



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL
GENERADOS EN LOS INGENIOS AZUCAREROS**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTA:
YENNY ARLETTE DÍAZ GARCÍA**

**DIRECTORA:
DRA. MARIBEL CASTILLO MORALES**

**CO-DIRECTORA:
DR. OCTAVIO OLIVARES XOMETL**

Puebla, Pue. Noviembre, 2023



BUAP

Oficio No. FIQ/AC/209/2023
Asunto: Registro de Tema de Tesis

C. YENNY A. DÍAZ GARCÍA
PASANTE DE LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA AMBIENTAL
PRESENTE:

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental cuyo título es el siguiente:

"Plan de manejo de residuos de manejo especial generados en los ingenios azucareros"

Con el siguiente contenido:

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1	ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

Directora de Tesis: Dra. Maribel Castillo Morales.
Co-Director de Tesis: Dr. Octavio Olivares Xometl

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **ÚNICAMENTE POR UN AÑO**.

Atentamente,
"Pensar Bien, Para Vivir Mejor"
H. Puebla de Z., a 6 de Octubre de 2023

Dra. Valeria Jordana González Coronel
Secretaria Académica

C.c.p. Directora de Tesis: Dra. Maribel Castillo Morales.
C.c.p. Co-Director de Tesis: Dr. Octavio Olivares Xometl.
C.c.p. Archivo.

Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C. P. 72590
01 (222) 229-55 00
Exts. 7250 y 7251



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CTC03

Autorización de Impresión de Tesis

Ingeniería Química ()
Ingeniería Ambiental (X) Matrícula: 201661297
Ingeniería en Alimentos ()
Ingeniería en Materiales ()

Al C. Sustentante: **Yenny Arlette Díaz García**

De acuerdo a la **presentación y revisión** de la tesis:

“Plan de manejo de residuos de manejo especial generados en los ingenios azucareros”

se aprueba la impresión y empastado de la misma.

Jurado de examen profesional:

JURADO

PRESIDENTE: Dra. Janette Arriola Morales

SECRETARIO: Dr. Daniel Cruz González

VOCAL: Dra. Maribel Castillo Morales

CO-DIRECTOR: Dr. Octavio Olivares Xometl

Firma:

Fecha de examen: Jueves 30 de noviembre 9:00 hrs. por plataforma Teams

H. Puebla de Zaragoza a 14 de noviembre de 2023.

INDICE

INTRODUCCIÓN	8
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVO	10
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	10
MARCO TEORICO	10
Antecedentes	10
Descripción Básica del proceso productivo	17
BATEY:	18
MOLIENDA:	18
CLARIFICACIÓN (PURIFICACIÓN DEL GUARAPO):	19
EVAPORACIÓN:	19
CRISTALIZACIÓN:	20
CENTRIFUGACIÓN:	20
SECADO Y ENVASADO	21
Consecuencias ambientales derivadas del proceso de producción de azúcar	21
IMPACTOS DEL CULTIVO:	22
-Impactos en el agua:	22
-Impactos en el suelo:	23
IMPACTOS DE LA MANUFACTURA:	23
-Impactos en la biodiversidad (uso del fuego)	23
-Impactos en la Atmósfera	23
-Impactos en el Agua	24
-Impactos en el Suelo	25
Residuos generados en la industria azucarera	25
Planes de manejo de residuos	29
Marco Legal	31
(CPEUM) CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.	32
(LGEEPA) LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.	32

(LGPGIR) LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS	33
REGLAMENTO DE LA LGPGIR	34
LEY PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL PARA EL ESTADO DE PUEBLA.	34
NORMAS ESPECÍFICAS PARA RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL	34
METODOLOGÍA	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
Fase I. Revisión bibliográfica y búsqueda de datos.	37
Fase II Estudio de campo.	41
Fase III Selección de los residuos que estarán sujetos a un plan de manejo.	46
Fase IV. Propuesta de manejo	51
CONCLUSIÓN	52
ANEXO I	53
Anexo II	55
Anexo III	59
Anexo IV	80
BIBLIOGRAFIA	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-Ingenios en Operación en México, zafras 2009-2010/ 2018-2019	13
Tabla 2-Emisiones generadas por los Ingenios Azucareros.	24
Tabla 3-Residuos líquidos generados en los Ingenios Azucareros.	25
Tabla 4-Residuos sólidos generados en los Ingenios Azucareros.	27
Tabla 5-RME generados en los Ingenios Azucareros.	28
Tabla 6-Normas referentes a residuos de manejo especial en México.	35
Tabla 7-Clasificación de residuos de manejo especial.....	40
Tabla 8-Maquinaria y equipo para la recolección interna de RME orgánicos.....	42
Tabla 9- . Maquinaria y equipo para la recolección interna de residuos generados en los departamentos.....	43
Tabla 10- Características de áreas de almacenamiento.	45
Tabla 11- Clasificación y volumen de generación en el periodo de zafra 2021-2022.	47
Tabla 12- Residuos que se van a someter al plan de manejo.....	50
Tabla 13.- Aspectos positivos y negativos del manejo actual de los residuos en el ingenio azucarero.....	51
Tabla 14- Cantidades de RME generados en los departamentos.	55
Tabla 15-Información general del ingenio azucarero	60
Tabla 16-Residuos Orgánicos generados en el proceso de producción que se van a incluir al plan de manejo.....	60
Tabla 17- Residuos generados en los departamentos que se van a incluir en el plan de manejo.....	61
Tabla 18- Características y cantidades de los contenedores.	64
Tabla 19.-Maquinaria mecánica para el transporte de RME generados en los diferentes departamentos.....	69
Tabla 20.-Maquinaria y equipo para el transporte de RME Orgánicos generados en el proceso de producción	71
Tabla 21.- Criterios que debe cumplir el Almacén Temporal de RME	72
Tabla 22.- Criterios que deben cumplir el patio de Pachaquil, Cachaza y Ceniza.	73
Tabla 23.- Costos de actividades para implementar el plan de manejo	74
Tabla 24.-Generación de ingresos por la venta de residuos	75
Tabla 25.- Gastos para realizar la composta.....	78
Tabla 26.- Empresas autorizadas para el manejo de RME	80

INTRODUCCIÓN

Toda actividad de producción genera residuos y estos pueden ser sólidos, líquidos gaseosos o una combinación de los estados de la materia, estos residuos deben de ser valorizados para una reutilización, sujetarse a un tratamiento empleando técnicas apropiadas para la gestión, recuperación y reciclado de los residuos, por última alternativa se deben disponer de una manera donde el impacto hacia la salud humana y el medio ambiente sea lo menor posible conforme a lo dispuesto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2013).

La industria azucarera presenta varias fuentes de contaminación y una de ellas es la generación de residuos en las áreas productivas y en el campo. En las áreas productivas y el campo también se generan aguas residuales y emisiones a la atmosfera, estas acciones también son fuentes de contaminación.

Debido a esta problemática los ingenios azucareros han buscado soluciones y algunos ingenios realizan actividades para disminuir su impacto ambiental como la aplicación de las 3R, reutilizando papel, sacos dentro de las instalaciones o por medio de su venta al personal los residuos como tambos, cartón, entre otros. También reutilizando el bagazo para generar energía mediante la combustión en calderas y para el área de los campos utilizan la cachaza como mejorador de suelos.

México enfrenta grandes retos en el manejo integral de sus residuos ya sean urbanos, de manejo especial (RME) o residuos peligrosos (RP), esto debido al elevado índice de crecimiento demográfico e industrial en el país (INECC, 2007), debido a esta problemática a nivel nacional e internacional se ha buscado implementar una gestión más eficiente de los residuos mediante la elaboración de planes de manejo que tienen como objetivo prevenir su generación y fomentar su aprovechamiento cíclico en donde la disposición final de los residuos sea la última opción.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), en el año 2004 introduce una nueva categoría de residuos, siendo estos los residuos de manejo especial. Los (RME), son los generados en cualquier actividad relacionada con la extracción de la materia, transformación y procesamiento o utilización de la misma para producir bienes y servicios, estos residuos generados en estas actividades no deben de poseer características domiciliarias o alguna de las características de peligrosidad, estas características de peligrosidad se encuentran mencionadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 de acuerdo con lo señalado en la NOM-161-SEMARNAT-2011.

La solución del aprovechamiento de los residuos depende de toda una serie de factores, tales como: la recolección, transporte, almacenamiento, procesos tecnológicos para la obtención de sus principales componentes químicos y los posibles usos de los mismos.

Por tal motivo, la legislación implementa el aprovechamiento de los residuos ya sea reusándolos como materia prima para procesos de manufactura o aprovechamiento energético, a través de la creación de Planes de Manejo de Residuos de Manejo Especial.

Los planes de manejo de residuos deben de cumplir el objetivo de minimizar la generación de los residuos y maximizar la valorización de los mismos, estos objetivos se deben de cumplir bajo ciertos criterios como los de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social llevando a cabo acciones y procedimientos que cumplan los principios de responsabilidad compartida. En la elaboración de los planes de manejo se deben de involucrar a los productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores y cualquier generador de residuos. Son aplicables para los tres niveles de gobierno (SEMARNAT, 2013). Por esta razón la implementación del plan de manejo debe resultar positiva en términos económicos y ambientales, más allá del requerimiento legal.

JUSTIFICACIÓN

Según (Muñiz, 2016), el desarrollo sostenible se trata de conservar los recursos naturales del planeta como el agua, suelo, aire, flora y fauna.

A nivel mundial la caña de azúcar pertenece a los cultivos más importantes, el inicio del procesamiento de este cultivo fue con Hernán Cortés cuando trajo la caña de azúcar en el año de 1522 sin embargo estudios mencionan que se empezó a cultivar dos años después aproximadamente en el año 1524 (Javier et al., 2013)..

En el territorio mexicano esta agroindustria tiene gran importancia social y económica debido a que de ella dependen aproximadamente tres millones de hombres. Estos tres millones realizan las tareas necesarias para obtener el producto “azúcar” y esas actividades abarcan desde la siembra, cosecha, industrialización, transporte y comercialización, es decir se ven involucradas en todo el proceso (Aguilar Rivera, 2017). Es por ello que esta agroindustria es de suma importancia en el país además de que el azúcar forma parte de la canasta básica de los mexicanos, junto con el maíz, frijol y arroz.

De acuerdo con (SAGARPA, 2013) la agroindustria de la caña de azúcar presenta diversas problemáticas ambientales, porque tanto el campo como en la fábrica generan impactos ambientales y uno de ellos es la generación de residuos de manejo especial (RME). De acuerdo con estudios realizados gran parte de los residuos generados en los ingenios azucareros son RME. El propósito de la elaboración de un plan de manejo de residuos es prevenir la generación y valorizar los residuos generados.

Con la finalidad de darle cumplimiento a la Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos (LGPGIR) y su reglamento, así como a la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el estado de Puebla se propondrá una metodología para las unidades

productivas de la industria azucarera, en la cual se pretende estandarizar un modelo para facilitar la elaboración de Planes de Manejo involucrando las actividades de transporte, Recolección, Almacenamiento y disposición de Residuos de Manejo especial generados en los ingenios azucareros.

OBJETIVO

Desarrollar una metodología para la elaboración de Planes de Manejo de Residuos de Manejo Especial en los Ingenios Azucareros.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Definir en base a la generación y valorización, los residuos de manejo especial que se van a someter al plan de manejo.
- Desarrollar procedimientos con base en la normativa aplicable vigente para estructurar una propuesta de guía para la elaboración de un plan de manejo de residuos de manejo especial
- Redactar el plan de manejo integral para los residuos de manejo especial generados por los ingenios azucareros.

MARCO TEORICO

De acuerdo con Horacio Crespo (1998), nos dice que el desarrollo de la Industria Azucarera en México se ha interrumpido desde la conquista española., la producción de azúcar es una de las actividades que se mantiene de generación en generación en el desarrollo histórico del país. Esta industria ha tenido gran importancia dentro de la economía nacional desde varios puntos de vista. Uno de estos es la producción de un producto de la canasta básica a un precio accesible para la población así mismo la generación de empleos en el país. En este capítulo se hablará resumidamente de la trayectoria de la Industria Azucarera Mexicana (IAM) a lo largo de su historia, presentando sus problemas económicos, señalando los grandes pasos que fue tomando desde sus inicios hasta que llego a ser un sector estratégico de la economía mexicana.

Antecedentes

Conforme a la información consultada en el artículo *La agroindustria azucarera en México*, del Centro de estudios de las finanzas públicas, 2001 nos menciona la historia de la industria azucarera en el país.

La Creación de Azúcar, S.A. comenzó en el año 1932, esta institución fue creada por el gobierno, así mismo en el año 1938 se creó la Unión Nacional de Productores de Azúcar, S.A. (U.N.P.A.S.A.). La (U.N.P.A.S.A.) se creó para organizar el desarrollo y crecimiento de la industria, exportar la azúcar internamente y externamente, para poder comercializarla esta institución compraba todo el producto a un precio de liquidación. Otra actividad que realizaba la (U.N.P.A.S.A) era garantizar que el producto abasteciera por un año y si no abastecía se encargaba de realizar las importaciones necesarias.

Tiempo después la Unión Nacional de Productores de Azúcar cambió de denominación por la de Azúcar, S.A. de C.V., en donde esta institución tendría la función de administrar los ingenios del sector público y llevaría a cabo las funciones de regulación de precios, distribución, almacenamiento y comercialización del azúcar en el territorio nacional; además del control de las exportaciones e importaciones del dulce.

Posteriormente fueron creadas las siguientes instituciones:

- Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólica en el año 1942
- Financiera Nacional Azucarera, S.A en el año 1943
- Comisión Nacional de la Industria Azucarera (C.N.I.A.) en el año 1970
- Operadora Nacional de Ingenios, S.A. (O.N.I.S.A.) en el año 1971.

Se creó la O.N.I.S.A, la actividad de esta institución era administrar los ingenios paraestatales, pero en el año 1979 se anuncia en liquidación.

La C.N.I.A se creó para realizar las actividades de la O.N.I.S.A, el objetivo de la C.N.I.A era coordinar la industria azucarera cumpliendo con las políticas azucareras de la nación.

Para el periodo del año 1979, al gobierno le pertenecían 49 de los 66 ingenios que existían en el país.

Debido a que ya existían muchas instituciones encargadas de las industrias azucareras se creó una desorganización y duplicación de actividades dando como resultado que los objetivos de eficiencia, crecimiento y desarrollo de la industria azucarera nacional no se cumplieran. Es por ello que para el año 1983 se decide reestructurar la administración de la industria azucarera llevando a la actividad de liquidar a la C.N.I.A.

Para el año de 1987 el gobierno pone a las ventas algunos de los 49 ingenios azucareros que eran de su propiedad, esta privatización dio inicio a medidas para liberar el mercado.

La privatización de los ingenios se dio mediante un procedimiento establecido por la (S.H.C.P.). La valoración de los ingenios azucareros se llevó a cabo por el banco Financiera Nacional Azucarera, S.N.C. (FINA). La valoración de los ingenios azucareros se realizó de cuatro maneras diferentes:

- Valor de reposición.
- Valor remanente.
- Valor con fines hipotecarios.
- Valor como negocio.

La privatización azucarera se realizó mediante cuatro licitaciones públicas:

La **primera licitación** se llevó a cabo en el año 1988 en el mes de abril y fue publicada en el DOF, en esta licitación se anunció la venta de 21 ingenios azucareros en donde se vendía el 100% de sus acciones. De estos 21 ingenios que se pusieron en venta solo se vendieron 7. Esta licitación no se llevó a cabo mediante integración vertical es decir no compartirían un mismo dueño.

En septiembre de 1988 surge la **segunda licitación** la cual consistió en la venta de los ingenios por paquetes, cada paquete incluiría las acciones de un ingenio de los más importantes de esos años los cuales eran (El Potrero, Tres Valles, Plan de Ayala, Plan de San Luis y José María Martínez). Esta licitación se llevó a cabo mediante integración vertical de una manera moderada en donde los ingenios destinarían hasta un 80% de su producción a su proceso productivo y el 20% entregarlo a la institución Azúcar, S.A. de C.V.

A inicios de octubre del año 1988 se anuncia la **tercera licitación** en la cual el gobierno federal decide salirse completamente de la producción azucarera, poniendo a la venta todos los ingenios, ofreciendo treinta y cinco ingenios.

Cuarta licitación. Para el mes de mayo de 1990 comenzó la cuarta licitación, en esta licitación el gobierno federal decide poner en venta los ingenios agrupados en paquetes basándose en su situación financiera.

La privatización de los ingenios es decir la venta de los ingenios al sector privado genero consecuencias provocando desequilibrios en el mercado nacional ya que los compradores exploraron nuevas formas de comercialización y diferentes maneras de financiamiento.

Para finales del año 1990 se eliminaron los permisos de importación de azúcares y se exentó de pago de arancel a la empresa Azúcar, S.A, la eliminación de los permisos provoco que se introdujeran azúcares de diferentes calidades a precios más bajos, lo cual tuvo como consecuencia que los inventarios de los productores de azúcar en el país se acumularan generando una sobreoferta de azúcar.

En enero de 1994 surge el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en este tratado México acordó la exportación a Estados Unidos de 25 mil toneladas de azúcar por los primeros 6 años del tratado, posteriormente pasando los 6 años si México comprobaba una producción mayor a las 25 mil toneladas podría exportar sin límite la sobre producción de azúcar a Estados Unidos, sin embargo para el año 2000 Estados Unidos violo los acuerdos del tratado anunciando que la cuota máxima de exportación de azúcar proveniente de México sería de 116 mil toneladas.

Para el año 2001 la producción de una tonelada de azúcar estándar o refinada en el país tenía un costo de 400 -500 dólares, sin embargo a nivel internacional sale más económico producir azúcar ya que cuesta aproximadamente 194 dólares producir una tonelada de azúcar.

En conclusión el gobierno federal decidió privatizar 27 de los 60 ingenios que funcionaban en el país como consecuencia de los problemas de financiamiento y de pagos a cañeros en esos años la agroindustria azucarera enfrentaba una crisis económica.

Al inicio de la Zafra 2001 existieron altas posibilidades de que algunos ingenios no contaran con los recursos necesarios para poder producir más de 20 millones de toneladas.

Actualmente en México existen 50 ingenios en operación distribuidos en 15 estados pertenecientes al país, los cuales son: Campeche, Chiapas, Michoacán, Morelos, Colima, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz como puede observarse en la tabla 1 e imagen 2 sobre el 6to. Informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México, zafras 2009-2010/ 2018-2019 así mismo en la tabla 1 e imagen 1 se aprecia que el estado con mayor número de ingenios es Veracruz que cuenta con 18 ingenios, seguido del estado de Jalisco con 6 y San Luis Potosí con 4.

