



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EL INGENIERO CIVIL EN LA GESTIÓN AMBIENTAL
DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS**

Cristiam René Conrado Rodas Aguilar
Asesorado por el Ing. José Marcos Mejía Son

Guatemala, noviembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EL INGENIERO CIVIL EN LA GESTIÓN AMBIENTAL
DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CRISTIAM RENÉ CONRADO RODAS AGUILAR
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MARCOS MEJÍA SON

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

EL INGENIERO CIVIL EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 30 de abril de 2013.



Cristiam René Conrado Rodas Aguilar

Guatemala 18 de septiembre de 2013

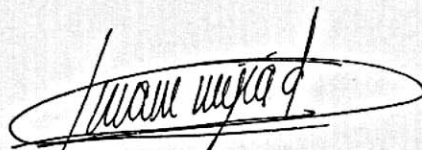
Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Montenegro:

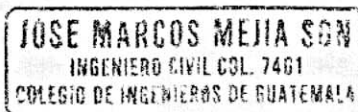
Luego de revisar el trabajo de graduación titulado "**El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos**", desarrollado por el estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Civil, Cristiam René Conrado Rodas Aguilar, tengo a bien informarle que dicho trabajo fue ejecutado conforme a los requisitos establecidos.

Por lo anterior y en mi calidad de asesor, me permito solicitarle proceda con los tramites respectivos para su aprobación.

Agradeciéndole la atención a la presente, me suscribo de usted, atentamente,



Ingeniero José Marcos Mejía Son
Asesor Trabajo de Graduación





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
17 de marzo de 2015

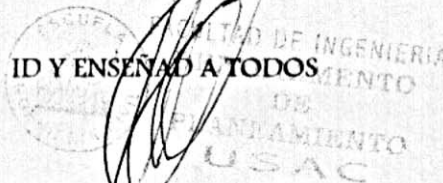
Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación EL INGENIERO CIVIL EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Cristiam René Conrado Rodas Aguilar, quien contó con la asesoría del Ing. José Marco Mejía Son.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,



Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría
Jefe Del Departamento de Planeamiento

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





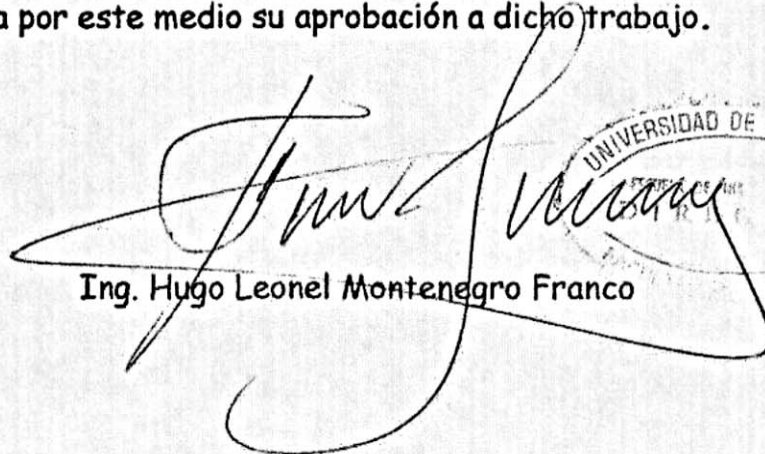
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



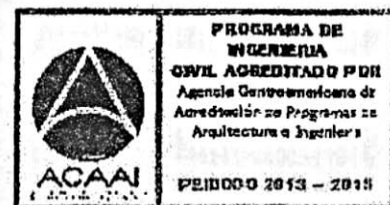
El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. José Marcos Mejía Son y del Coordinador del Área de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Cristiam René Conrado Rodas Aguilar, titulado EL INGENIERO CIVIL EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, octubre 2016

