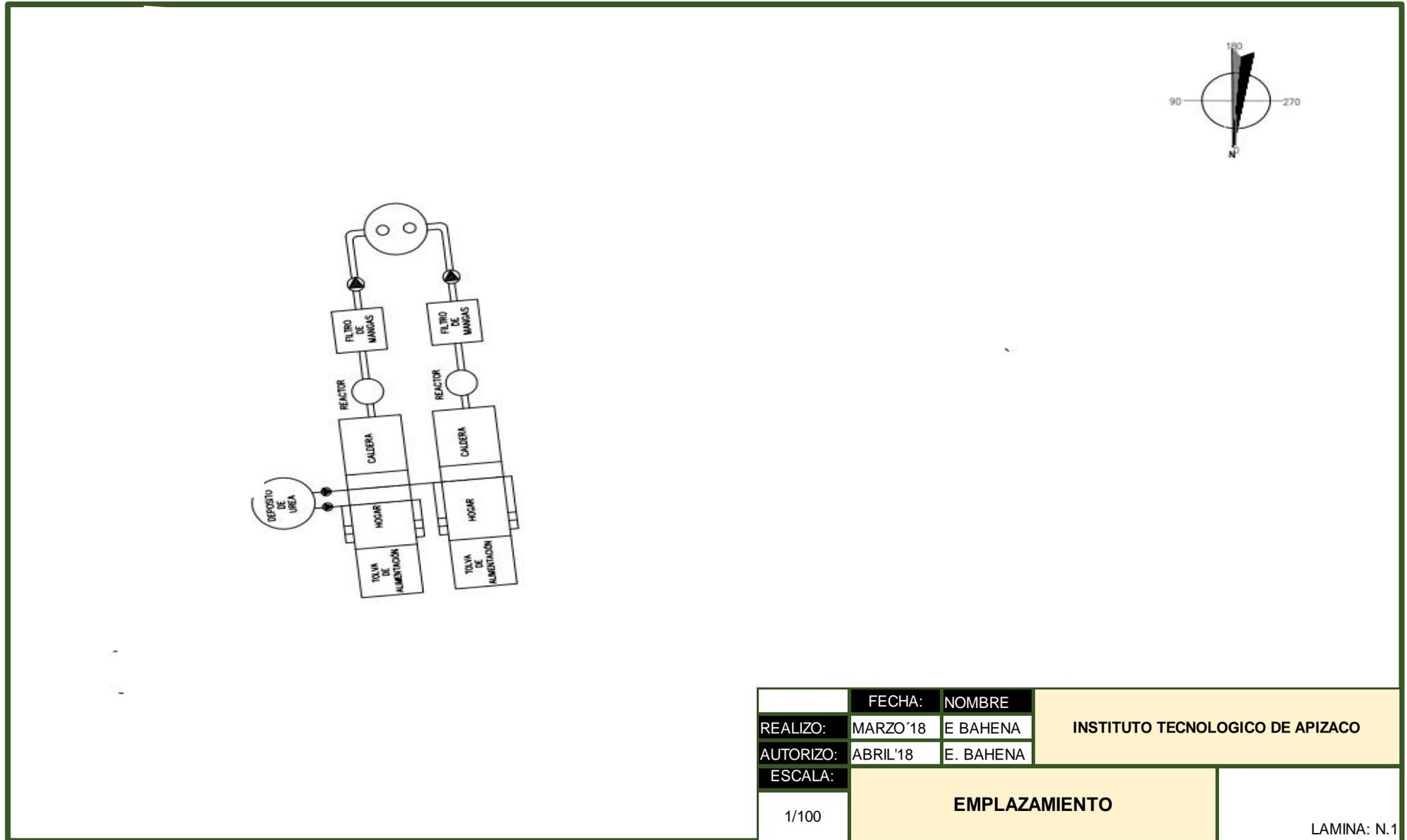


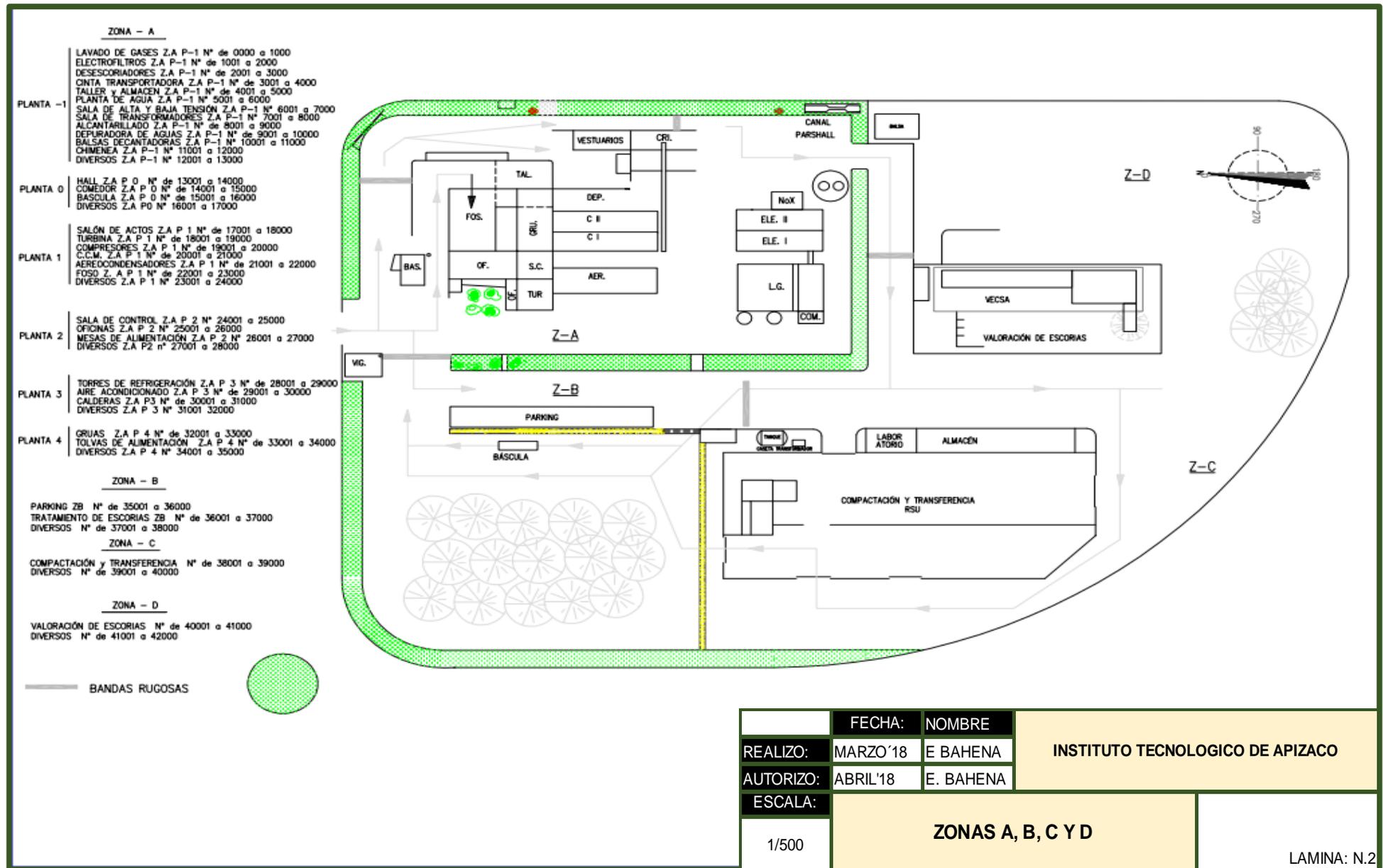
Chimeneas: Los equipamientos de control de chimenea miden tan solo unos pocos de los cientos de contaminantes todavía presentes en el gas. El penacho no es “sólo vapor de agua” como afirman los empresarios de estas plantas, sino que contiene un coctel de venenosas sustancias químicas. Las chimeneas suelen tener 75 a 100 m de altura, de forma que el material tóxico se dispersa en un área bastante extensa.