De acuerdo al Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera el cual es el organismo que informa sobre las cifras de producción del país y las desglosa a nivel municipal para el año 2018, la cifra preliminar de cierre de producción en el país ascendió a 55.9 millones de toneladas, de acuerdo con el reporte presentado de avances y cosechas al mes de julio de dicho año (SIAP, 2018). En el 2018, las mayores producciones fueron dadas por los siguientes estados: Veracruz (37.5%) y Jalisco (13.1%) que en conjunto representan 28.3 millones de toneladas; que viene siendo 50.6% de la producción total nacional (SIAP, 2018). Hasta el 2018, fueron 261 municipios que cultivaron caña de azúcar en el país.

Tabla 1-Ingenios en Operación en México, zafras 2009-2010/ 2018-2019

ENTIDAD FEDERATIVA	INGENIOS QUE SE UBICAN EN LA ENTIDAD	
	NÚMERO	NOMBRE DEL INGENIO
(1)Campeche	1	La joya
(2)Chiapas	2	Cía. La Fe (Pujilic)
		Huixtla
(3)Colima	1	Quesería
(4)Jalisco	6	Bellavista
		José María Morelos
		Melchor Ocampo
		San Francisco Ameca
		Tala
		Tamazula
		Lázaro Cárdenas

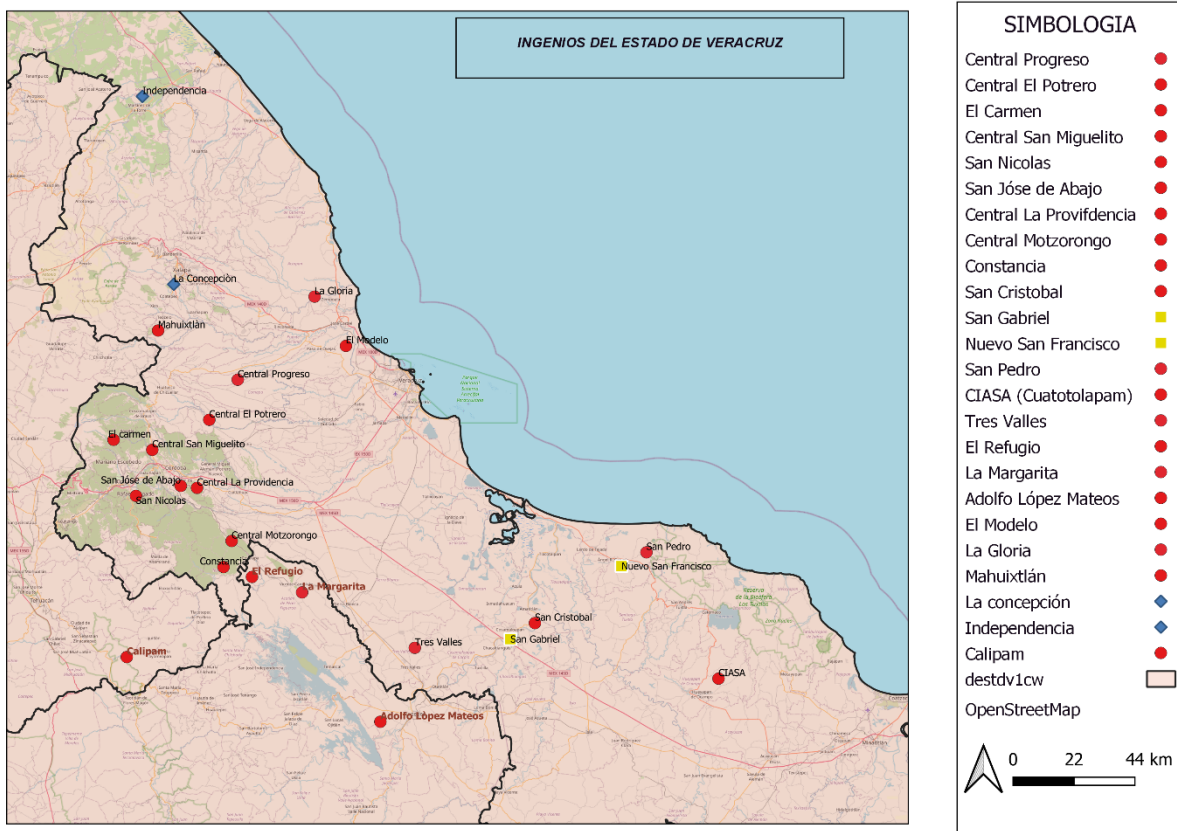
(5)Michoacán	3	Pedernales
		Santa Clara
(6)Morelos	2	Central Casasano
		Emiliano Zapata
(7)Nayarit	2	El Molino
		Puga
(9)Oaxaca	3	Adolfo López Mateos
		El Refugio
		La Margarita
(10)Puebla	2	Atencingo
		Calipam
(11)Quintana Roo	1	San Rafael de Pucté
(12)San Luis Potosí	4	Alianza Popular
		Plan de Ayala
		Plan de San Luis
		San Miguel del Naranjo
(13)Sinaloa	3	El dorado
		Avance Regional (La Primavera) *
		Los Mochis *
(14)Tabasco	3	Azuremex *
		Presidente Benito Juárez
		Santa Rosalía
(15)Tamaulipas	2	Aarón Sáenz Garza
		El Mante
(16)Veracruz	22	Central El Potrero
		Central La Providencia
		Central Motzorongo
		Central Progreso
		Central San Miguelito
		CIASA (Cuatotolapam)
		Constancia
		El Carmen
		El Higo
		El modelo
		Independencia *
		La concepción *
		La Gloria
		Mahuixtlán
Nuevo San Francisco *		
Pánuco		
San Cristóbal		
San Gabriel *		

		San José de Abajo
		San Nicolás
		San Pedro
		Tres Valles

Nota: * Ingenios que actualmente no están en operación

Fuente: Elaboración propia con información tomada de CONADESUCA, 2019

Imagen 1. Ingenios Azucareros del Estado de Veracruz (Zafras 2009-2010/ 2018-2019)



Fuente: Elaboración propia con información tomada de CONADESUCA, 2019, QGIS3 V.3. 14.

Imagen 2- Ingenios Azucareros de México (Zafras 2009-2010/ 2018-2019)



Simbología, Ultima Zafra de molienda



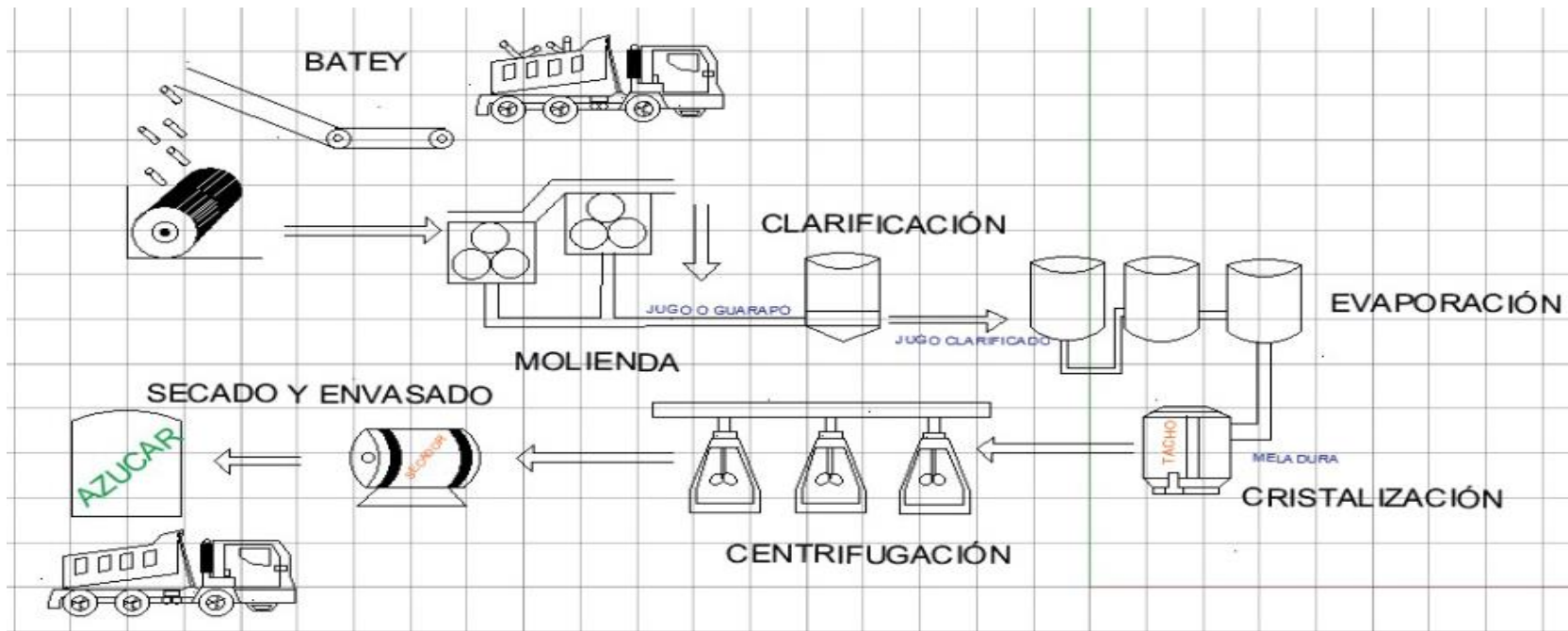
- Continúan en operación (50 ingenios)
- San Gabriel (2012/2013)
- Nuevo San Francisco (2012/2013)
- ◆ La concepción (2009/2010)
- ◆ Independencia (2009/2010)
- Avance Regional (La primavera) (2012/2013)
- ◆ Azsuremex (2018/2019)
- Los Mochis (2013/2014)

Fuente: Elaboración propia con información tomada de CONADESUCA, 2019, QGIS3 V. 3.14.

Descripción Básica del proceso productivo

El proceso de producción de azúcar es diferente para cada tipo de azúcar producido; y este proceso está condicionado por el grado de refinación del azúcar. En general involucra los siguientes procedimientos dentro de los ingenios, el primer paso es la cosecha de la caña de azúcar la cual se realiza de forma manual o mecánica, posteriormente se trasladan los tallos obtenidos de la cosecha a ingenios azucareros donde se lleva a cabo la molienda de los tallos mediante aplanadoras de acero para la extracción del jugo, continuando con un proceso de clarificación, evaporación, cristalización, separación o centrifugación, refinado, secado y por último, el envasado del azúcar (SIAP, 2018) como puede observarse en la imagen 3.

Imagen 3.- Proceso Productivo



Fuente: Elaboración Propia, AutoCAD 2018.

Detrás de cada producto se encuentra un gran proceso de producción que consiste en distintos procesos unitarios y operaciones unitarias conectados formando una cadena hasta obtener el resultado final en este caso se describe detalladamente cada uno de los procesos y operaciones realizados actualmente para la producción de azúcar.

BATEY:

Cuando la caña de azúcar alcanza su punto óptimo de madurez se prosigue a la quema in situ una vez quemada la caña se continua con su corte manual o mecánico, en el país este proceso es considerado como el primer método.

Una vez cortada la caña de azúcar se carga en camiones o trenes de carretas para dirigirse hacia el ingenio azucarero, pasando primero por el área de básculas donde se determina su peso para después transportarla al área de batey en donde los camiones son descargados en las mesas alimentadoras, aquí es donde empieza el proceso de manufactura de los diferentes productos obtenidos. En el área de batey se acumulan desperdicios de caña (Pachaquil), generados durante el proceso de descarga y durante el traslado de la caña del área de báscula a batey. (Rein P. 2012).

Las mesas alimentadoras conducen la caña hacia el área de molinos, estas mesas alimentadoras tienen integrado un sistema de lavado de caña, este sistema de lavado puede ser con agua o lavado en seco

MOLIENDA:

Antes de pasar a la molienda la caña se debe de preparar, para preparar la caña esta debe de pasar por juegos de cuchillas de corte giratorias, estas cuchillas cortan los tallos formando astillas, después las astillas se dirigen hacia la desfibradora en donde se desmenuza la caña, pero no se extrae el jugo para así posteriormente pasar hacia la operación de molienda.

La operación de molienda se basan en unidades múltiples de rodillos con ranuras, también conocidos como mazas, en donde se comprime sucesivamente la caña para extraer la mayor cantidad posible de jugo (Gabriela Suárez, 2012). El subproducto o residuo generado en esta operación es el bagazo y sale del último molino. El **bagazo** es la fibra de la caña molida el cual aún contiene azúcar que no se pudo extraer en la operación de molienda y entre 45% - 55% de agua. Este subproducto sirve como combustible en las calderas, en calderas se genera el residuo de **ceniza** (Gabriela Suárez, 2012).

En las prácticas de molienda más eficientes, más del 95% del azúcar contenido en la caña pasa al guarapo; este porcentaje se conoce como la extracción de sacarosa.

El jugo que se extrajo de los dos primeros molinos es el que se envía al proceso siguiente, a este jugo se le conoce como jugo mezclado o guarapo y posee un alto contenido de azúcares, proteínas y calorías.

CLARIFICACIÓN (PURIFICACIÓN DEL GUARAPO):

El jugo obtenido en la etapa de molienda el cual contiene partículas finas de bagazo y de tierra, a estas partículas finas de bagazo se les denomina bagacillo. Este jugo se somete a un tamizado basto para eliminar estas partículas antes de iniciar la clarificación.

Así mismo antes de iniciar la clarificación se somete a un encalado para ello, se le adiciona lechada de cal y color como agentes clarificantes. La lechada de cal se prepara con aproximadamente 450 gramos de cal (CaO) por tonelada de caña molida.

El principal objetivo del proceso de clarificación es eliminar una fracción de las impurezas solubles e insolubles del jugo mezclado y que este jugo tenga un color amarillo brillante.

La mezcla que resulta del encalado contiene sales insolubles de calcio, las principales sales son fosfatos de calcio, esta mezcla debe de pasar por calentadores para aumentar su temperatura aproximadamente de 92-100° C, una vez que la mezcla ya tiene la temperatura apta se adiciona floculante.

La clarificación se lleva a cabo mediante sólidos por sedimentación, en donde el floculante precipita los sólidos no azúcares logrando la separación del lodo denominado cachaza y del jugo claro mediante el uso de clarificadores cerrados. (Gabriela Suárez, 2012).

Debido a que la cachaza aún contiene sacarosa se somete a un proceso de filtración al vacío con el objetivo principal de recuperar la sacarosa, esta operación se efectúa con ayuda de la mezcla de bagazo fino (bagacillo), cachaza, cal y floculante posteriormente se filtra y lava con agua en el tambor rotatorio al vacío, a presión constante. Este jugo se devuelve al tanque de guarapo y la cachaza se desecha por medio de una tolva. (Gabriela Suárez, 2012).

EVAPORACIÓN:

Este proceso se da en evaporadores de múltiples efectos al vacío, los evaporadores de múltiple efecto consisten en tres o cuatro celdas de ebullición al vacío colocados en serie, están colocados en serie con el objetivo de que el cuerpo subsiguiente tenga un grado de vacío mayor. Al parámetro que se le debe de dar importancia en esta etapa es la temperatura ya que no debe rebasar los 110°C porque si los rebasa la pérdida de sacarosa superara el 0.1%. (Gabriela Suárez, 2012).

El jugo clarificado contenido en el tanque contiene el 85% de agua, este jugo clarificado se bombea hacia el pre-evaporador y de ahí a los evaporadores de múltiple efecto al vacío, por consiguiente, el jugo contenido en el evaporador hervirá a menor temperatura, en este proceso se evapora del 73 al 75% del agua contenida en el jugo clarificado. (Gabriela Suárez, 2012).

En este proceso se obtiene jarabe o meladura, producto del último cuerpo, y tiene un contenido de 60-65° Brix de concentración; el porcentaje restante es agua; esta concentración se debe de mantener en este rango debido a que los tachos no podrán procesar la meladura con una baja concentración. (Rein P., 2012).

CRISTALIZACIÓN:

Antes de iniciar con la cristalización la meladura se debe de someter a un proceso de clarificación La meladura que sale de los evaporadores se somete a la clarificación por fosfato en donde se aplica ácido fosfórico, floculante, lechada de cal una vez obtenida esta mezcla se le inyecta pequeñas cantidades de aire provocando que los sólidos floten en forma de espuma. Esta espuma se retira y se obtiene la meladura purificada para pasar al proceso de cristalización.

La meladura purificada se conduce hacia los tachos que son evaporadores al vacío de simple efecto. En los tachos el jarabe se evapora hasta quedar saturado en ese momento se le añaden semillas que forman los cristales de azúcar.

Cuando el recipiente se llene, los cristales habrán alcanzado el tamaño de aproximadamente 1 mm. El material resultante es una mezcla de miel y cristales de azúcar, esta mezcla se concentra hasta formar una masa densa, conocida como masa cocida. La templa que es el contenido del tacho se descarga por medio de una válvula colocada en la parte inferior del tacho, hacia el cristizador o un mezclador y así poder continuar con el proceso de cristalización. (Gabriela Suárez, 2012).

CENTRIFUGACIÓN:

La masa cocida que proveniente del cristizador se envía a las centrífugas. El objetivo principal de las centrífugas es separar los cristales de azúcar de la miel.

Las centrífugas se encuentran suspendidas sobre un eje y cuentan con paredes laterales perforadas, las centrífugas están forradas en el interior con malla. El azúcar se deposita en la parte más fina de la centrifuga y el azúcar es raspado por unas cuchillas.

Las mieles pasan a través del forro, impulsadas por la fuerza centrífuga que sobre ellas se ejerce de esta manera el azúcar se lava con agua caliente eliminando la película de miel que recubre los cristales cuando el azúcar queda purgado y lavado, se descarga de la centrífuga para conducirse hacia el secador.

El subproducto que es la miel que sale de las centrifugas y se bombea hacia los tanques de almacenamiento (A, B o, MELAZA) (Reín P., 2012).

SECADO Y ENVASADO

La alimentación al secador se lleva a cabo mediante elevadores y bandas las cuales transportan el azúcar húmedo que sale de las centrifugas. El azúcar se seca mediante un equipo rotatorio, con el que se reduce su contenido de humedad hasta un 0.04%. Para ello, se hace pasar una corriente de aire a 120°C a través del equipo rotatorio.

El azúcar seca y fría que sale del secador por el extremo opuesto de la secadora y después se transporta mediante una banda transportadora de hule hacia la tolva recolectora donde se envasa en sacos de diferentes pesos y presentaciones dependiendo del mercado. Por último, los sacos se cosen y envían a una bodega. De acuerdo con las áreas descritas anteriormente los residuos generados en cada departamento tienen un destino final.

Consecuencias ambientales derivadas del proceso de producción de azúcar

Los ingenios azucareros generan impactos ambientales y la reducción de estos impactos es cada vez de mayor importancia (Singh, 1994). Estos impactos pueden verse como una fuente de conflictos entre productores y otras partes interesadas sin embargo también es una excelente oportunidad para proponer mejoras en la productividad y mejorar la viabilidad a un largo plazo en los ingenios azucareros.