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

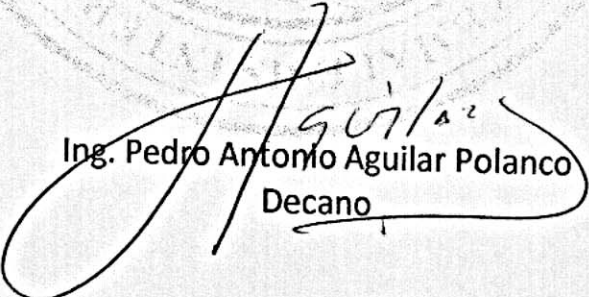


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 521.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EL INGENIERO CIVIL EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS**, presentado por el estudiante universitario: **Cristiam René Conrado Rodas Aguilar**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2016

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

Dios

“Bienaventurado el hombre que halla la sabiduría, y que obtiene la inteligencia; porque su ganancia es mejor que la ganancia de la plata, y sus frutos más que el oro fino.”

Proverbios 3:13-14

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Mario Rene Rodas Castillo (q. e. p. d.) y Ana María Aguilar de Rodas, gracias a su amor y ayuda me fue posible alcanzar esta meta.
Mi abuela	María Luisa Aguilar (q. e. p. d.).
Mis hermanos	Mario Fabián, Lucrecia Annabella y Guisella Marisol Rodas Aguilar, por su apoyo y cariño.
Mi esposa	Jesica Jannett Sipaque Salazar.
Mis hijos	Cristian Leonardo Rodas Sipaque y el bebé que pronto estará con nosotros y formará parte de esta familia.
Mis sobrinos	María de los Ángeles, María Elena y Ludyn Fabián de León Rodas.
Mi familia	Con mucho cariño.
Mis amigos en general	

Facultad de Ingeniería

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. INGENIERÍA CIVIL.....	1
1.1. Definición.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Formación.....	3
1.4. Especialidades	5
1.5. Actividades profesionales	7
1.6. Campos de acción.....	9
1.6.1. Como constructor	10
1.6.2. Como consultor.....	12
1.6.2.1. Estudios de preinversión	13
1.6.2.2. Estudios de prefactibilidad	14
1.6.2.3. Investigaciones	15
1.6.2.4. Capacitaciones	16
1.6.2.5. Auditorías finales	17
2. INDUSTRIA	19
2.1. Definición.....	19

2.2.	Descripción histórica del desarrollo de la actividad productiva	19
2.3.	Clasificación	22
2.3.1.	Según el número de trabajadores	22
2.3.2.	Según el tipo de actividades.....	24
2.3.3.	Según la ubicación	25
2.3.4.	Según la posición en la que se encuentre la industria en el proceso productivo general	25
2.3.5.	Según el tonelaje de las materias primas que utiliza en el proceso productivo	26
2.3.6.	Según su grado de desarrollo	26
2.4.	Actividad industrial	27
2.4.1.	Requerimiento de materiales y energéticos	27
2.4.1.1.	Materia prima	27
2.4.1.1.1.	Materias primas renovables.....	29
2.4.1.1.2.	Materias primas no renovables.....	29
2.4.2.	Requerimiento energético industrial	29
2.4.2.1.	Energía calórica	30
2.4.2.2.	Energía mecánica	31
2.4.2.3.	Energía eléctrica	31
2.4.3.	Fuentes y tipos de desechos industriales.....	32
2.4.3.1.	Residuos sólidos	33
2.4.3.2.	Residuos líquidos	34
2.4.3.3.	Residuos gaseosos	36
2.4.4.	Tipos de procesos y tecnologías	36
2.4.4.1.	Operaciones unitarias	37
2.4.5.	Sectores industriales relevantes.....	38