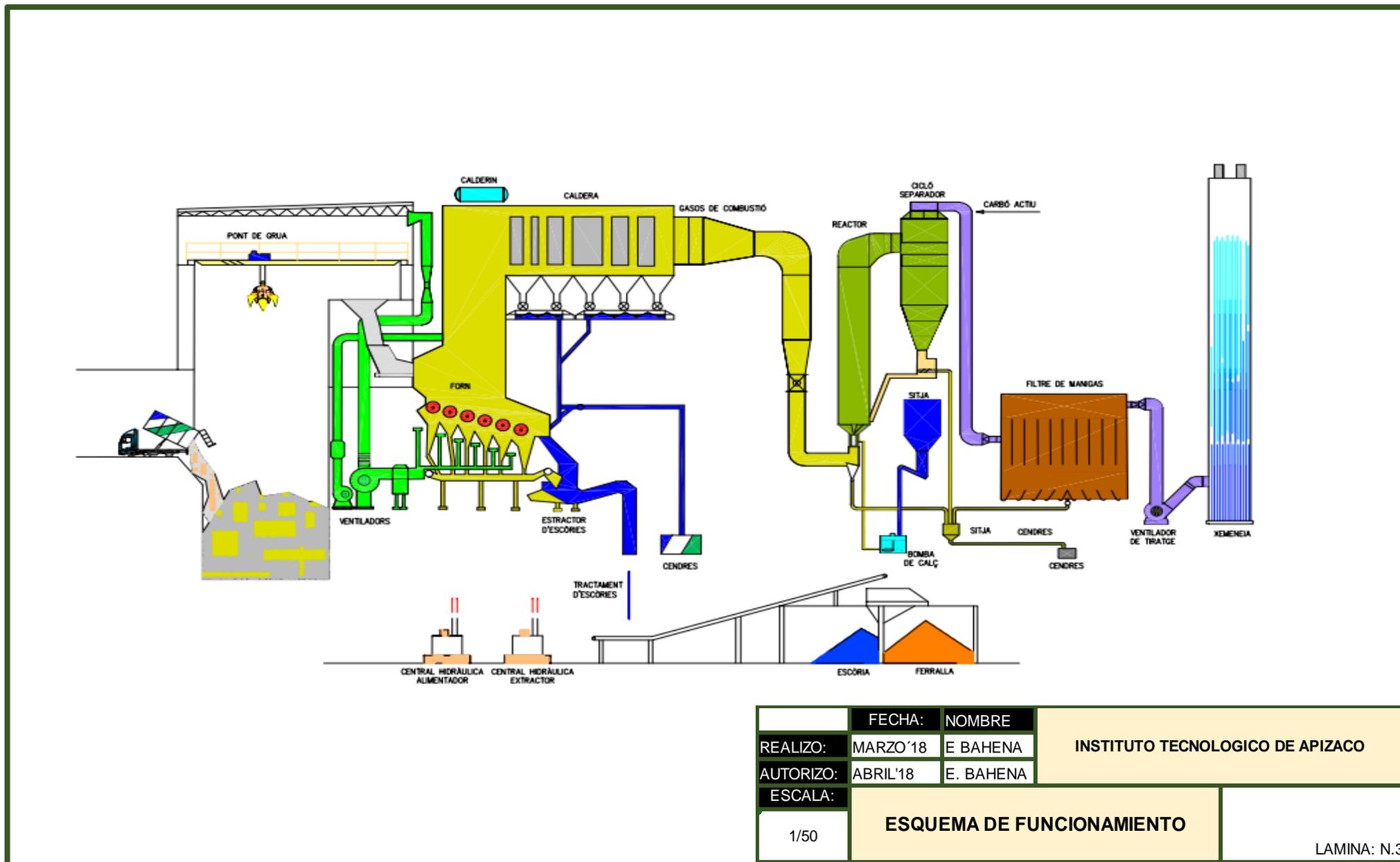
Turbinas: el vapor se conduce a las turbinas para producir electricidad, que se utiliza principalmente para abastecer la planta pasando el excedente a la red. La eficiencia de las incineradoras para convertir el calor en electricidad es de 20%. La fracción de energía que se produce es pequeña si se compara con la fracción que se necesita para volver a fabricar los productos y envases que se queman en la planta. La mayor parte del calor que se genera en una incineradora procede de la quema del plástico y del papel. Cuando se queman plásticos se están quemando fósiles, cuando de quema papel se pierde energía y recursos naturales. Obtener energía a partir de los residuos es una pérdida de energía.



PLANO I







	FECHA:	NOMBRE	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
REALIZO:	MARZO'18	E BAHENA	
AUTORIZO:	ABRIL'18	E. BAHENA	
ESCALA:	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO		
1/50			LAMINA: N.3