Como toda industria en especial las agroindustrias, es decir aquellas basadas en la agricultura intensiva, en este caso la industria del azúcar aborda una gama compleja de daños al ambiente. (Kropff, 1997).

Los principales desafíos por mejorar para que el proceso del azúcar sea amigable con el ambiente incluyen la necesidad de mejorar sistemas de producción para minimizar el uso de agua y disminuir los volúmenes de aguas residuales, por otro lado aprovechar el uso de nutrientes, conservar suelos aplicando plaguicidas amigables con el medio ambiente controlando mejor las malas hierbas, plagas y enfermedades.

Tanto el proceso como el cultivo de la caña de azúcar están vinculados es por ello que la producción del azúcar se adapta al concepto de producción sustentable, este vínculo que existe entre ambos procesos pueden contribuir a disminuir los impactos ambientales que esta agroindustria genera, un ejemplo es el uso de subproductos para fertilizar los suelos reduciendo el uso de fertilizantes no amigables con el ambiente (Lescure y Afret, 1997). Desde una perspectiva ambiental, el grado de utilización de los subproductos es un impresionante aspecto de la industria azucarera.

A continuación, se presenta un resumen de los impactos ambientales provocados por el cultivo y procesamiento de la caña de azúcar.

IMPACTOS DEL CULTIVO:

-Impactos en la biodiversidad

Debido a que el azúcar pertenece a la canasta básica de alimentos, con el paso de los años áreas naturales han sido desmontadas para cultivar la caña de azúcar provocando la pérdida de hábitats, así mismo si se pierden las hábitats por ende se pierden especies que habitaban en ellas. En América del Sur, el Sudeste de Asia y Australia, esta actividad ha ido incrementando con el paso de los años por lo tanto la superficie cultivada ha continuado expandiéndose. (Cheesman, O. 2004).

El impacto abarca más que la pérdida de especies y hábitats, afectando la función del ecosistema incluyendo cambios en la hidrología, aumento en la erosión del suelo, y derivado de la lixiviación y la escorrentía de nutrientes surge la eutrofización. En las áreas que se cultiva la caña de azúcar generalmente soportan menos especies autóctonas, pero para la diversidad de invertebrados entre los cultivos y el suelo aún se puede considerar como hábitat, (Cheesman, O. 2004). Además de que el uso de pesticidas tiene un impacto negativo directo en la biodiversidad porque estos pesticidas matan organismos, generando de la misma manera impactos negativos indirectos como la eliminación de especies que proporcionan alimento a otros organismos. (Cheesman, O. 2004).

-Impactos en el agua:

Debido a que es una agroindustria en donde la materia prima es la caña de azúcar, y la caña de azúcar se encuentra dentro del grupo de los cultivos que son destacados por su alto consumo de agua junto con el arroz y el algodón, se ha estimado que una cosecha de caña de 100 t/ha consume en total aproximadamente 7,5 ML/ha de agua, (Wood, 1998). Este alto consumo es un motivo de creciente preocupación ya que provoca la degradación a los sistemas fluviales. (Arthington, 1997; Mayer, 1997).

En la mayoría de áreas donde la demanda de agua no es satisfecha por la lluvia se hace requerimiento de implementar un sistema de agua de riego. En donde la mayoría de los casos son sistemas de riego ineficientes provocando el desperdicio de agua. (Wood, 1998).

Las aguas subterráneas y los hábitats acuáticos son contaminados por agroquímicos, sedimentos derivadas del cultivo de azúcar, y la lixiviación de nutrientes de los fertilizantes usados. Estos impactos pueden extenderse aguas abajo en ecosistemas, como las zonas costeras. (Cheesman, O. 2004).

-Impactos en el suelo:

El agua usada en el riego provoca la salinización de suelos así como la fertilización química y control químico de plagas, otro impacto en los suelos es el uso de maquinaria pesada. El uso de maquinaria para la preparación de las tierras afecta las propiedades fisicoquímicas del suelo ya que esta maquinaria trabaja a profundidades de suelo de 30-45 cm. La mecanización de la siembra, de la cosecha y del transporte compacta el suelo provocando la erosión. (Villegas, 1994).

La erosión eólica y la erosión hídrica surgen porque en muchas zonas la caña se cultiva en laderas quedando los campos desnudos en el invierno; la erosión depende en gran medida de las condiciones locales. Estimaciones de pérdidas de suelo por erosión bajo la caña de azúcar varía de alrededor de 15 a >500 t/ha/año (Lugo-Lopez, 1981; Prove, 1995).

IMPACTOS DE LA MANUFACTURA:

-Impactos en la biodiversidad (uso del fuego)

Una vez cosechada la caña de azúcar se somete a un proceso de quema previo al corte para eliminar impurezas esta práctica se realiza en México, en algunos países como Cuba y Brasil está prohibida esta práctica ya que según un estudio por (Gildo Rodríguez, 2002) destruye flora y fauna como reptiles, armadillos, conejos, codornices y en el caso de la flora hay pérdidas de tacote blanco y amarillo, palo blanco y diversos matorrales además de genera daños mayores a higueras, tescalamas, sauces.

-Impactos en la Atmósfera

En cuanto a la contaminación por emisiones atmosféricas, tanto para la cosecha como para el proceso de industrialización se generan emisiones atmosféricas.

En el caso de la cosecha se reportan datos de hasta un 30 % de emisiones debidas específicamente a las prácticas de quema del cultivo de la caña en el campo. En México debido a que la producción de azúcar se generan en el mismo periodo denominado Zafra, las quemas se realizan al mismo tiempo en varios ejidos produciendo una enorme combustión con humo y cenizas que son arrastradas hasta 15 km de distancia (Gildo Rodríguez, 2002).

De igual manera la degradación de los residuos genera una cantidad importante de gases de efecto invernadero uno de ellos es el metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) durante la degradación de estos residuos también se genera H₂S (DOF, 2018). Así mismo en las unidades productivas se generan gases de efecto

invernadero y partículas suspendidas la principal fuente de emisión son las calderas como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2-Emisiones generadas por los Ingenios Azucareros.

ORIGEN	RESIDUO
Calderas.	Gases, partículas suspendidas.
Aguas residuales y residuos en degradación.	Olores, gases (incluyendo H ₂ S).
Sistema de tratamiento de efluentes.	CH ₄ , CO ₂ , NH ₃ , H ₂ SO ₄

Fuente: Elaboración propia con información tomada de (Gabriela Suárez, 2012).

-Impactos en el Agua

La industria azucarera pertenece a las industrias con mayor consumo de agua como parte del proceso productivo y así mismo se genera la descarga de aguas residuales, estas actividades provocan los impactos más relevantes de esta agroindustria en el agua (Cheesman, 2004).

Las aguas residuales tienen alto contenido de Demanda Química de Oxígeno (DQO), así como agentes químicos utilizados durante el proceso como cal, grasas y aceites, y también agua residual con sosa. Si se descargan las aguas residuales generadas en los ingenios azucareros en aguas superficiales se genera un impacto negativo en la flora y fauna. Además, su introducción inadecuada en los suelos contamina de igual manera las aguas superficiales por el efecto de la lluvia y arrastre, y las aguas subterráneas por medio de la lixiviación. (Gabriela Suárez, 2012).

Las aguas residuales provienen de diferentes áreas y poseen diversas características como se aprecia en la tabla 3. Teniendo en cuenta que la mayoría de las industrias que se dedican a la producción de azúcar aun no implementan un sistema de tratamiento para las aguas residuales (Flowen, 2022), o en algunos ingenios azucareros solo les dan un tratamiento único y este tratamiento surge en las lagunas de sedimentación.

Tabla 3-Residuos líquidos generados en los Ingenios Azucareros.

ORIGEN	RESIDUO
Áreas productivas.	Aguas residuales generadas en el proceso de producción de azúcar.
Área de Batey	Agua que se genera por el lavado de caña.
Área de Condensadores.	Agua de enfriamiento.
Calderas, evaporadores, tachos, patios y pisos.	Agua generada por la limpieza del equipó y limpieza de áreas.

Fuente: Elaboración Propia con información tomada de (Gabriela Suárez, 2012).

-Impactos en el Suelo

Al momento de la quema de la caña se destruye una paja que podría ser incorporada al suelo como materia orgánica, así mismo debido a esta práctica también se reduce la materia orgánica original del suelo por las altas temperaturas para produciendo resecaamiento del suelo por exposición directa de los rayos solares (Giovannini, 1990; Soto, 1993; 1995), generando ambientes aptos para el crecimiento de hierbas.

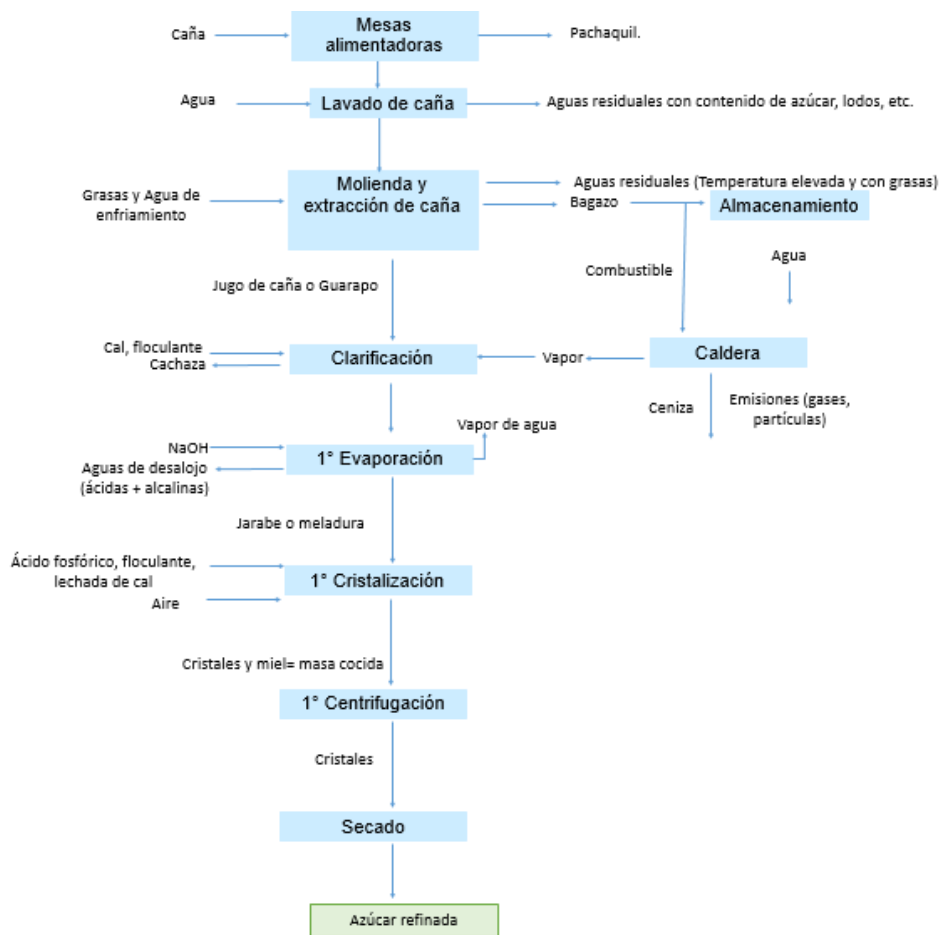
Por otro lado, el suelo se ve afectado negativamente por una gestión deficiente de los subproductos (bagazo, cachaza, pachaquil y ceniza), lo que incide en una disminución de la calidad del suelo. Así mismo, la existencia de tiraderos a cielo abierto de RME, ubicados principalmente cerca de los centros poblacionales provoca la acumulación de diversos contaminantes que se trasladan hacia el suelo y cuerpos de agua afectando negativamente a la salud de las personas y el ambiente.

Residuos generados en la industria azucarera

La problemática de los residuos generados por las industrias es un tema de prioridad ya que estos residuos pueden tener muchos impactos negativos hacia la población y el ambiente es por ello que se les debe de dar una gestión integral, valorización y así mismo prevenir la generación de los residuos mejorando los procesos productivos. Tanto la gestión integral como la valorización de los residuos nos permitirán reducir los impactos negativos. (Coordinación de residuos de manejo especial, 2013).

El proceso de producción de azúcar involucra varias etapas, el primer paso es la cosecha de la caña y esta cosecha se puede llevar a cabo de forma manual o mecánica, posteriormente se lleva a cabo el proceso de quema previo al corte para eliminar las impurezas de la caña, después los tallos son trasladados a los ingenios azucareros en camiones donde se lleva a cabo el proceso de producción del azúcar como se observa en la imagen 3 este proceso no siempre es el mismo ya que varía dependiendo del producto a obtener. Es por ello que a continuación, en la imagen 4 se observan los posibles residuos generados en las diferentes etapas del proceso de producción entre los cuales se encuentra el bagazo, la cachaza, el pachaquil y la ceniza. Debido al mal manejo que les dan los ingenios azucareros a estos subproductos, las industrias azucareras son consideradas fuentes altamente contaminantes. Según el autor (Armas, 1986) si se procesa una tonelada de tallos molidos se generan 250 Kg de bagazo, 6 Kg de ceniza y 30 Kg de cachaza.

Imagen 4.-Diagrama de flujo de proceso en la producción de azúcar.



Fuente: Elaboración propia.

La producción de bienes y servicios así como el consumismo de los mismos generan irremediablemente algún de residuo. Los residuos que se generan en las unidades productivas durante la manufactura de azúcar se dividen según su

procedencia es decir depende en el área en el que se generen, como se logra apreciar en la tabla 4 (Gabriela Suárez, 2012).

Los residuos sólidos pueden ser orgánicos e inorgánicos, en este caso durante el proceso de producción se pueden generar ambos. Los residuos orgánicos como el bagazo, cachaza, ceniza y pachaquil derivados del procesamiento de la caña de azúcar comúnmente terminan en terrenos baldíos sin embargo el compostaje se presenta como una alternativa valorizable y se define como el proceso de transformación y mineralización de materia orgánica con la ayuda de microorganismos aerobios. La actividad de compostaje se presenta en 4 etapas las cuales son mesófila, termófila, enfriamiento y maduración.

Esta actividad puede ser utilizada como una opción para el aprovechamiento y valorización de los de los subproductos generados de la caña de azúcar. Para poder realizar la actividad de composteo esta debe acoplarse a la normativa mexicana (DOF, 2018). Una vez que se llevó a cabo el proceso de compostaje se debe evaluar la calidad de las compostas obtenidas (DOF, 2018).

Por otro lado, los residuos inorgánicos comúnmente terminan en rellenos sanitarios o depósitos a cielo abierto de este modo se generan escurrimientos llamados lixiviados y estos son contaminantes del subsuelo y mantos acuíferos. Esta contaminación de los mantos acuíferos y del subsuelo se puede controlar con una adecuada valorización y si es que el residuo no posee ningún valor se debe de disponer a través de una técnica de incineración tecnificada, y/o en botaderos o rellenos sanitarios especializados es decir que cumplan con las condiciones adecuadas de la norma.

Tabla 4-Residuos sólidos generados en los Ingenios Azucareros.

ORIGEN	RESIDUOS
Cañaveral	Residuos de Batey
Molinos	Bagazo
Clarificadores	Cachaza
Centrifugadoras	Melaza
Calderas	Ceniza

Áreas administrativas	RSU
Comedor	RSU
Áreas productivas	RME y RP.

Fuente: Elaboración propia con información tomada de (Gabriela Suárez, 2012).

Los residuos generados en los ingenios azucareros tanto en las áreas productivas como en las áreas administrativas se ejecutan en dos periodos durante todo el año, y estos periodos se definen como:

- **Zafra:** Este periodo abarca la época en que se cosecha el cultivo de caña de azúcar y así mismo se procesa la caña de azúcar en los ingenios azucareros produciendo azúcar, este periodo corresponde a los meses de noviembre-abril, en un promedio de 180 días. Debido a la gran cantidad de volumen de residuos generados en el proceso de producción y al potencial económico que presentan estos residuos, los RME más importantes son los generados durante el periodo de zafra.
- **Reparación /mantenimiento.** Este periodo corresponde a la etapa no productiva y abarca de los meses de mayo a octubre coincidiendo con las épocas lluviosas favoreciendo así la actividad de los agricultores de la siembra de las nuevas cosechas de caña de azúcar. Mientras los agricultores siembran la nueva cosecha para la siguiente Zafra en el ingenio en este periodo se dedica a la reparación y desmontaje de las áreas de producción proponiendo mejoras en la fábrica.

Los residuos de manejo especial (RME) son los que se generan en los procesos productivos o generación de servicios, estos materiales no deben de poseer las características de un RSU o RP. En la Tabla 5 se mencionan los principales residuos de manejo especial generados en los ingenios azucareros abarcando los residuos del proceso de producción y de las áreas administrativas.

Tabla 5-RME generados en los Ingenios Azucareros.

RESIDUO
Residuos de Batey: Basura de caña. Hojarasca, tierras y piedras
Lodo-Conductor de caña
Bagazo y Bagacillo

Cachaza
Melaza
Ceniza-Tolvas
Ceniza-Calderas
Súper sacos
Tarimas
Contenedores
Chatarra Láminas Rebaba
Contenedores
Neumáticos
Residuos de jardinería

Fuente: Elaboración propia con información tomada de (Gabriela Suárez, 2012).

Planes de manejo de residuos

Lay LGPGIR y su Reglamento introdujeron un concepto nuevo denominado Plan de manejo, en donde este nuevo concepto pretende llevar a cabo la gestión de los residuos de manera que favorezca la valorización de los mismos.

La gestión de residuos es una actividad asociada al control de la generación de los residuos, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición de los residuos; esta gestión se debe realizar manteniendo los principios de salud pública, economía, ingeniería, conservación, y aspectos ambientales. El realizar un plan de manejo incluye las funciones administrativas, financieras, legales, de planeación e ingeniería; todas estas funciones son la solución de la problemática de los residuos. (Tchobanoglous, 1993).

Las actividades de manejo asociadas con la gestión de residuos sólidos son las siguientes: Generación, Almacenamiento, Recolección, Tratamiento, Transporte, y Disposición final estas actividades se encuentran descritas en el anexo I.

¿Cómo sé qué tipo de generador es mi industria?

Para poder identificar qué tipo de generador es la industria, la LGPGIR distingue tres tipos de generadores de residuos y aplica para las personas físicas y personas morales, esta clasificación se da en función del volumen anual que generen como se observa a continuación:

- Microgenerador: < 400 kg de RP/año
- Pequeño Generador: ≥ 400 kg/año | < 10 ton/ año
- Gran generador: ≥ 10 ton/año

¿Qué son los Planes de manejo?