	2.4.5.1.	Industria de alimentos.....	38	
	2.4.5.2.	Industria de productos forestales.....	40	
	2.4.5.3.	Refinación de petróleo.....	40	
	2.4.5.4.	Industria minera.....	41	
	2.4.5.5.	Industria textil.....	41	
	2.4.5.6.	Industria generadora de energía.....	42	
2.5.		Gestión ambiental.....	42	
	2.5.1.	Aspectos ambientales.....	44	
	2.5.2.	Impactos ambientales.....	45	
	2.5.3.	Medidas de mitigación.....	46	
	2.5.4.	Monitoreo ambiental.....	47	
3.		RESIDUOS INDUSTRIALES.....	49	
	3.1.	Definición.....	49	
	3.2.	Antecedentes.....	49	
	3.3.	Gestión.....	51	
	3.3.1.	Regulaciones aplicables.....	52	
		3.3.1.1. Nivel internacional.....	52	
		3.3.1.2. Nivel nacional.....	54	
	3.4.	Tipos.....	57	
		3.4.1. Sólidos.....	58	
		3.4.2. Líquidos.....	59	
		3.4.3. Gases.....	61	
	3.5.	Características.....	62	
		3.5.1. Físicas.....	63	
			3.5.1.1. Humedad.....	63
			3.5.1.2. Densidad.....	64
			3.5.1.3. Contenido materia orgánica.....	64
		3.5.2. Químicas.....	65	

	3.5.2.1.	Composición.....	66
	3.5.2.2.	Capacidad calorífica.....	66
	3.5.3.	Tratamiento	67
	3.5.3.1.	Mecanismos presentes en los tratamientos de residuos	68
	3.5.3.2.	Sistemas de tratamiento de residuos líquidos.....	69
	3.5.3.3.	Sistemas de tratamiento de residuos sólidos	72
	3.5.3.4.	Sistemas de tratamiento de residuos gaseosos.....	76
3.6.		Aspectos ambientales	78
	3.6.1.	Impactos ambientales	79
	3.6.2.	Medidas de mitigación.....	81
4.		DIAGNÓSTICO DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES EN GUATEMALA Y PROPUESTA DE MEJORAS	83
4.1.		Diagnóstico	83
	4.1.1.	Antecedentes	83
	4.1.2.	Estudio de campo.....	84
	4.1.2.1.	Generalidades	84
	4.1.2.2.	Alcance.....	85
	4.1.2.3.	Muestra	85
	4.1.2.4.	Medios utilizados.....	86
		4.1.2.4.1. Visitas	86
		4.1.2.4.2. Encuesta	87
		4.1.2.4.3. Cuestionario	87
4.2.		Propuesta de mejoras	88
	4.2.1.	Formación del ingeniero civil.....	89

4.2.2.	Ejercicio profesional.....	90
4.2.3.	Gestión de desechos peligrosos.....	93
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	95
5.1.	Generalidades	95
5.2.	Tabulación y análisis de la información	95
5.3.	Gráficas y tablas.....	96
5.3.1.	Resultados, información del entrevistado	96
5.3.2.	Resultados, información empresas.....	97
5.3.3.	Resultados, información de la gestión ambiental	100
5.3.4.	Resultados, información de los residuos	102
5.3.5.	Resultados, información de los residuos peligrosos	104
5.3.6.	Resultados, información de la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental	105
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES.....	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	113
	APÉNDICES	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Movimiento de materiales	12
2.	Ciclo productivo	20
3.	Las tres dimensiones de la ingeniería sostenible.....	43
4.	Equipo tratamiento de residuos líquidos industriales. Planta de ultrafiltración de CIEMAT	71
5.	Tipo de impermeabilización de vertedero de acuerdo al tipo de residuo	73
6.	Equipo tratamiento de residuos gaseosos. Filtro de mangas de Hydronics	77
7.	Instalaciones necesarias para la gestión de residuos industriales.....	94

TABLAS

I.	Clasificación de empresas de acuerdo al criterio de la Cámara de Industria de Guatemala para empresas industriales	23
II.	Criterios de clasificación de empresas.....	24
III.	Tipos de residuos sólidos de origen industrial.....	33
IV.	Tipos de residuos generados en diferentes industrias	58
V.	Residuos líquidos industriales.....	60
VI.	Principales características de los residuos	62
VII.	Componentes combustibles en los residuos sólidos urbanos	65
VIII.	Contenido energético de los residuos sólidos urbanos	67
IX.	Resultados: tiempo de trabajar en la empresa.....	97