Son instrumentos que deben de cumplir el objetivo de minimizar la generación de los residuos y maximizar la valorización de los mismos, estos objetivos se deben de cumplir bajo ciertos criterios como los de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social llevando a cabo acciones y procedimientos que cumplan los principios de responsabilidad compartida. En la elaboración de los planes de manejo se deben de involucrar a los productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores y cualquiera que genere residuos. Son aplicables para los tres niveles de gobierno.

¿Qué fines persiguen?

- Fomentar la prevención de la generación de los residuos y aumentando la valorización de los mismo.
- Llevar a cabo un manejo integral mediante acciones que reduzcan los costos de administración, facilitando y haciendo más efectivos los planes de manejo desde un panorama ambiental, tecnológico, económico y social.
- Crear modalidades de manejo, estas modalidades deben de cumplir con las particularidades de los residuos y las necesidades específicas de ciertos generadores.

Adicionalmente, la LGPGIR prevé que los RME que podrán sujetarse a planes de manejo deben poseer alguna de las siguientes características o se encontraran mencionados en la Norma Oficial Mexicana correspondiente, en este caso la norma específica para los residuos de manejo especial es la NOM-161-SEMARNAT-2011.

- El residuo esta compuestos por materiales con un alto valor económico.
- El volumen de generación es alto.
- Los residuos contienen sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables.
- Representan un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.

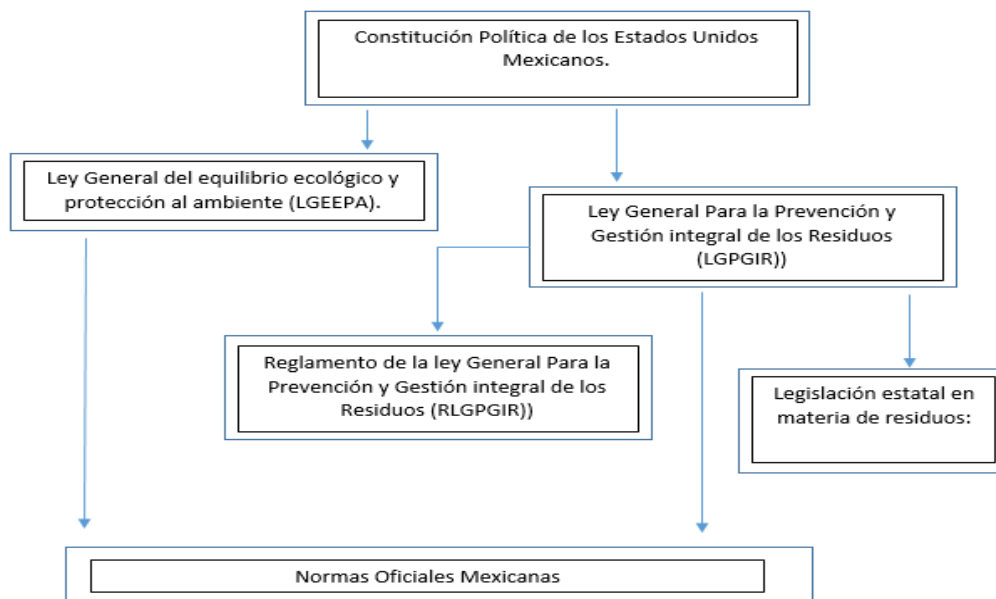
Conforme a lo establecido en la NOM-161-SEMARNAT-2011 los Planes de manejo (PM) deberán realizarse bajo el principio de responsabilidad compartida. Los elementos mínimos que deben contemplar son:

- Información general de la empresa
- El listado de los residuos que se van a incluir en el PM.
- El diagnóstico de residuos el cual debe incluir el volumen de generación, fuentes de generación, componentes y métodos de manejo.
- Actividades de manejo integral propuestas para el residuo.
- Metas de cobertura del PM.
- Descripción del destino final del residuo.
- Mecanismos de operación, control y monitoreo para el seguimiento del PM.
- Participantes involucrados en el plan de manejo y la actividad que le corresponde a cada participante
- Mecanismos de difusión y comunicación a la sociedad en general.

Marco Legal

En México la legislación ambiental ha ido avanzando con el paso del tiempo en el caso de los residuos la legislación tiene como objetivo minimizar la generación de residuos mediante la elaboración e implementación de Planes de Manejo en las industrias. Estos planes de manejo pretenden promover una gestión innovadora y eficiente por parte de los generadores de residuos bajo los principios de flexibilidad y responsabilidad compartida, a través de distintas acciones, enfocadas a minimizar la generación de residuos, que los costos de su administración reduzcan y hacer más efectivos los procedimientos para su manejo desde la perspectiva ambiental.

Imagen 5. – Jerarquización de los componentes de la regulación de RME en México



Fuente: Elaboración propia con información tomada de UNAM, 2002.

(CPEUM) CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

Basándonos en el artículo 4, el cual hace referencia a que toda persona que habite en el país tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar así mismo menciona que el daño y el deterioro ambiental es responsabilidad de quien lo ocasione.

Por otro lado el artículo 25, nos menciona que se apoyara a las empresas tanto del sector social y privado bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad, para que las empresas se sujeten a las modalidades de interés público cuidando tanto la conservación de la empresa como la conservación del medio ambiente.

(LGEEPA) LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

De acuerdo con esta ley publicada en 1988, un residuo es el material que se genera en los procesos de producción es decir transformación de la materia, pero también se generan por medio del consumo, la calidad de este material ya no tiene las mismas características que poseía antes por lo tanto no se puede usar nuevamente en el proceso o actividad que lo generó.

La LGEEPA establece reglamentos y procedimientos que deben de seguir los tres niveles de gobierno, estableciéndole a cada nivel facultades específicas sobre la gestión de los residuos.

En el artículo 7 establece que para el caso de los residuos no peligrosos los cuales le compete al estado, la aplicación de administrar los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final para prevenir y controlar los impactos negativos al medio ambiente.

Así mismo en la sección de prevención y control de la contaminación del agua y de los sistemas acuáticos en el artículo 120 menciona que le compete a la federación o localidad disponer de manera correcta los desechos, sustancias o residuos generados en las actividades de extracción de recursos no renovables, esta disposición debe de ser de manera correcta es decir no se deben de contaminar los cuerpos de agua, esto en relación con el recurso hídrico involucrado en la industria azucarera.

Por otro lado, en el apartado Prevención y Control de la contaminación del suelo en el capítulo IV, la Ley establece en los artículos 134 al 144 que la prevención de contaminación del suelo le compete al estado y a la sociedad; debido a la necesidad de controlar los residuos esta ley introduce el concepto “gestión de residuos”, este concepto abarca las actividades de reducir la generación de residuos, incorporar técnicas y procedimientos aplicando las tres R (reducir, reciclar y reutilizar), así

como regular su manejo y la disposición final de los residuos debe de ser de manera eficiente.

(LGPGIR) LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

Esta ley que fue publicada en 2003 e introduce la clasificación de residuos y, junto con su reglamento, además de establecer la gestión integral de residuos.

En el artículo 1 menciona que la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos establece acciones nacionales referentes a la protección al ambiente en materia y gestión integral de residuos. Se deben de diseñar herramientas como programas y planes de manejo para la adecuada gestión de residuos aplicando un manejo integral de residuos.

De igual manera en ella se define el concepto de Plan de Manejo como instrumentos que deben de cumplir el objetivo de minimizar la generación de los residuos y maximizar la valorización de los mismos, estos objetivos se deben de cumplir bajo ciertos criterios como los de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social llevando a cabo acciones y procedimientos que cumplan los principios de responsabilidad compartida. En la elaboración de los planes de manejo se deben de involucrar a los productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores y generadores de residuos. Son aplicables para los tres niveles de gobierno.

La LGPGIR clasifica también los residuos como sólidos urbanos (RSU), de manejo especial (RME) y peligrosos (RP).

Los residuos de nuestro interés son los residuos de manejo especial y esta ley define un residuo de manejo especial como *aquel material generado en los procesos productivos y este material no debe de poseer características para ser considerados como peligrosos o como sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos* así mismo nos dice que la gestión integral de estos residuos le compete a los tres niveles de gobierno.

En el artículo 19 de la misma ley, se hace referencia a la clasificación de RME conforme a esta clasificación donde en el artículo 20 se estipula que la clasificación de los RSU y RME sujetos a planes de manejo se llevara a cabo conforme a los criterios de que se establezcan en las normas oficiales mexicanas y a los criterios establecidos en el capítulo II de esa ley.

De acuerdo al artículo 28 fracción III de la LGPGIR, la elaboración de los planes de manejo es obligatorio y se deben de involucrar a todo generador de residuos ya sean personas físicas o morales.

REGLAMENTO DE LA LGPGIR

Este reglamento fue publicado en 2006, en el artículo 12 se hace referencia a que las normas oficiales mexicanas contendrán lineamientos y criterios para clasificar un residuo como RME, además de los listados en la LGPGIR y los que están sujetos a planes de manejo así mismo nos menciona que el plan de manejo debe de considerar las características de los residuos y los mecanismos de control correspondientes además de los elementos y procedimientos a considerar.

En el título segundo, capítulo I, artículo 16 se establece que los planes considerarán elementos adicionales, de acuerdo a la modalidad en la que se presenten y estos pueden ser privados o mixtos así mismo deben de considerar la posibilidad de asociación de los sujetos obligados a su formulación y ejecución estos pueden ser individuales o colectivos y conforme a su ámbito de aplicación estos van a ser nacionales, regionales o locales.

De tal manera que este reglamento facilita la implementación de planes de manejo, estableciendo la posibilidad de usar la información de un plan existente.

LEY PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL PARA EL ESTADO DE PUEBLA.

Por su parte esta ley tiene por objetivo garantizar el derecho de toda persona de contar con un medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención y regulación de la generación, caracterización, la valorización y la gestión integral de residuos de competencia estatal y municipal para llevar a cabo una gestión integral de los residuos es necesario comprender unos conceptos que se presentan en el artículo 2 de esta ley los cuales se encuentran el anexo I de esta tesis.

Por otro lado, en el artículo 16 nos habla de la clasificación de los residuos de manejo especial

Así mismo esta ley abarca en el título quinto capítulos I, II y III los criterios y acciones para la elaboración de los planes de manejo y formulación e instrumentación de los mismos.

NORMAS ESPECÍFICAS PARA RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

Constituyen instrumentos de regulación tendientes a inducir la gestión integral de los residuos de manejo especial.

Para darle cumplimiento a lo que establece la LGEEPA, la LGPGIR y su reglamento se han publicado las normas oficiales mexicanas.

La NOM-161-SEMARNAT-2011 es la norma específica para los residuos de manejo especial y es la que vamos a aplicar en esta tesis respecto a la gestión de RME, ya que en ella se establecen los criterios para clasificar a los RME y determinar cuáles están sujetos a un plan de manejo; el listado de los residuos que se deben de incluir en el plan de manejo, el procedimiento para la inclusión o exclusión de un residuos a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

El principal objetivo de la NOM-161-SEMARNAT-2011 consiste en desviar los RME de los sitios de disposición final mediante su reutilización o aprovechamiento. Así mismo, destaca que el plan de manejo deberá ser técnica, económica y ambientalmente factible, al enfatizar en los residuos que poseen potencial económico.

En el país la política en materia de residuos va encaminada hacia la prevención y minimización de los mismos, dar un manejo integral a los residuos tiene fundamento a nivel federal, estatal y local a través de acciones, operaciones y procesos que permiten disminuir su cantidad, es por ello que en la actualidad se cuentan con instrumentos normativos específicos para los diferentes tipos de residuos como se enlistan en la tabla 6.

Tabla 6-Normas referentes a residuos de manejo especial en México.

NORMA	ASPECTO REGULADO
NOM-083-SEMARNAT-2003.	Establece las especificaciones referentes al sitio de disposición final de RSU y RME.
NOM-161-SEMARNAT-2011.	Establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo.
NADF-019-AMBT-2018.	Establece los requisitos y especificaciones para el manejo de los residuos eléctricos y electrónicos.

NMX-AA-180-SCFI-2018.	Establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los RSU y RME.
-----------------------	--

Fuente. - Elaboración Propia

METODOLOGÍA

Este trabajo se centra en el análisis de la gestión de residuos de manejo especial en un ingenio azucarero con la finalidad de obtener un panorama más amplio de la situación actual en el giro industrial azucarero.

El diseño de esta investigación no se llevó a cabo de manera experimental debido a que no hubo manipulación de las variables, sino que se realizó a partir de la recolección de datos enfocada en las prácticas relacionadas con el manejo actual de los RME en uno de los ingenios azucareros del país. Las observaciones, así como los resultados e interpretación de los análisis servirán para generar propuestas de planes de manejo para RME para otras empresas del giro azucarero.

En este capítulo se expone la metodología que se llevó a cabo para la realización de esta tesis, esta metodología contempla IV fases las cuales son la revisión bibliográfica y búsqueda de datos, estudio de campo, análisis de la información obtenida en la revisión bibliográfica y en recorridos de campo y por último la fase propuesta de Manejo, como se describen a continuación.

Procedimiento General:

Fase I. Revisión bibliográfica y búsqueda de datos.

Se realizará un diagnóstico del estudio de generación en instalaciones y en el proceso productivo, este punto se llevó a cabo analizando la información recabada por (Anacleto, 2022); esta fase se centró en los siguientes aspectos:

- a) Puntos de generación de residuos de manejo especial.
- b) Bitácoras de las diferentes áreas productivas que nos permitieron identificar las cantidades de residuos generados.
- c) Estudio de caracterización de los residuos.

Fase II. Estudio de campo.

En esta fase se recabará información obteniéndose un diagnóstico del plan de manejo actual de los residuos de manejo especial, el cual servirá para generar propuestas en el manejo actual de los residuos; se llevará a cabo mediante un estudio de campo.

El estudio de campo se realizó en el periodo de Zafra 2021-2022, centrándose en:

- a) Diagrama de flujo del manejo de los residuos generados en la industria.

- b) Conocer el entorno donde se realiza el manejo de los residuos, el cual abarca las prácticas de almacenamiento, recolección, transporte, disposición final.

Para esta fase se realizarán las siguientes actividades:

- Revisión de bitácoras.
- Recorridos dentro de las áreas productivas e instalaciones.
- Control y supervisión del almacén de residuos de manejo especial.

Fase III. Análisis de la información obtenida en la revisión bibliográfica y en recorridos de campo.

La información recolectada se analizará de forma conjunta para generar los siguientes documentos básicos que nos ayudarán a la elaboración del plan de manejo.

- a) Estudio de generación de residuos en Zafra.
- b) Identificación y selección de residuos a incluir dentro del Plan de Manejo considerando la identificación de residuos con potencial de: Minimización, Valorización y Aprovechamiento. (Conforme a los criterios de la NOM-161-SEMARNAT-2011)
- c) Identificar los aspectos clave positivos y negativos del manejo actual en el ingenio azucarero para el manejo de los RME.

Fase IV. Propuesta de Manejo.

Una vez analizada la información se procedió a elaborar la propuesta de un plan de manejo conforme a los criterios establecidos en la NOM-161-SEMARNAT-2011, considerando principalmente:

- a) Establecimiento de metas trazando la metodología a seguir para los residuos, esto es proponer el plan de manejo.
- b) Asignación de recursos materiales para el alcance de las metas trazadas.
- c) Análisis costo-beneficio de la aplicación del Plan de Manejo propuesto.
- d) Conformación del directorio de proveedores para servicios de valorización de los diversos residuos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I. Revisión bibliográfica y búsqueda de datos.

Con lo que respecta a la Fase I, correspondiente al estudio de generación de residuos en el ingenio azucarero en el periodo de Zafra (2021-2022).

Como se menciona en (Anacleto, 2022) los departamentos que generan Residuos de Manejo Especial como parte de las actividades de rutina durante el periodo de Zafra que abarco los meses de noviembre y diciembre 2021 a mayo 2022 con un promedio de 180 días son los que se mencionan a continuación:

1. Almacén de materiales
2. Calderas
3. Calidad
4. Capacitación
5. Centrifugación
6. Eléctrico
7. Envase
8. Instrumentación
9. Laboratorio Químico
10. Planta de tratamiento de aguas residuales
11. Maquinaria
12. Predictivo
13. Seguridad Industrial

En el anexo II, tabla 12 se observan claramente las cantidades de RME generadas en cada departamento conforme a lo establecido por (Anacleto, 2022) como se describen a continuación:

En el departamento de almacén de materiales los residuos generados en mayores cantidades son los correspondientes a cartón y madera provenientes de materiales de embalaje de diferentes materias primas que se usan dentro de las diferentes áreas de procesos, trapos que provienen de limpieza de las diversas áreas de trabajo, y plástico de embalaje provenientes de consumo de agua embotellada por parte de los trabajadores dentro de la industria, así como de envases de productos de limpieza, siendo estos dos últimos los que muestran una diferencia bastante notable con respecto a los primeros pero aún son cantidades considerables.

En el departamento de calderas se observa que los residuos generados en mayores cantidades son los residuos orgánicos correspondientes a pachaquil, ceniza, cachaza y bagazo provenientes del proceso de producción y trapos que provienen de la limpieza y mantenimiento de las diversas áreas de trabajo.

En el departamento de calidad solo se generan dos tipos de residuos y en la misma cantidad, estos son trapos que provienen de la limpieza y mantenimiento de las diversas áreas de trabajo y el papel generado por impresiones erróneas y antiguas de una sola cara de la hoja.

En el departamento de capacitación el residuo con mayor cantidad de generación son los electrónicos provenientes de los equipos de cómputo y sus accesorios que son remplazados por nuevos equipos y piezas nuevas; de igual manera el cartón y plástico se generan en cantidades importantes y estos provienen de embalaje del equipo y piezas nuevas adquiridas.

Los residuos generados en el departamento de centrifugación, que a comparación con las demás áreas de la industria este departamento genera cantidades menores, siendo los residuos con mayores cantidades de generación el cartón, plástico y

empaque de neopreno o elastómero que proviene del mantenimiento de equipos e instalaciones del proceso de producción.

Los residuos generados en el departamento eléctrico en mayores cantidades son los correspondientes a Capacitores de alumbrado no PCBS, Foco de vapor de sodio de 70 watts, 250 watts y 400 watts, Tubos fluorescentes t8 y t12 de 60 y 30 watts, Tubos fluorescentes t5 de 54 watts provenientes del mantenimiento a las instalaciones y equipos que se usan dentro de las diferentes áreas; trapos que provienen de limpieza, cartón y madera provenientes de empaque de materiales.

El residuo generado en mayor cantidad en el departamento de envase es el correspondiente a cartón proveniente del estibado de los sacos y empaques de materiales que se usan dentro de esta área; los trapos que provienen de limpieza del área de trabajo y plástico de embalaje, PET proveniente de consumo de agua embotellada por parte de los trabajadores dentro de la industria, así como de envases de productos de limpieza, siendo estos dos últimos los que muestran una diferencia notable con respecto al primero pero aun así son cantidades importantes.

Los residuos generados en mayores cantidades en el departamento de instrumentación son los correspondientes a chatarra proveniente de mantenimiento a maquinaria e instalación de equipos, el cartón generado por empaque de material y trapos que provienen del mantenimiento a maquinaria y equipo, estos dos últimos muestran una diferencia notable con respecto al primero, pero aún se consideran cantidades considerables.

En el departamento de laboratorio químico el residuo generado en mayor cantidad es el papel que proviene de impresiones erróneas y antiguas de una sola cara de la hoja, por lo que este residuo se reutiliza para impresiones en el departamento de PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales), y el que ya no es posible reutilizar se usa como combustible en calderas; el cartón, vidrio y plástico también se generan, pero en menores cantidades.

En el departamento de PTAR el residuo generado en mayor cantidad son los tambos de productos químicos de cloro líquido y ácido fosfórico; cartón proveniente del empaque del material y plástico de embalaje y proveniente de consumo de agua embotellada por parte de los trabajadores dentro de la industria, así como de envases de productos de limpieza, estos dos últimos se generan en menores cantidades.

En el departamento de maquinaria los residuos generados en mayor cantidad durante el periodo de zafra son hierro y caucho provenientes de piezas que son cambiadas durante el mantenimiento, colillas de soldadura que provienen de igual manera durante el mantenimiento y reparación de piezas, el cobre y bronce se generan en menor cantidad, pero aún son cantidades considerables.

Como se puede observar en el departamento predictivo los residuos generados en mayor cantidad son el cartón y madera, estos provienen de empaque de piezas o materiales adquiridos para dar mantenimiento a las instalaciones, botellas de PET que se generan del consumo de agua embotellada por parte de los trabajadores dentro de la industria, así como de envases de productos de limpieza.

En el departamento de Seguridad Industrial el residuo generado en mayor cantidad son el cartón que proviene del empaque de piezas o materiales adquiridos, los residuos electrónicos se generan en menor cantidad y estos provienen de los equipos de cómputo y sus accesorios que son remplazados por piezas nuevas.

A continuación, en la tabla 7 se observa la clasificación de los residuos de manejo especial que se generaron dentro del ingenio azucarero durante el periodo de Zafra (2021-2022), los cuales fueron clasificados conforme a los criterios establecidos en la NOM-161-SEMARNAT-2011 (Anacleto, 2022).

Tabla 7-Clasificación de residuos de manejo especial

RESIDUO	CLASIFICACIÓN
Cartón	Cartón
Papel	Papel
Plástico	Plástico
Caucho	Caucho
Cobre	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
Hierro	Chatarra
Bronce	
Vidrio	Vidrio
Madera	Madera
Trapo	Trapo
Tambos de producto químico	Plástico duro
Tarjetas electrónicas	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
Transmisores	
Celdas de carga	
Fuentes de poder	
Variadores de velocidad	
Transductores	
Electroválvulas	
Conectores rápidos	
Foco de aditivo metálico de 250 watts, 400 watts y 1000 watts	
Foco de vapor de sodio de 70 watts y 1000 watts	
Tubos fluorescentes t8 y t12 de 60 y 30 watts	

Tubos fluorescentes t5 de 54 watts	
Capacitores de alumbrado no PCBS	
Balastras electrónicas para tubos fluorescentes	
Luminarias electrónicas	
Micas y/o acrílico de luminaria	
Colillas de soldadura	Residuos de soldadura
Cachaza	Residuos Orgánicos
Ceniza	
Bagazo	
Pachaquil	
Empaque de neopreno	Caucho
Empaque de grafito	Caucho

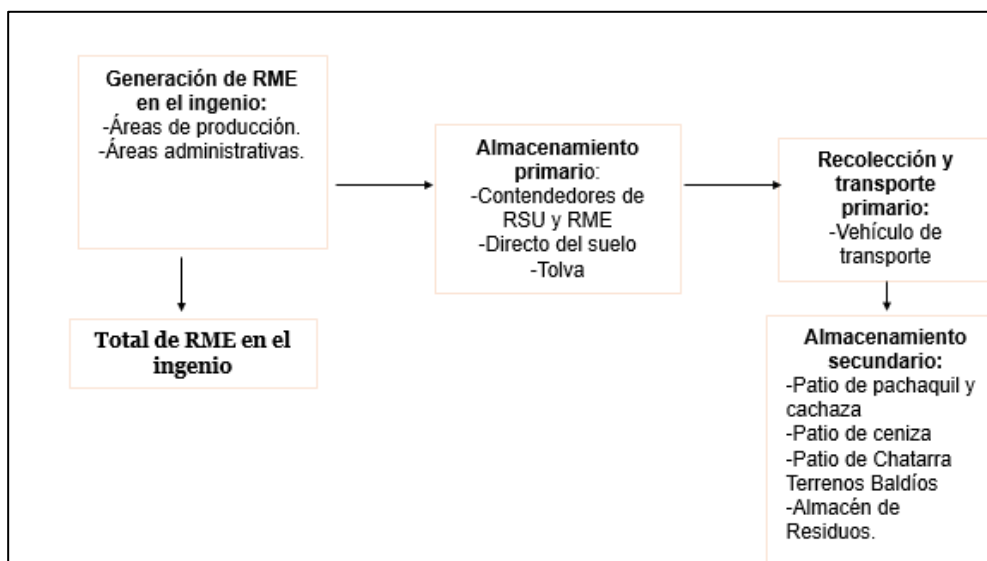
Fuente: Elaboración Propia con información tomada de (Anacleto, 2022).

Fase II Estudio de campo.

La importancia del diagrama de flujo del plan de manejo de RME nos permite la identificación clara y objetiva de las diferentes etapas del manejo de estos, y la secuencia durante el proceso desde su generación hasta su disposición.

Para conocer el manejo de los RME se realizaron recorridos de campo en los departamentos ubicados dentro del ingenio azucarero y en el proceso de producción; en la imagen 6 se puede apreciar las etapas identificadas en el manejo de los RME dentro del ingenio.

Imagen 6. Diagrama de flujo del plan de manejo de RME dentro del Ingenio.



Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto a la fase II, el manejo asociado a los residuos dentro del ingenio azucarero es un requerimiento básico para desarrollar un plan de manejo de los residuos. Este sistema de manejo debe de abarcar las prácticas de almacenamiento primario (por departamento), recolección y transporte primario, almacenamiento secundario (general en el ingenio), transporte, disposición final y/o reciclaje o reutilización, como se puede observar en el diagrama anterior las prácticas que se llevan a cabo dentro del ingenio solo son las de almacenamiento primario, recolección y transporte primario y almacenamiento secundario. A continuación, se describe cada una de las prácticas que se llevan a cabo dentro del ingenio Azucarero.

-Almacenamiento primario (por departamento)

Cada departamento cuenta con contenedores dentro de su área. Algunos para separar materiales como cartón, plástico, etc. según sea el caso; y el resto de los residuos los depositan mezclados en los contenedores generales es decir los contenedores de los RSU.

Durante los recorridos de campo fue posible observar que el ingenio cuenta con 152 contenedores para RSU en los cuales depositan RME y RSU mezclados; y solo cuenta con 11 contenedores de metal para la separación de los RME generados en los departamentos de los cuales 8 contenedores son para plástico, 1 contenedor para cartón, 1 contenedor para colillas de soldadura y 1 contenedor para residuos eléctricos y electrónicos.

Para el caso de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo se almacenan en tolvas la cachaza y ceniza, para el bagazo no es necesario almacenar debido a que pasa directamente al área de calderas, y el pachaquil se almacena directamente en el suelo.

-Recolección y transporte interno: Maquinaria y equipo

El horario de recolección de los RME orgánicos no es fijo, pero se lleva a cabo diariamente en el turno matutino y vespertino es decir las 24 horas del día debido a que estos residuos se generan por el proceso de la materia prima.

En la tabla 8 se lista el equipo utilizado para el manejo de RME orgánicos dentro del ingenio azucarero, así como el método de cuantificación de dichos residuos.

Tabla 8-Maquinaria y equipo para la recolección interna de RME orgánicos.

RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL ORGÁNICOS		
Residuo	MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN	MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO
		Equipo de recolección:

Pachaquil	Pesaje	Maquinaria para el movimiento de tierras. Excavadoras Vehículo de transporte: camión.
Cachaza	Pesaje	Tolva de descarga Vehículo de transporte: Camión.
Ceniza	Estimación/Pesaje	-Tolva de descarga, palas Vehículo de transporte: Camión, carretillas.
Bagazo	Pesaje	-Banda transportadora -Acondicionadores para pre secado y sistema de alimentación mecánica a calderas.

Fuente: Elaboración propia.

Para los residuos de manejo especial inorgánicos no hay día de recolección establecido debido a que los 11 contenedores establecidos para estos residuos no se llenan porque los residuos de manejo especial los depositan en los contenedores de los residuos sólidos urbanos por lo tanto los RME se van a los rellenos sanitarios.

En la tabla 9 se lista el equipo utilizado para el manejo de RME inorgánicos dentro del ingenio azucarero, así como el método de cuantificación de dichos residuos.

Tabla 9- . Maquinaria y equipo para la recolección interna de residuos generados en los departamentos.

RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL GENERADOS EN LOS DEPARTAMENTOS		
RESIDUO	MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN	MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO
-Residuos Sólidos Urbanos.	-Pesaje	Vehículo de transporte: -Camión. -Diablito para tambos.
-Residuos de manejo especial.	-Pesaje	

Fuente: Elaboración Propia.

-Almacenamiento secundario en el ingenio:

Mediante los recorridos por las instalaciones del ingenio azucarero, se observó que los residuos de manejo especial son almacenados en las siguientes áreas:

- Patio de pachaquil y cachaza.
- Patio de ceniza.
- Almacén de Residuos.
- Patio de Chatarra.

En la tabla 10 se muestran datos relevantes como características y condiciones de cada área de almacenamiento de los residuos de manejo especial.

Tabla 10- Características de áreas de almacenamiento.

ÁREA	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA	RESIDUOS ALMACENADOS	OBSERVACIONES
Patio de pachaquil y cachaza.	Responsable: Superintendente PTAR Delimitación perimetral: Ninguna Restricción de ingreso: Ninguno Piso: Suelo natural Techado: Ninguno Superficie ocupada: Desconocida	<ul style="list-style-type: none"> • Cachaza • Pachaquil • RSU • Residuos de jardinería 	Esta área es un área abierta y debido a esta situación existen residuos inorgánicos y residuos de jardinería en bolsas plásticas provocando así contaminación de los residuos y del suelo. El periodo de almacenamiento varía dependiendo la disponibilidad de vehículos y el destino.
Patio de Ceniza.	Responsable: Superintendente PTAR y calderas Delimitación perimetral: Ninguna Restricción de ingreso: Ninguno Piso: Suelo natural Techado: No	<ul style="list-style-type: none"> • Ceniza 	El patio de ceniza se encuentra cerca del área de calderas por lo que el trayecto de recolección es corto.
Almacén de residuos.	Responsable: Superintendente PTAR Delimitación perimetral: Bardas Restricción de ingreso: Puerta con candado. Piso: Concreto. Techado: Solamente se encuentra techado aproximadamente un 50% del área total.	<ul style="list-style-type: none"> • Cartón • Tambos de producto químico • Colillas de soldadura • Caucho • Residuos de aparatos 	El periodo de almacenamiento de los siguientes residuos es indefinido ya que no se tiene especificado su disposición final: Residuos como el vidrio, caucho y aparatos eléctricos y electrónicos.

	Área: Desconocida.	<ul style="list-style-type: none"> eléctricos y electrónicos • Papel • Plástico • Vidrio 	
Patio de chatarra	Responsable: Superintendente PTAR Delimitación perimetral: Ninguna Restricción de ingreso: Ninguna Piso: Suelo natural Techado: No Superficie ocupada: Desconocida.	<ul style="list-style-type: none"> • Chatarra metálica • RSU • Sacos de Polipropileno • Madera • Ceniza 	Debido a que el área no se encuentra techada se producen lodos con ceniza y otros materiales. Debido a que es un área abierta el personal deposita residuos como la madera, así mismo el personal deposita la chatarra sin ningún orden o registro. El periodo de almacenamiento varía ya que la chatarra se retira de 2 a 3 veces al año.

Fuente: Elaboración Propia.

Fase III Selección de los residuos que estarán sujetos a un plan de manejo.

a) Estudio de Generación

El estudio de generación es un método que nos va a permitir estimar las cantidades de los residuos que se generan en los ingenios azucareros tanto en las áreas productivas como en los diversos departamentos, a continuación, se muestra el estudio de generación de los RME realizado en el periodo de Zafra 2021-2022.

En la tabla 11 se muestra el concentrado de la clasificación de los residuos de manejo especial y la cantidad que se generó durante el periodo de Zafra, siendo predominantes los residuos orgánicos, de los cuales el residuo con mayor volumen de generación fue la cachaza, el cual se genera durante el proceso de clarificadores y elaborado de crudo, la generación de este residuo depende de la cantidad de materia prima usada y tiene una tasa de generación aproximada de 3 y 5% de la materia prima molida.

En segundo lugar, se encuentra el pachaquil, este residuo se genera por las impurezas de la caña de azúcar durante la cosecha, acarreo, descarga y limpieza de la caña; el tercer lugar es el bagazo el cual se genera en el proceso de molienda su generación es aproximadamente una tercera parte de la caña molida y en último

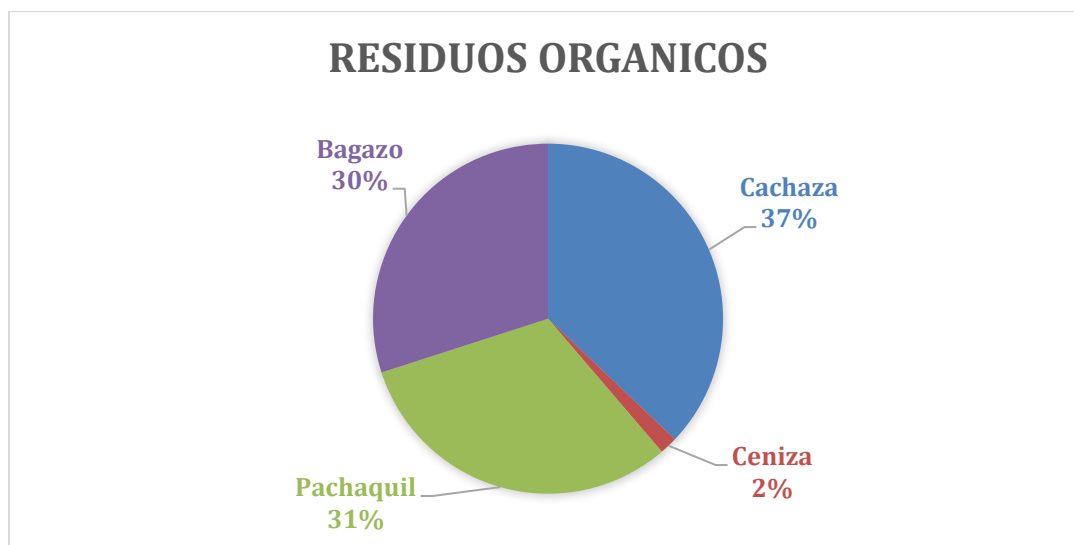
lugar se encuentra la ceniza, la cual se genera por la incineración del bagazo, como se puede apreciar en la gráfica de la imagen 7 el volumen de generación de los residuos orgánicos.

Tabla 11- Clasificación y volumen de generación en el periodo de zafra 2021-2022.

CLASIFICACIÓN	GENERACIÓN ZAFRA (Kg)
Cachaza	3,714,000
Pachaquil	3,132,000
Bagazo	3,000,000
Ceniza	164,000
Cartón	13,472
Chatarra	4,440
Tambos de producto químico	3,000
Colillas de soldadura	1500
Caucho	1,212.6
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	1,074
Madera	1,060
Trapo	375
Papel	328
Plástico	238
Vidrio	148

Fuente: Elaboración Propia con información tomada de (Anacleto, 2022).

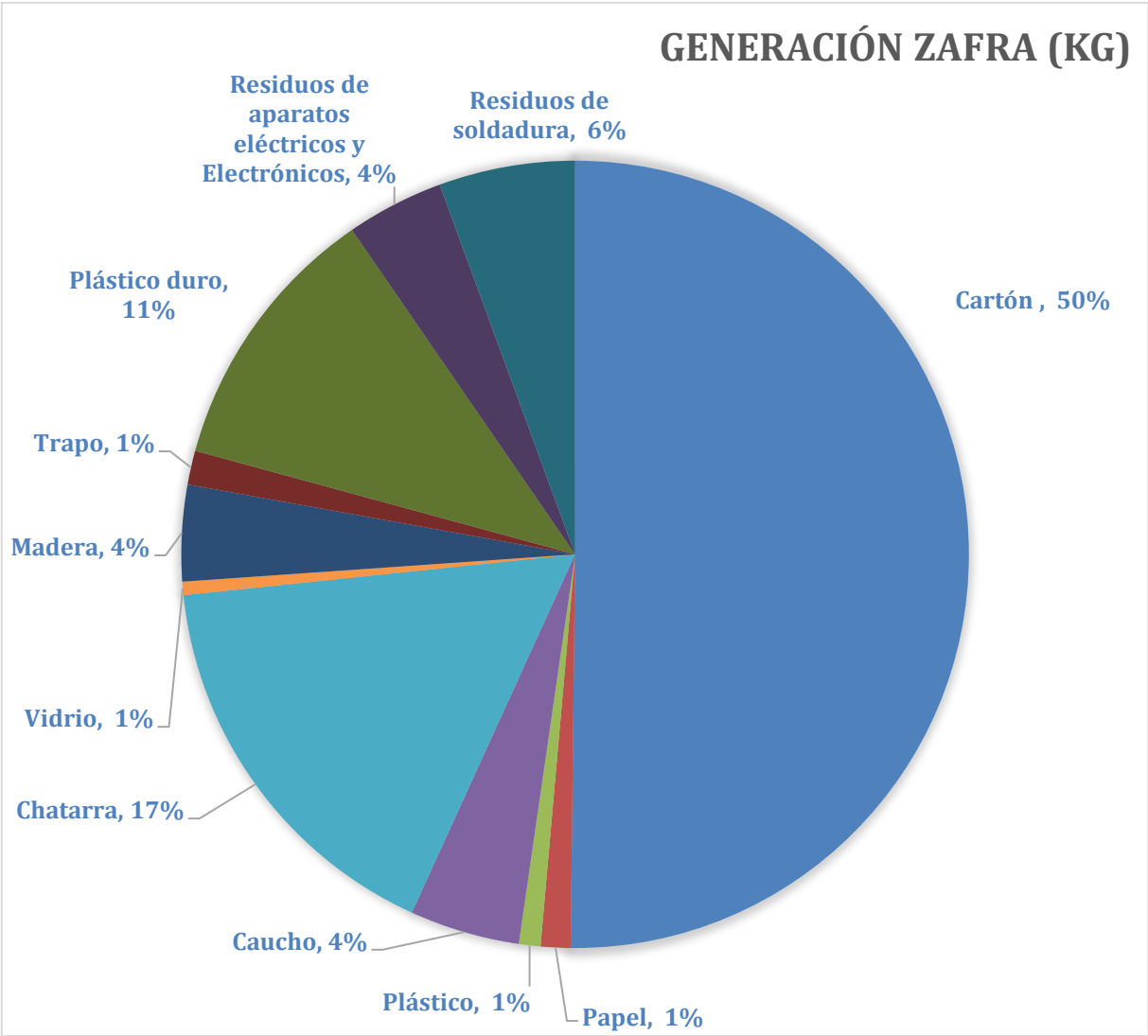
Imagen 7- Volumen de generación de los residuos orgánicos



Fuente: Elaboración Propia con información tomada de (Anacleto, 2022).