X.	Resultados, información empresas.....	98
XI.	Resultados, información de la gestión ambiental.....	101
XII.	Resultados, información de los residuos	102
XIII.	Resultados, información de los residuos peligrosos	104
XIV.	Resultados, información de la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental.....	106

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ρ	Densidad aparente
kg	Kilogramo
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
%	Porcentaje

GLOSARIO

Acuífero	Formación geológica que contiene el suficiente material permeable saturado como para recoger cantidades importantes de agua que serán captadas en forma natural (manantiales) o en forma artificial (canales).
Almacenaje	Acción de retener temporalmente desechos, mientras no sean entregados al servicio de recolección para su posterior procesamiento, reutilización o disposición.
Ambiente	Conjunto o sistema de elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica o sociocultural, en constante interacción y en permanente modificación por la acción humana o natural, que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.
Clasificación	Consiste en agrupar determinados componentes, elementos o sustancias, para ser manejados en forma especial, lo que facilita el reciclaje o continuar con la próxima etapa del manejo.

Conades	Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos.
Contenedor	Cualquier recipiente en el cual un material es almacenado, transportado o manipulado de algún modo.
Depósito de seguridad	Relleno sanitario destinado a la disposición final adecuada de los residuos industriales o peligrosos.
Desecho	Material u objeto que resulta de una actividad cualquiera, que no es útil para el que lo genera o posee y que no existe otra utilidad para él. Sinónimo de residuo.
Disposición final	Proceso u operaciones para tratar de disponer en un lugar los desechos, como última etapa en su manejo permanente, sanitaria y ambientalmente seguro.
Edar	Estaciones de depuración de aguas residuales.
EPA	Agencia para la protección del medio ambiente de Estados Unidos.
Emisiones	Impactos en el medio ambiente que pueden ir a la atmósfera, aguas o suelos.

Gestión	Conjunto de los métodos, procedimientos y acciones desarrollados por la gerencia, dirección o administración del generador de residuos, sean estas personas naturales o jurídicas y por los prestadores del servicio de desactivación y del servicio público especial de aseo, para garantizar el cumplimiento de la normatividad vigente sobre residuos.
Impacto ambiental	Cualquier cambio neto, positivo o negativo provocado al ambiente como consecuencia indirecta de acciones antrópicas susceptibles de producir alteraciones que afecten la salud, la capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos esenciales.
Lodo	Líquido con gran contenido de sólidos en suspensión, proveniente de la mezcla profusa de agua y tierra por operaciones como el tratamiento de agua, aguas residuales y otros procesos similares.
Manejo	Toda actividad técnica, operativa de residuos que involucre manipulación, acondicionamiento, tratamiento o cualquier otro procedimiento técnico operativo, utilizado desde la generación hasta la disposición final.

Residuos industriales	Provenientes de las actividades productivas o de servicios, se caracterizan por contener con frecuencia elementos tóxicos.
Riles	Residuos líquidos de origen industrial.
RSI	Residuos sólidos de origen industrial.

RESUMEN

Uno de los principales retos de la industria moderna es sustentar sus operaciones bajo el principio de minimizar los impactos ambientales y reducir los costos de tratamiento de los desechos generados en sus operaciones. Los procesos industriales generan una gama de residuos de naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa.

El manejo adecuado de los residuos peligrosos requiere de infraestructura y tecnologías especializadas que aseguren la integridad de los ecosistemas y la salud de la población. Además, representa un desafío para aquellos ingenieros y otros profesionales que están involucrados en el diseño y operación de procesos productivos, así como en la construcción de la infraestructura necesaria.

En el presente trabajo se encuentra información valiosa y actualizada sobre los desechos peligrosos generados en la actividad industrial y las técnicas que se utilizan para su tratamiento y disposición final, priorizando la participación del ingeniero civil y las oportunidades de desarrollo profesional en el tema.

OBJETIVOS

General

Elaborar un documento que permita caracterizar y clasificar los residuos peligrosos generados en actividades y procesos industriales, y establecer la participación del ingeniero civil en su disposición final.

Específicos

1. Conocer los tipos, características, origen, tratamiento y disposición final de los desechos peligrosos.
2. Describir las diferentes alternativas de manejo y gestión de los desechos sólidos peligrosos que actualmente se utilizan.
3. Examinar la legislación existente sobre el tema de los desechos sólidos peligrosos.
4. Identificar los sectores de la industria que generan desechos peligrosos en sus procesos y determinar las estrategias de prevención de la contaminación para sectores y actividades industriales específicos.
5. Detallar la infraestructura apropiada para la gestión integral de los residuos peligrosos.

6. Señalar la aplicación e importancia que tiene la ingeniería civil en la gestión de los residuos peligrosos.
7. Ofrecer al estudiante y profesional de la ingeniería civil un documento que sirva de referencia sobre los métodos para el almacenamiento y disposición final de desechos peligrosos.
8. Reseñar las normas y especificaciones nacionales e internacionales sobre el tema de desechos sólidos peligrosos.

INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales generan una gama de residuos de naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa, con características corrosivas, reactivas, explosivas o tóxicas que pueden presentar riesgos potenciales para la salud humana y el ambiente (residuos peligrosos). Por lo tanto representa un desafío para los ingenieros y otros profesionales que están involucrados en el diseño y operación de procesos productivos, así como en la construcción de la infraestructura necesaria.

Por esta razón se desarrolló el presente trabajo que busca identificar la participación del ingeniero civil en el manejo y disposición final de los desechos sólidos industriales al caracterizar y clasificar los residuos peligrosos generados durante actividades y procesos industriales. El contenido es el que se detalla a continuación.

En el capítulo uno se desarrolla el tema de la ingeniería civil, incluyendo su definición, antecedentes, especialidades y campos de acción. En el capítulo dos se presentan aspectos relacionados con la industria como sus características, clasificación, requerimientos energéticos y de materiales, procesos y tipos de desechos generados y gestión ambiental.

El capítulo tres contiene aspectos sobre los residuos industriales definiendo sus tipos, características, tratamiento y gestión ambiental. En el capítulo cuatro se incluye la descripción de las actividades necesarias para realizar el diagnóstico de los desechos industriales en Guatemala y una propuesta de mejoras.

El capítulo cinco contiene el análisis de los resultados obtenidos en las actividades descritas en el capítulo cuatro. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones elaboradas dentro del estudio, así como la bibliografía que sirvió de consulta para desarrollar el contenido del trabajo.

1. INGENIERÍA CIVIL

1.1. Definición

- “Ingeniería: es la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias naturales y matemáticas, obtenido por estudio, experiencia y práctica, es aplicado con criterio al desarrollo de formas de emplear, económicamente, los materiales y fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad”¹.
- “Ingeniería civil: es la disciplina de la ingeniería profesional que se ocupa del diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras emplazadas en el entorno, incluyendo carreteras, ferrocarriles, puentes, canales, presas, puertos, aeropuertos, diques y otras construcciones relacionadas”².
- Ingeniería Civil: rama de la ingeniería que tiene por objeto formar profesionales con las siguientes aptitudes: que participen en el estudio y preparación de proyectos, organizar, controlar y dirigir los trabajos necesarios de construcción, funcionamiento y conservación de trabajos tales como: carreteras, vías férreas, puentes, túneles, aeródromos, estructuras para edificios, instalaciones hidráulicas para riego y avenamiento, canales, presas, entre otros³.