Así como se generan residuos orgánicos también se generan residuos inorgánicos, en la gráfica de la imagen 8 donde se muestra la composición porcentual de los RME inorgánicos y orgánicos generados en los diferentes departamentos y que se generaron durante el periodo de Zafra, el residuo inorgánico generado con mayor volumen fue el cartón que se genera en todos los departamentos a excepción del departamento de calidad; el segundo es la chatarra, la cual puede usarse para recuperación y reciclaje ya que los metales son una gran fuente para crear materia prima.

Imagen 8- Volumen de generación de los residuos generados en los departamentos.



Fuente: Elaboración Propia con información tomada de (Anacleto, 2022).

b) Identificación y selección de residuos a incluir dentro del Plan de Manejo.

La identificación de los RME que se van a sujetar al plan de manejo se llevó a cabo mediante los recorridos de campo en los que se constataron los RME generados en la empresa, por otro lado, nos vamos a basar en los criterios establecidos en la NOM-161-SEMARNAT-2011, usando como una herramienta de apoyo el diagrama de que se muestra en la imagen 9.

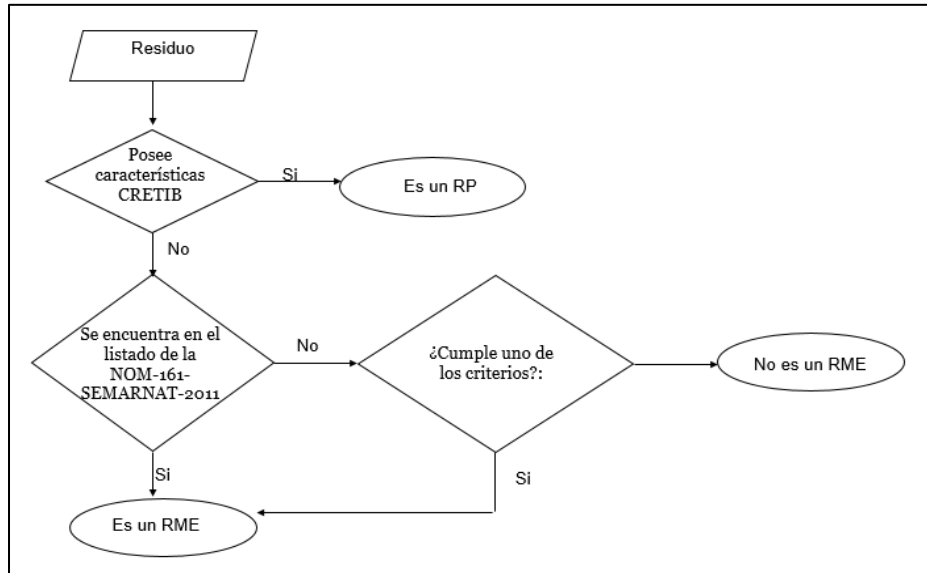
Los criterios para clasificar los residuos de manejo especial que deben de ser sometidos a un plan de manejo están establecidos en la NOM-161-SEMARNAT-2011, los cuales se mencionan a continuación:

- 1.- Debe de estar en el listado de la NOM-161-SEMARNAT-2011.

Si no se encuentra en el listado de la norma deberá cumplir uno de los siguientes criterios:

- 2.- Se cuenta con la infraestructura necesaria para manejar el residuo, y además que por sus características y cantidad generada sea necesario facilitar su gestión.
- 3.-Se trate de un residuo de alto volumen de generación, es decir que al menos represente el 10% del total de los RME generados.
- 4.-Que el residuo en general o los materiales que lo componen tengan un alto valor económico, mediante las siguientes practicas:
 - Su aprovechamiento mediante su reutilización, reciclado o recuperación de materiales secundarios o de energía.
 - Su valorización o co-procesamiento a través de su venta o traslado a un tercero.
 - La recuperación de sus componentes, compuestos o sustancias.

Imagen 9. Diagrama de flujo del procedimiento para identificar los RME que se van a someter al plan de manejo.



Fuente: Elaboración Propia.

Con toda la información recabada a continuación en la tabla 12 se presenta el concentrado de los residuos que se deben de someter a un plan de manejo estableciendo el criterio de cumplen.

Tabla 12- Residuos que se van a someter al plan de manejo.

RESIDUO	CRITERIOS CUMPLIDOS
Cachaza	1, 2,3 y 4.
Pachaquil	1,2,3 y 4
Bagazo	1,2,3 y 4
Ceniza	1,2,4
Cartón	1,4
Chatarra	1,4
Tambos de producto químico	4
Colillas de soldadura	4
Caucho	1
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	1, 4
Madera	1,4
Trapo	No aplica
Papel	1,4
Plástico	1,4
Vidrio	1,4

Fuente: Elaboración Propia.

- c) Identificar los aspectos clave positivos y negativos del manejo actual en el ingenio azucarero para el manejo de los RME.

Tabla 13.- Aspectos positivos y negativos del manejo actual de los residuos en el ingenio azucarero.

ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Se cuenta con la maquinaria y el equipo necesario para poder efectuar las actividades del plan de manejo. • Los tambos generados se pueden reutilizar como los contenedores para el almacenamiento primario de los residuos. • Se cuenta con personal para llevar a cabo las actividades que conlleven el plan de manejo. • Se cuentan con las áreas como el almacén, pateo de cachaza, ceniza y Pachaquil para el almacenamiento secundario. 	<ul style="list-style-type: none"> • No cuentan con la cantidad de contenedores necesarios para las áreas correspondientes. • El horario y día de recolección de los RME generados en los departamentos no son fijos • El almacén no se encuentra en las condiciones ideales. • El pateo de Pachaquil, cachaza y ceniza no se encuentran en las condiciones ideales. • No se cuenta con proveedores para la venta de los residuos. • No se cuenta con un proceso para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados durante el proceso de producción.

Fuente: Elaboración Propia.

Fase IV. Propuesta de manejo

Esta fase consta de cuatro puntos, los cuales se encuentran en el anexo III de este documento.

- Establecimiento de metas trazando la metodología a seguir para los residuos, esto es proponer el plan de manejo. Esta metodología consiste en identificar los puntos de generación para poder colocar los contenedores a esto le denominaremos almacenamiento primario, una vez que ya se llenaron los contenedores prosigue el transporte primario que consiste en trasladar los residuos almacenados en el contenedor hacia el Almacén Temporal de RME para que después estos sean valorizados ya sea vendiéndolos a los proveedores, darlos a un centro de acopio y en su caso realizar composta.

- Asignación de recursos materiales para el alcance de las metas trazadas, esta actividad consiste en asignar los recursos materiales que se usaran para llevar a cabo el plan de manejo de una manera adecuada.
- Análisis costo-beneficio de la aplicación del Plan de Manejo propuesto, en este análisis se muestra los gastos para poder implementar el plan de manejo de los RME así como los gastos para realizar la composta de los Residuos orgánicos generados en el proceso de producción, por otro lado también se encuentran la ganancia que se obtendrá cuando se lleve a cabo el plan de manejo.
- Conformar el directorio de proveedores para servicios de valorización de los diversos residuos en los diversos estados donde se localizan los ingenios azucareros. En este directorio se encuentran proveedores que se dedican a comprar los residuos y proveedores que les dan acopio a los residuos como los RAEE y el caucho.

CONCLUSIÓN

Se cumplieron los objetivos establecidos propuestos inicialmente, se desarrolló un plan de manejo para los RME generados en los ingenios azucareros, concluyendo así que los planes de manejo deben de ser instrumentos efectivos y obligatorios para los ingenios azucareros.

Se identificaron los residuos que se generan en mayores cantidades y en menores cantidades dentro de los ingenios azucareros, siendo los residuos con mayor volumen de generación los residuos generados en el proceso de producción como son la cachaza, pachaquil, ceniza y el bagazo lo cuales tienen un alto potencial de aprovechamiento y debido a su pronta degradación son adecuados para ser utilizados en la elaboración de composta. Esta composta se puede comercializar o se puede usar en los propios ejidos de los ingenios azucareros en donde con los residuos generados en esta zafra se lograría obtener aproximadamente 686,464 Kg de composta.

Los RME generados en los diferentes departamentos como el cartón, papel, plástico, vidrio, madera pueden dar ganancias económicas si se separan desde la fuente de generación y se comercializan libre de contaminación, es decir llevar a cabo el plan de manejo de manera adecuada.

Este plan de manejo es factible para los ingenios azucareros debido al valor que tiene los residuos al ser comercializados, como se observó en el análisis costo-beneficio se obtendría una ganancia de \$30,276 para el caso de los residuos generados en los diversos departamentos esto debido a la inversión para el acondicionamiento de las instalaciones sin embargo una vez que las instalaciones ya se encuentran en las condiciones ideales ya solo se contemplarían los gastos para el mantenimiento de las instalaciones así mismo esta ganancia va a depender del volumen de generación de cada ingenio azucarero. Para el caso de la venta de la composta producida se podría obtener un beneficio económico de \$13,

578,257.92 o bien el ingenio se podría ahorrar un porcentaje de los gastos de los fertilizantes al utilizar la composta producida.

ANEXO I

Glosario de términos

- Almacenamiento: Esta actividad se realiza en un lugar determinado por los generadores de residuos después de la recolección de residuos para después reutilizarlos, acopiarlos, reciclarlos, aprovecharlos, dándoles un tratamiento o disposición final.
- Aprovechamiento: Actividades que se realizan con el objetivo de recuperar el valor económico de los residuos por medio de la reutilización, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.
- Bagazo: Este residuo se genera en la molienda de la caña es decir cuando se extrae el jugo de la caña de azúcar, es de apariencia fibrosa.
- Caracterización: Es una actividad que se encarga de realizar la determinación cualitativa y cuantitativa de los residuos conforme a su composición ya sea física, química o biológica.
- Cachaza: Conforme a lo establecido por Contreras Santos (2008) se produce durante el proceso de clarificación del jugo de caña o guarapo y es un residuo amorfo de color oscuro, debido a que es esponjoso absorbe grandes cantidades de agua.
- Ceniza: Este residuo se genera en el área de calderas y su composición depende directamente del combustible empleado.
- Disposición Final: Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios e instalaciones que cuenten con características que permitan prevenir la liberación de los residuos al ambiente y las afectaciones a la salud pública y a los ecosistemas.
- Generación: Es la acción de producir residuos a través de procesos para la obtención de un producto o a través del consumismo.
- Pachaquil: Este residuo se genera en el área de campo y batey ya que son los desperdicios de caña y las impurezas de la caña de azúcar.
- Plan de manejo: Es un instrumento que tiene como objetivo minimizar la generación de residuos y maximizar la valorización de los mismos.
- Recolección: Esta actividad consistente en recoger y clasificar los residuos para su transporte.
- Residuo: Material que es desechado que se encuentra en estado sólido, líquido y gaseoso y este puede ser valorizado o se puede sujetar a un tratamiento o disposición final.
- Residuos sólidos urbanos: Son los que se generan en los hogares como resultado del consumismo.

- Residuos de manejo especial: Son los generados en los procesos productivos y estos no reúnen las características de residuos peligrosos y residuos sólidos urbanos.
- Residuos peligrosos: Son los que poseen al menos una característica CRETIB.
- Reutilización: El reusó de un residuo previamente usado, sin que sea sometido a un proceso de transformación.
- Tratamiento: Procedimientos a los que se someten los residuos para modificar sus características o grado de peligrosidad, estos procedimientos pueden ser químicos, físicos o biológicos.
- Transporte: Esta actividad consiste en trasladar los residuos por el territorio municipal o estatal para su posterior reutilización, acopio, reciclado, aprovechamiento, tratamiento o disposición final.
- Valorización: Conjunto de acciones que tienen como objetivo recuperar el valor del residuo o recuperar el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su uso en los procesos productivos, bajo responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

Anexo II

Tabla 14- Cantidades de RME generados en los departamentos.

RESIDUOS GENERADOS (KG)	DEPARTAMENTOS												
	Almacén de Materiales	Calderas	Calidad	Capacitación	Centrifugación	Eléctrico	Envase	Instrumentación	Laboratorio Químico	PTAR	Maquinaria	Predictivo	Seguridad Industrial
Cartón	360	30	-	80	12	60	1,200	60	110	40	40	750	4,000
Vidrio	6	-	-	-	-	6	10	-	90	24	-	12	-
Plástico	15	8	-	24	8	6	18	-	60	36	12	36	15
Madera	300	30	-	-	-	40	-	-	240	-	90	600	-
Tropos	30	60	5	-	-	50	30	40	-	-	100	60	-
Papel	6	6	5	8	3	-	12	6	-	18	12	12	-
Empaqué de neopreno	-	3.6	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Empaque de grafito	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pachaquil	-	3,132,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceniza	-	164,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bagazo	-	3,000,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cachaza	-	3,714,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Residuos electrónicos	-	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	200
Foco de aditivo metálico de 250 watts, 400 watts y de 1000 watts	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-
Foco de vapor de sodio de 70 watts, 250 watts y 400 watts	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-
Tubos fluorescentes t8 y t12 de 60 y 30 watts	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-
Tubos fluorescentes t5 de 54 watts	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-
Capacitores de alumbrado no PCBS	-	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-

Balastros electrónicos para tubos fluorescentes	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
Luminarias electrónicas	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
Micas y/o acrílico de luminarias	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-
Tarjetas electrónicas	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-
Transmisores	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-
Celdas de carga	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-
Fuentes de poder	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
Variadores de velocidad	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
Transductores	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-

Tambos de producto químico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	-	-
Hierro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000	-	-
Bronce	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	-	-
Caucho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,200	-	-
Colillas de soldadura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,500	-	-
Chatarra	-	-	-	-	-	-	-	1,200	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia con información tomada de (Anacleto, 2022).

Conforme a lo establecido en la NOM-161-SEMARNAT-2011 el plan de manejo de residuos de manejo especial debe de contar como mínimo con la información general del ingenio que para efectos de esta tesis esta información no se mostrara por cuestiones de confidencialidad, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 15-Información general del ingenio azucarero

DATOS DE LA EMPRESA	
Razón social	-----
Nombre del representante Legal:	-----
Ubicación de la empresa:	-----
Correo electrónico:	-----
RFC:	-----
Giro o Actividad de la empresa:	-----
Productos o servicios principales:	-----
Datos del predio m ² :	-----
Coordenadas geográficas:	-----
Número de trabajadores (operativos y administrativos).	-----
Horario de Operación	-----
DATOS DEL RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE MANEJO	
Nombre del responsable:	-----
Cargo:	-----
Teléfono y correo electrónico:	-----

Fuente: Elaboración Propia.

Puntos de Generación.

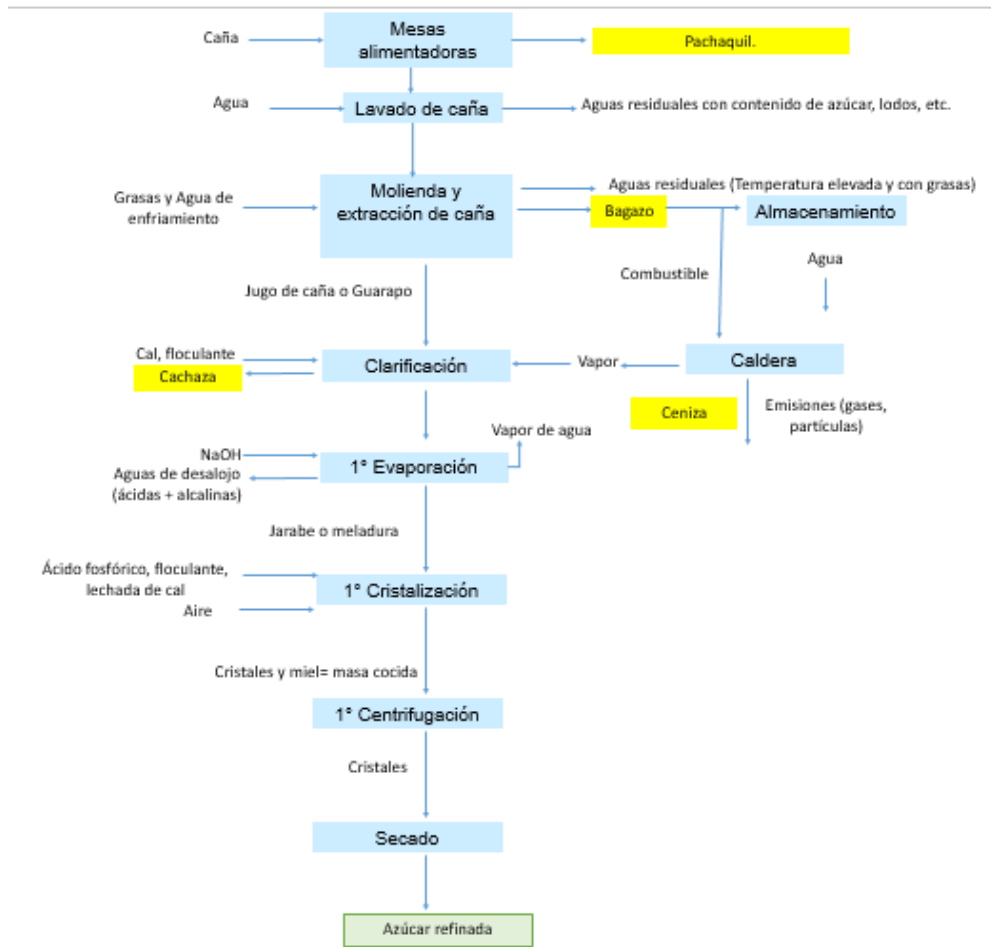
Este plan de manejo es aplicable para los RME generados en el proceso productivo y en los diversos departamentos del ingenio azucarero. A continuación, en la imagen 11 se presenta el diagrama de proceso donde se especifica cuáles son los RME generados durante el proceso de producción, y en la tabla 16 se muestran los residuos orgánicos de manejo especial que se van a incluir en este plan de manejo.

Tabla 16-Residuos Orgánicos generados en el proceso de producción que se van a incluir al plan de manejo.

RESIDUO	ÁREA DE GENERACIÓN	CANTIDAD GENERADA EN ZAFRA (KG)
Cachaza	Clarificación	3,714,000
Pachaquil	Batey	3,132,000
Bagazo	Molienda	3,000,000
Ceniza	Calderas	164,000

Fuente: Elaboración Propia.

Imagen.11-Diagrama de flujo de proceso y los residuos que se generan.



Fuente: Elaboración Propia.

Así mismo en la tabla 17 se muestran los residuos inorgánicos de manejo especial que se van a incluir en este plan de manejo, junto con las áreas de generación y las cantidades generadas en el periodo de Zafra.

Tabla 17- Residuos generados en los departamentos que se van a incluir en el plan de manejo.

RESIDUO	ÁREA DE GENERACIÓN	CANTIDAD GENERADA EN ZAFRA (KG)
Cartón	<ul style="list-style-type: none"> Almacén de materiales Calderas Capacitación, Centrifugación Eléctrico Envase Instrumentación 	13,472

	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio Químico • PTAR • Maquinaria • Predictivo • Seguridad Industrial 	
Chatarra	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentación • Maquinaria 	4,440
Tambos de producto químico	<ul style="list-style-type: none"> • PTAR 	3,000
Colillas de soldadura	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria 	1500
Caucho	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria 	1,212.6
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación • Seguridad Industrial • Eléctrico • Instrumentación 	1,074
Madera	<ul style="list-style-type: none"> • Almacén de materiales • Calderas • Eléctrico • Laboratorio Químico • Maquinaria • Predictivo 	1,060
Papel	<ul style="list-style-type: none"> • Almacén de materiales • Calderas • Calidad • Capacitación • Centrifugación • Envase • Instrumentación • PTAR • Maquinaria • Predictivo 	328
Plástico	<ul style="list-style-type: none"> • Almacén de materiales • Calderas • Capacitación • Centrifugación • Eléctrico • Envase • Laboratorio Químico 	238

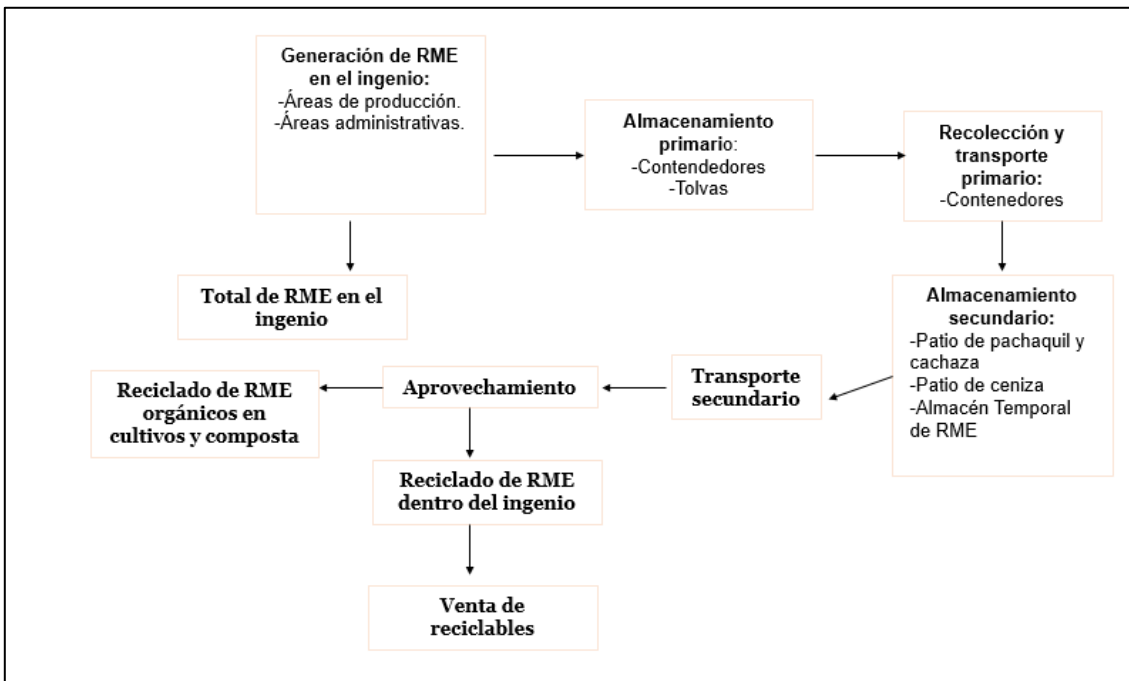
	<ul style="list-style-type: none"> • PTAR • Maquinaria • Predictivo • Seguridad Industrial 	
Vidrio	<ul style="list-style-type: none"> • Almacén de materiales • Eléctrico • Envase • Laboratorio Químico • PTAR • Predictivo 	148

Fuente: Elaboración Propia.

Procedimiento de almacenamiento primario de los residuos considerados en el plan de manejo

El plan de manejo abarcará las actividades que se muestran en el diagrama siguiente:

Imagen 12.- Actividades que abarca el plan de manejo.



Fuente: Elaboración propia.


-Residuos de manejo especial inorgánicos y orgánicos generados en los diferentes departamentos de los ingenios azucareros.






Para el almacenamiento primario de los residuos de manejo especial inorgánicos se colocarán contenedores de un tamaño ideal para la generación aproximada por semana. El material de estos contenedores dependerá del tipo de residuo que se genere, también se utilizará simbología a base de colores y logos para que sea más fácil identificarlos y no se mezclen los residuos.

Se colocará los contenedores con el logotipo y características siguientes:

Nota: Se recomienda reutilizar los tambos de producto químico para la separación de algunos residuos ya que su capacidad es de 55 galones.

Tabla 18- Características y cantidades de los contenedores.

RESIDUO	LOGOTIPO	CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS
Cartón		-10 (1 por departamento) -1 (Entrada general)	Material: Plástico duro. Capacidad: 55 galones.
Chatarra		-2 (Instrumentación y maquinaria)	Material: Tambos de metal
Tambos de producto químico	N/A	N/A	N/A

Colillas de soldadura		-1 (Maquinaria)	Material: Tambos de metal
Caucho		-1(Maquinaria)	Material: Plástico duro. Capacidad: 55 galones.
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos		-4 (1 por departamento) -1 (Entrada general)	Material: Plástico duro. Capacidad: 55 galones.
Madera		-6 (1 por departamento)	Material: Plástico duro. Capacidad: 55 galones.
Papel		-10 (1 por departamento) -1 (Entrada genera)	Material: Plástico duro. Capacidad: 55 galones.

Plástico		-11 (1 por departamento) -1 (Entrada general)	Material: Plástico duro. Capacidad: 55 galones.
Vidrio		-6 (1 por departamento) -1 (Entrada general)	Material: Plástico duro. Capacidad: 55 galones.

Fuente: Elaboración Propia.

Recomendaciones específicas por residuo:

Para cada tipo de residuos de manejo especial considerado anteriormente, se establecen las siguientes recomendaciones a seguir previo y durante su almacenamiento temporal.

- Cartón

Antes de depositar en los contenedores eliminar las etiquetas, grapas u otro material diferente al cartón así mismo si es una caja deshacerla para facilitar su manejo, no depositar el cartón que este contaminado por grasas o cualquier otro residuo.

- Chatarra

Este residuo no se debe de mezclar con líquidos ya que modifica sus propiedades y características pudiendo propiciar procesos de generación de óxidos.

- Colillas de soldadura

Al igual que la chatarra ya que es un metal en el contenedor no se deben mezclar líquidos o cualquier otro residuo.

- Tambos de producto químico

Estos residuos no se depositan en contenedor por sus dimensiones, así que solo se colocarán junto a los contenedores de residuos con su respectiva tapa para evitar la contaminación de su interior.

- Caucho

Antes de depositar las llantas en el contenedor estas deben de estar limpias y no estar contaminadas con otros residuos, así mismo deben de estar secas y no deben de contener agua en su interior.

- Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Este contenedor estará dividido en dos donde en una parte se depositarán los electrónicos y en la otra parte los residuos eléctricos.

- Madera

Eliminar etiquetas, grapas o cualquier otro material diferente a la madera antes de depositarla en el contenedor.

- Papel

Eliminar grapas, clips, cinta adhesiva, espirales de metal o plástico o cualquier otro material diferente a este antes de depositarlo en el contenedor correspondiente.

- Plástico

Dentro de esta categoría entra el PET y el plástico duro estos tipos de plásticos se van a depositar en el mismo contenedor, antes de depositar los envases deben de estar vacíos y sin tapa así mismo se deben de depositar comprimidos.

- Vidrio

Los recipientes deben de estar totalmente vacíos antes de ser depositados en el contenedor, eliminar etiquetas y tapas.

Recomendaciones Generales para los contenedores de almacenamiento temporal de residuos

Respecto a este punto, se tiene lo siguiente:

- El logotipo se debe de colocar en un lugar visible.
- Colocar una etiqueta al contenedor sobre el departamento al que pertenece.
- Ubicarlos en lugares estratégicos, en donde no interfiera el proceso de producción es decir que sea un lugar seguro para que el personal pueda depositar los residuos. Se recomienda que se coloque cerca de la entrada de cada departamento para que se facilite su traslado al almacén temporal de residuos de manejo especial.
- En cada departamento se recomienda que se cuente con personal capacitado que supervise la separación de los residuos y que se encargue de solicitar el traslado hacia el almacén temporal de residuos de manejo especial.
- Contar con báscula y bitácora para el control de salida del residuo hacia el almacén temporal de residuos de manejo especial.

- Para los residuos de grandes dimensiones no se recomienda que se coloquen en los contenedores, sino que en el momento que se genere se traslade directamente al almacén temporal de residuos de manejo especial.

-Residuos de manejo especial orgánicos generados en el proceso de producción

Para el caso de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo el almacenamiento primario se da de la siguiente forma:

- Cachaza: en tolvas.
- Ceniza: en tolvas.
- Bagazo: No es necesario almacenar debido a que pasa directamente por medio de una banda transportadora al área de calderas.
- Pachaquil: Directamente en el piso ya que son los desperdicios de caña generados durante el proceso de descarga y durante el traslado de la caña del área de báscula a batey.

Procedimiento de recolección y transporte interno de los residuos considerados en el plan de manejo

Para efectos de la recolección y transporte dentro de las instalaciones de la industria azucarera se contempla la maquinaria y equipo que se menciona a continuación para los tipos de residuos generados.

Maquinaria y equipo

-Residuos de manejo especial inorgánicos y orgánicos generados en los diferentes departamentos de los ingenios azucareros.

Los residuos generados en los departamentos se recolectarán conforme al cronograma siguiente. Es responsabilidad del personal capacitado reportar al encargado del manejo de residuos cuando el contenedor se encuentre lleno antes de su día de recolección.

El encargado del manejo de residuos es el responsable del traslado de los RME al almacén temporal.

Cronograma de recolección interna de residuos generados en los departamentos								
Residuo a recolectar	Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Cartón								
Chatarra								

Tambos de producto químico							
Colillas de soldadura							
Caucho							
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos							
Madera							
Papel							
Plástico							
Vidrio							

En esta actividad se necesitará personal capacitado y maquinaria mecánica, el equipo de protección personal que debe de usar el personal al momento del transporte consta de:

- Uniforme
- Calzado Industrial
- Guantes de carnaza
- Casco
- Lentes de seguridad y mascarilla según sea el caso

La maquinaria mecánica usada durante el transporte de los RME al almacén temporal de RME es:

Tabla 19.-Maquinaria mecánica para el transporte de RME generados en los diferentes departamentos

RESIDUO	MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN	MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO
<ul style="list-style-type: none"> • Cartón • Tambos • Chatarra • Tambos de producto químico • Colillas de soldadura • Caucho • RAEE • Madera • Papel 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Diablos para carga • Montacargas

<ul style="list-style-type: none"> • Plástico • Vidrio 		
--	--	--

Fuente: Elaboración Propia.

-Residuos de manejo especial orgánicos generados en el proceso de producción

Los residuos generados en el proceso de producción se recolectarán conforme al cronograma siguiente. Es responsabilidad del encargado del área y del encargado del manejo de los residuos llevar a cabo esta actividad de la manera correcta.

Cronograma de recolección interna de residuos generados en el proceso de producción								
Residuo a recolectar	Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Pachaquil								
Cachaza								
Ceniza								
Bagazo								

En esta actividad se necesitará personal capacitado y maquinaria mecánica, el equipo de protección personal que debe de usar el personal al momento del transporte consta de:

- Uniforme
- Calzado Industrial
- Guantes de carnaza
- Casco
- Lentes de seguridad y mascarilla según sea el caso

La maquinaria mecánica que se usara durante el transporte de los RME al Patio de cachaza, pachaquil y ceniza es la que se muestra en la tabla 20.

Tabla 20.-Maquinaria y equipo para el transporte de RME Orgánicos generados en el proceso de producción

RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL ORGÁNICOS		
RESIDUO	MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN	MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO
<ul style="list-style-type: none"> • Pachaquil 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesaje 	Equipo de recolección: <ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria para el movimiento de tierras. • Excavadoras Vehículo de transporte <ul style="list-style-type: none"> • Camión.
<ul style="list-style-type: none"> • Cachaza 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesaje 	Equipo de recolección: <ul style="list-style-type: none"> • Tolva de descarga. Vehículo de transporte: <ul style="list-style-type: none"> • Camión. • Lona para cubrir el camión y no se vuele.
<ul style="list-style-type: none"> • Ceniza 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesaje 	Equipo de recolección: <ul style="list-style-type: none"> • Tolva de descarga • Palas Vehículo de transporte: Camión <ul style="list-style-type: none"> • Carretillas. • Lona para cubrir el camión y no se vuele.
<ul style="list-style-type: none"> • Bagazo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesaje 	Banda transportadora para el sistema de alimentación a calderas y acondicionadores para pre secado.

Fuente: Elaboración Propia.

Procedimiento de almacenamiento secundario interno de los residuos considerados en el plan de manejo

-Residuos de manejo especial inorgánicos y orgánicos generados en los diferentes departamentos de los ingenios azucareros

Este almacenamiento secundario se llevará a cabo en el mismo sitio donde originalmente se encontraba el almacén de residuos de la industria azucarera (peligrosos y no peligrosos), pero ahora se le denominará almacén temporal de residuos de manejo especial donde los residuos considerados en este plan de manejo (RME) se almacenarán de forma separada y organizada. De igual forma, el patio que antes se utilizaba para almacenar chatarra ya no se le dará uso, porque no se encuentra en las condiciones ideales para almacenar temporalmente este tipo

de residuo, por lo tanto, la chatarra se acopiará en el almacén temporal de RME, hasta poder realizar su disposición final.

El almacén temporal de residuos de manejo especial debe cumplir los siguientes criterios:

Tabla 21.- Criterios que debe cumplir el Almacén Temporal de RME

ÁREA	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA	RESIDUOS ALMACENADOS	OBSERVACIONES
Almacén temporal de RME	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación perimetral: Bardas • Restricción de ingreso: Puerta con seguro. • Piso: Concreto. • Techado: Tiene que estar techada el 100% del área total. • Botiquín en caso de emergencia • Sistema para el control de incendios • Bascula calibrada para el control de ingresos. • Contar con montacargas o equipos para la carga y descarga. • Características estructurales como accesos, vías de circulación. • Letreros de clasificación de los RME y divisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cartón • Tambos de producto químico • Colillas de soldadura • Caucho • Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos • Papel • Plástico • Vidrio 	El periodo de almacenamiento de estos residuos es máximo por un año.

Fuente: Elaboración Propia.

Contar con una bitácora anual de operaciones donde se especifique el nombre del residuo, cantidad generada, fecha de generación y área o departamento que lo genero.

-Residuos de manejo especial orgánicos generados en el proceso de producción

Las áreas para almacenar estos residuos deben de cumplir los siguientes criterios:

Tabla 22.- Criterios que deben cumplir el patio de Pachaquil, Cachaza y Ceniza.

ÁREA	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA	RESIDUOS ALMACENADOS	OBSERVACIONES
Patio de pachaquil, cachaza y ceniza.	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación perimetral: cerca. • Restricción de ingreso: candado. • Piso: Suelo natural • Techado: si • Caseta de control y vigilancia. • Contar con caminos transitables. • Sistema de captación de lixiviado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cachaza • Pachaquil • Ceniza 	El periodo de almacenamiento varía dependiendo la disponibilidad de vehículos y el destino.

Fuente: Elaboración Propia.

Al igual que en almacén se debe de contar con una bitácora de operaciones donde se lleve el control especificando el nombre del residuo, cantidad generada, fecha de generación y área o departamento que lo genero.

Aprovechamiento y/o valorización de los residuos

-Residuos de manejo especial inorgánicos y orgánicos generados en los diferentes departamentos de los ingenios azucareros

Los residuos generados en los diferentes departamentos se pretenden valorar promoviendo la actividad de reciclaje como actividad principal, es decir se comercializarán. A continuación en el anexo IV se muestra la tabla que contiene la lista de diferentes proveedores para la comercialización de los residuos generados.

Para lo cual los residuos deberán cumplir con las siguientes especificaciones para la entrega a las recicladoras o centros de acopio:

- Limpio y seco (todos los residuos)
- Amarrados en pacas según corresponda (Papel y cartón)
- Vacíos (Envases de vidrio, PET y plástico duro)
- Compactados según corresponda (PET, plástico duro)
- Almacenados en costales o bolsas

Análisis costo-Beneficio

En la tabla 23 se pueden apreciar los gastos para poder implementar el plan de manejo los cuales suman una cantidad de \$50,000, y en la tabla 24 se puede observar el beneficio económico por la comercialización de los residuos generados.

Tabla 23.- Costos de actividades para implementar el plan de manejo

ACTIVIDADES	COSTO	OBSERVACIONES
Capacitaciones para la correcta separación de residuos	\$0	Esta actividad la pueden realizar los practicantes
Contenedores de residuos	\$0	Los contenedores que se van a usar serán los tambos
Transporte de residuos al almacén	\$0	Los empleados encargados de recolección de RSU se pueden capacitar y asignarles esta actividad.
Control del almacén y pateos de cachaza, Pachaquil y ceniza	\$0	Esta actividad la pueden realizar los practicantes con ayuda del encargado del responsable de manejo de residuos
Mobiliaria y equipo	\$50,000	Cercar los pateos de cachaza, Pachaquil y ceniza
		Adecuar el almacén temporal de residuos de manejo especial conforme a las condiciones requeridas.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24.-Generación de ingresos por la venta de residuos

RESIDUO	PRECIO ESTIMADO POR KILO	KILOS GENERADOS	TOTAL	OBSERVACIONES
Cartón	\$3	13,472	\$40,416	-
Chatarra	\$5	4,440	\$22,200	-
Tambos de producto químico	*	*	\$0	Estos tambos son los que se usaran para los contenedores de los residuos
Colillas de soldadura	3	1500	\$4,500	
Caucho	*	*	\$0	Acopio
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	*	*	\$0	Acopio
Madera	10	1,060	\$10,600	-
Papel	4	328	\$1,312	-
Plástico	4	238	\$952	-
Vidrio	2	148	\$296	-
Total			\$80,276	-

Fuente: Elaboración Propia.

Balance económico	+\$30,276
-------------------	-----------

La ganancia de llevar a cabo el plan de manejo en el periodo de (Zafra 2021-2022) para los residuos de manejo especial generados en los diferentes departamentos fue de \$30,276 debido a los gastos que se hicieron para acoplar las instalaciones del almacén temporal para residuos de manejo especial, para la Zafra siguiente esta ganancia puede ser mayor ya que no habrá gastos hacia las instalaciones solo las de mantenimiento.

-Residuos de manejo especial orgánicos generados en el proceso de producción

Para el caso de los residuos generados en el proceso de producción se propone lo siguiente:

Conforme a lo establecido por Toledo et (2008) y Mora (2015), para el caso del Pachaquil este residuo puede ser distribuido en los campos en donde realizar esta acción nos brinda los siguientes beneficios:

- Fomenta la conservación del suelo y evita que se desarrollen malezas en los terrenos de cultivo.
- Aporta materia orgánica, favorece la actividad microbiana favoreciendo el transporte de nutrimentos
- Una vez que el Pachaquil se descompuso facilita la aireación, mejorando algunas propiedades físicas y químicas

Así mismo el Pachaquil también se puede usar para la alimentación del ganado, pero este debe de ser cambiando con otro tipo de forraje como lo mencionan (Muñoz y González 1998; León-Martínez et 2013).

En el caso del Bagazo este ingenio azucarero utiliza este subproducto como combustible directo en las calderas generando energía eléctrica y térmica, esta práctica es beneficiosa para este ingenio.

Los ingenios azucareros producen grandes cantidades de subproductos por este motivo estos subproductos deben de pasar por un proceso de compostaje, es otra alternativa valorizable para aprovecharlos transformándolos en materiales útiles. Así mismo el compostaje debe cumplir los lineamientos establecidos en la norma Mexicana NMX-AA-180-SCFI-2018, esta norma establece los métodos y procedimientos que se deben de seguir para el tratamiento adecuado de la fracción orgánica de los residuos de manejo especial.

A partir de la mezcla de cachaza, bagazo y ceniza generados en el proceso de producción de azúcar se puede realizar composta para producir abono orgánico.

Materiales y Métodos

El sistema de compostaje que se puede llevar a cabo es el establecido en el artículo de investigación Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña (López. E, Andrade. J, Herrera. M, González. O., García. A. 2017).

Materiales:

- Terreno o superficie para formar la cama
- Termómetro digital
- Sensor Delta-T
- Pala
- 80% cachaza
- 10% bagazo
- 10% ceniza
- 0.2% urea
- Pachaquil

Procedimiento:

Rascar un orificio con las dimensiones adecuadas conforme a la cantidad de residuos a comportar, una vez que ya se tiene listo el oyó se procede a depositar los residuos en este orificio. Dentro del orificio los residuos se van a depositar de la siguiente manera:

- Colocar una camada de Pachaquil este debe residuo debe de estar seco.
- Mezclar la cachaza, bagazo, ceniza y la urea formando una masa homogeneizada.
- Agregar la masa total homogeneizada

Parámetros a medir durante el proceso de compostaje:

Tomar la temperatura cada 24 horas durante todo el proceso de compostaje (60 días).

Medir la humedad en diferentes puntos de la cama durante el proceso de compostaje (60 días). Si la humedad está bajo los niveles adecuados aplicar dosis controladas de agua a la mezcla hasta alcanzar los valores deseados. Los valores de humedad optima ideales van de un 50%-70%., con estos valores se garantiza la circulación del oxígeno y de los gases generados en el proceso.

Características que debe de cumplir la composta para saber que la composta ya está lista:

Propiedades físicas y químicas:

- El pH debe de estar en los valores entre 7.5-8.5
- Conductividad eléctrica: 0.5 dS/m-12 dS/m
- Relación C/N: 15-25
- Carbono orgánico total: Mínimo 10%
- Nitrógeno Total: 1%-3%
- Color: Negro o marrón
- Olor: Agradable

En la tabal 25 se puede observar los gastos para realizar la composta en donde el único gasto es el de la urea.

Tabla 25.- Gastos para realizar la composta

RESIDUO	CANTIDAD GENERADA EN ZAFRA (KG)	% USADO	KG USADOS	COSTO POR KILO	COSTO TOTAL
Cachaza	3,714,000	80%	2971200.00	0.00	\$ -
Pachaquil	3,132,000			0.00	\$ -
Bagazo	3,000,000	10%	297,120	0.00	\$ -
Ceniza	164,000	100%	164000	0.00	\$ -
Total de Kg usados para la composta			3432320.00	0.00	\$ -
Urea usada		0.20%	6864.64	22	\$ 151,022.08
Actividades					
Mano de obra					\$ -
Equipo para transporte					\$ -
Equipo					\$ -
Gastos totales					\$ 151,022.08

Fuente: Elaboración Propia.

Como lo menciona el autor (Miguel Valera, 2021), dependiendo de los tipos de residuos empleados, a partir de 100 Kg de residuos se puede obtener aproximadamente 20 Kg de composta. Entonces de la cantidad total de residuos que se generaron se pueden producir aproximadamente 686,464 Kg de composta.

100 Kg	20 Kg
3432320 Kg	686,464 Kg

El beneficio económico de la venta de la composta es aproximadamente de \$13,578,257.92 tomando en cuenta un precio por kilo de \$20.00.

Costo aproximado del kilo de composta	Kilos generados de composta	Total de ganancia
\$20	686,464 Kg	\$13,729,280.00

Total de ganancia	Gastos totales	Beneficio económico
13,729,280.00	151,022.08	+\$13,578,257.92

Por otro lado la composta en lugar de su venta se puede usar en los propios ejidos. Basándonos en lo que dicen los autores (Román, P., Martínez, M. y Pantoja A. 2013), la medida recomendada es 4-5 Kg por cada m² de cosecha. En este caso usares el aproximado de 4.5 Kg de composta para calcular para cuantos m² nos alcanzaría comportar.

4.5 Kg	1 m ²
686,464 Kg	152547.55 m ² =15.25 Hectáreas

Anexo IV

Tabla 26.- Empresas autorizadas para el manejo de RME

RAZÓN SOCIAL	DOMICILIO	TELÉFONO	CORREO	RESIDUO
Proambiental	Puebla, Oaxaca, Chiapas, Morelos, tabasco, Veracruz,	222-125-38-91		Reciclables, equipo electrónico, llantas
MERAKI: Residuos de manejo especial	Carretera Federal Puebla Atlixco No. 4406, Col, Emiliano Zapata, San Andrés Cholula, Pue. C.P. 72810	222-529-42-05	atencion@residuosmeraki.com	Chatarra, Cartón, papel, plásticos
Reciclaje industrial Sánchez	Av. Palmas x calle pino Mza. 16 Lt. 1 Col 23 De Julio, Carmen, Campeche.	938-118-27-98		Chatarra
HP Planet Partners	Campeche, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Veracruz, Nayarit, Oaxaca, Puebla	01-800-472-6684	www.hp.com	Residuos electrónicos y Tóner
Melgasa, S.A de C.V	Av. Norte y 51 calle poniente Col 5 de febrero, Tapachula	962-113-4179		Metales no ferrosos, aluminio, bronce, cobre, compra-venta de chatarra
Recuperación de Metales	Hernández Octava Sur y Segunda Oriente 10, Col	961-6156-425	sgm@hotmail.com	Metales

	Terán, Tuxtla Gutiérrez			
ECOCE	Moliere 39 segundo piso Polanco, México D.F. Servicio en Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Veracruz	01800-847- 7402	www.ecoce.org.mx	PET
Plásticos San Antonio, S.A de C.V	16 Oriente 8877, Tuxtla Gutiérrez	961-6135-088	mp_plasticos@hotmail.com	Plásticos en general
Reciclados de Chiapas	Carretera Tuxtla- Chiapas de corzo km 11, Chiapas de corzo	961-153-0589		Papel, cartón, plásticos
Limpia y Recicla	Archipiélago 2 Tape ixtles, Manzanillo	314-333-1879		Chatarra
Recicladora de la costa	Calle 2 lote 48 colinas de Santiago, Manzanillo	314-334-8888		Papel, cartón, aluminio, chatarra,
Ricardo Martínez Navarro	Gómez Farías 1142, Guadalajara	333-345-1641		Llantas
Technology Conservation Group Mexico, S.A. De C.V.	Periférico Sur # 6400 Int G-2, Entre Av. 8 De Julio Y Adolf Horn, col. Artesanos Industrial C.P. 45610 Tlaquepaque	39-14-47-18	victor.monroy@tcrecycling.com	Residuos electrónico, metal ferroso y no ferroso, plástico, cartón, madera, papel, vidrio

Servicios Industriales Sarre, S.A. De C.V.	Privada San Antonio # 813, Micaelita, Tlaquepaque	36-06-13-21	salguero@gruposarre.com	Papel, cartón, madera (aserrín, tozos y tarimas de madera), plástico y sus derivados, vidrio, metal ferroso y no ferroso, llantas, fibras sintéticas, hule, aluminio, barrido diario, orgánico, residuos de podas, jardinería, residuos mezclados sin posibilidades de valorización (papel, cartón, cartón encerado).
Destrucciones y Reciclados Industriales Rubert, S.A de C.V	Adolf Bhorn J 1475 Col. Santa Cruz del valle Tlajomulco de Zúñiga	33-3601-2067	www.destruccionesyreciclados.com.mx	Material electrónico, equipo electrónico en general, plásticos, cartón, lamina, chatarra, tarimas, papel.
Reciclajes Industriales de México S.A de C.V	Felipe Páramo 527 Elías Pérez Avalos, Morelia	4333230730	Recimesa@prodigy.net.mx	Metales y chatarra
Eco Enlace	Aquiles serdan5 Col. Centro, Uruapan	4525231155		Papel y cartón
El Nuevo Amanecer	Av. Universidad No.175, col. Lienzo Charro Cuernavaca.	7773113310 044-7771157310		Desperdicios industriales, metales, lamina, cobre
Bodegas de Morelos, S.A de C.V.	Calle 21 este 205-c CIVAC, Jiutepec	7773217710	bodegasdemorelos@yahoo.com.mx	Papel y cartón

TECNOPROCES S, S.A de C.V.	Benito Juárez No.1 Tlahuapan, Jiutepec	7771691189	dejamevivir_ac@hotmail.com	Plásticos, PET, polietileno de alta densidad y de baja densidad.
Feder's Glass Factory	Calle Victoria No. 8, Col. Lomas de cortes Cuernavaca	7771018371		Vidrio transparente
Desperdicios industriales de Cuernavaca DICSA	Carretera. Cuernavaca Cuautla Km. 13.8, col. Progreso, Jiutepec	7773200110 7773093502	Fernando.fuentes@dicsaoline.com	Cartón, vidrio. PET, chatarra
Cartonera de Nayarit	Azteca 332, Los sauces Tepic	3112133121		Papel y cartón
Metales la Corregidora	Entrada Principal a la Colonia Corregidora, San Cayetano, Tepic	3112107928		Chatarra
Gama	Calle Puebla esq. Lázaro Cárdenas, Salina Cruz	9717161681		Chatarra, plásticos, vidrio
Llantera 7 lenguas	Ave. Soledad 408, Centro Huejotzingo Puebla.	2272760271		Llantas
Serdivsa, S.A de C.V.	Pról. Reforma No. 6307 Col. Reforma Sur, Puebla	2228882207		Madera, plásticos, cartón, chatarra, tarimas.
Recicla Gana Dinero	Framboyanes lote 7ª, Veracruz	2299209538		Papel, cartón, metales, plásticos

Fuente: Elaboración Propia.

BIBLIOGRAFIA

- LGPGIR, Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos, (DOF, 2003).
- NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de planes de manejo, (DOF, 2013).
- Muñiz, K.G.D. (2016). La Normatividad Ambiental y la sustentabilidad de las Empresas Públicas en México.
- Diario Oficial de la Federación. (2018) Programa Nacional de la Agroindustria de la caña de azúcar. Recuperada de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014.
- Javier, F., Ayón, H., & Valencia, c. (2013). El sector cañero en Nayarit desde una perspectiva organizacional y ambiental. La fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 1-215. Recuperada de: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1333/index.htm>.
- Aguilar Rivera N. (2017). Cadena de valor de la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar en México. Agroproductividad: En prensa.
- SAGARPA. (2013): Impactos caña. Recuperada de: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Ca%C3%B1a.pdf>.
- Reglamento de la LGPGIR (2006). Reglamento de la ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (DOF).
- Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el estado de Puebla, (Orden Jurídico Poblano, 2006).
- Horacio Crespo (1988). Historia del azúcar en México. México, DF. Centro Fondo de Cultura Económica SA de CV.
- Centro de Estudios de las finanzas Públicas (2001). La Agroindustria Azucarera en México. Palacio Legislativo de San Lázaro, D.F.
- CONADESUCA (2019). 6to. Informe Estadístico del sector Agroindustrial de la caña de azúcar en México Zafras 2009-2010/2018-2019. Recuperada de [6to informe estadístico.pdf \(conadesuca.gob.mx\)](#).
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (2018). La producción de caña de azúcar supera las 55 millones de toneladas en 2018. Recuperada de [La producción de caña de azúcar supera las 55 millones de toneladas en 2018* | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#)

- NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el proceso de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. (DOF, 2006).
- Rein P. (2012). Ingeniería de la caña de azúcar. Verlag Dr. Albert Bartens KG-Berlin, Alemania.
- Gabriela Abigail Suárez Velázquez. (2012). Plan de manejo de residuos en la industria azucarera caso de estudio: Ingenio Adolfo López Mateos, Oaxaca. [Para optar por el grado de maestro en ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Cheesman, O. (2004). Environmental impacts of sugar production. CABI Publishing, 2004. Surrey, UK. Pp 12-21
- Ktopff, M.J., Muchow, R.C, Rabbinge, R. & Aggarwal, P.K. (1997) Limits to intensive agricultural systems and opportunities for sustainable agricultural development. In Intensive sugarcane Production: Meeting the challenges Beyond 2000, pp17. CABInternational, Wallingford, UK.
- Contreras Santos. M.J. (2008). Evaluación de experiencia locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad: el caso de los desechos sólidos del municipio de Los Parios (Norte de Santander, Colombia). Revista Trabajo Social. 109-134
- INECC. (2007). Situación de los residuos en México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México. www.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/133/situaciòn%20en%20mexico.htm
- Singh, P.N. and Mohan, S.C. (1994) Water use and yield response of sugarcane under different irrigation schedules and nitrogen levels in a subtropical region. Agricultural Water Management, Vol. 26.
- Lescure, J.P. and Affret, L. (1997) Agronomic exploitation downstream from the sugar factory. Proceedings of the Institute International de Recherches Betteravieres.
- Arthington, A.H., Marshall, J.C., Rayment, G.E., Hunter, H.M. and Bunn, S.E. (1997) Potential impact of sugarcane production on riparian and freshwater environments. In intensive Sugarcane Production: Meeting the Challenges Beyond 2000
- Wood, A.W., Muchow, R.C., Sherrard, J., Triglone, T. and Vogelsang, H. (1998) Benchmarking irrigation practices in the Ord sugar industry. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, Vol. 20.
- Lugo-Lopez, M.A., Abruna, F. and Perez-Escolar, R. (1981) The Role of Crop and Industrial Residues in Erosion Control, Properties and Productivity of Some Major Soils of Puerto Rico. Bulletin No. 266, Agricultural Experiment Station, University of Puerto Rico.
- Gildo Rodríguez, P. 2002. La industrialización de la caña y el desarrollo sustentable en el norte de estado de Colima: 1950-2000. Universidad de Colima. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 108 p. (Master Tesis)

- Giovannini, G.; Luchesi, S.; Giacheti, M. 1990. Effects of heating on some chemical parameters related to soil fertility and plant growth. *Soil Science* 149(6).
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [México], 5 de febrero de 1917. Art. 4, 27, 73, 122.
- (LGEEPA), Ley General del Equilibrio y Protección al Ambiente, (DOF, 1988).
- NOM-083-SEMARNAT-2003, Establece las especificaciones referentes al sitio de disposición final de RSU y RME, (DOF, 2004).
- NADF-019-AMBT-2018, Residuos eléctricos y electrónicos- requisitos y especificaciones para su manejo (Órgano de difusión del Gobierno de la Ciudad de México)
- NMX-AA-180-SCFI-2018, Que estable los métodos y procedimiento para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los RSU y RME. (DOF, 2018).
- Mora O. (2015). Propuesta de alternativas. hacia una producción sostenible de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia. <http://www.controlbiologico.com/producción-de-caña.htm>.
- Toledo E., Cabrera J.A, Leyva A., Pohlan H.A.J. (2008). Estimación de la producción de residuos agrícolas en agro ecosistemas de caña de azúcar. *Cultivos Tropicales*.
- Muñoz E., González R. (1998). Caña de azúcar integral para estimular el consumo a voluntad de alimentos voluminosos en vacas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*.
- León-Martínez T.S., Dopico-Ramírez D., Triana-Hernández O., Medina-Estévez M. (2013). Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar.
- López E., Andrade J., Herrera M., González O., García A., (2017). Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Centro Agrícola*. Vol. 44. No. 3.
- Velasco J., Gómez F.C., Hernández A.S., Salinas J., Guerrero A. (2017). Residuos Orgánicos de la Industria Azucarera: Retos y Oportunidades. *Agroproductividad*. Vol. 10. No. 11.
- López L., Cortes M.E., Espino X. (2021). Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento del Residuos de la caña de Azúcar. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*. Vol. 7.No. 1.
- Pérez M.A., Sánchez R., Palma D.J., Salgado S. (2011). Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. *Interciencia*. Vol. 36. No. 1.
- Pérez R. E. (2011). Planes de manejo de residuos de generadores de alto volumen: El caso de la Central de Abasto del Distrito Federal, México. Instituto Politécnico Nacional.

- Anacleto N. (2022). Estudio de generación de los residuos de la industria azucarera mexicana. Para obtener el título de Licenciatura en ingeniería ambiental. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Cepeda K.E. (2014). Desarrollo del plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial generados en la fábrica de alambre en la Industria Acecera. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Román P., Martínez M., Pantoja A. (2013). Manual del compostaje agricultor. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Valera M. (2021). El compost, o como convertir tus residuos orgánicos en abono natural. Ecovidrio.