¹ ARBORNOZ RAMOS, César; ESCUDERO PALMA, Francisco. *Competencias profesionales en la formación del ingeniero civil acústico*. p. 43.

² *Ingeniería civil*. http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_civil. Consulta: abril de 2013.

³ *Definición de ingeniería civil*. <http://ingenieria.cunoc.usac.edu.gt/index.php/menucarreras/6-artdefcivil>. Consulta: abril de 2013.

1.2. Antecedentes

La ingeniería ha sido un aspecto de la vida desde el principio de la existencia humana. Las prácticas más tempranas de la ingeniería civil podrían haber comenzado entre el 4000 y el 2000 a.C. en el Antiguo Egipto y Mesopotamia cuando los humanos comenzaron a abandonar la existencia nómada, creando la necesidad de un cobijo.

La construcción de las pirámides de Egipto entre el 2700 y el 2500 A.C. podría considerarse las primeras muestras de construcciones de gran tamaño. De las civilizaciones antiguas, quizás la más desarrollada en ingeniería civil fue la romana, pionera en la construcción de una red de calzadas, acueductos, puertos, puentes, presas y alcantarillados.

En el siglo XVIII, el término ingeniería civil fue acuñado para incorporar la ingeniería para usos civiles en oposición de la ingeniería militar (artillería, balística, construcción de defensas, entre otros). Tradicionalmente ha sido dividida en varias disciplinas incluyendo ingeniería ambiental, geotécnica, geofísica, geodesia, de control, estructural, industrial, mecánica, del transporte, ciencias de la tierra, del urbanismo, del territorio, hidráulica, de los materiales, de costas, agrimensura y de la construcción.

Actualmente se piensa que las competencias académicas para el trabajo del ingeniero civil son una fina relación entre tres componentes:

- Conocimiento: se adquiere en forma explícita en la Universidad como requisito para poder ejercer.

- Habilidades y destrezas: son intrínsecas a la persona y se conocen realmente cuando ya se encuentran en el desempeño del cargo.
- Valores: la educación centrada en valores adquiere especial significado, pues conforma con las dos anteriores, las competencias para el trabajo, para las relaciones sociales, para la justicia, la igualdad, y la tolerancia, entre muchos otros valores necesarios.

1.3. Formación

Cuando se asocia el concepto “formación” al adjetivo “profesional” se entiende básicamente que se hace referencia a un tipo de formación que tiene por finalidad preparar a la gente para el trabajo. Desde hace algunos años, existe la preocupación por el tema de la educación superior ya que la globalización y las numerosas consecuencias que acarrea, ponen en discusión cómo adaptar de mejor manera los sistemas de formación ante la reflexión de nuevas oportunidades de mercado.

La formación profesional se puede definir como el proceso educativo que tiene lugar en las instituciones de educación superior, orientada a que los alumnos obtengan conocimientos, habilidades, actitudes, valores culturales y éticos, contenidos en un perfil profesional y que correspondan a los requerimientos para el ejercicio de una determinada profesión.

Para analizar la formación del ingeniero civil hay que conocer cuál es el perfil que se necesita. Esta formación es integral; sus habilidades y destrezas se basan en la generación de competencias a través de un proceso de enseñanza aprendizaje en el cual el futuro profesional tiene contacto con la realidad a través de prácticas de laboratorio, visitas a obras y resolución de

casos reales que se observan a nivel nacional a través del ejercicio profesional supervisado y de tutorías con profesores que trabajan en la industria de la construcción y su gestión.

Un tema recurrente en la formación del ingeniero civil es la definición del grado y tipo de especialización que debe obtener el estudiante, o si, por el contrario, se debe limitar a la formación de un ingeniero generalista. A continuación se presentan las áreas básicas en la formación del ingeniero civil:

- Topografía: permite que el ingeniero civil sea capaz de solucionar de manera eficiente y eficaz los problemas relacionados con el levantamiento topográfico y transportes.
- Transporte: permite que el ingeniero civil sea capaz de solucionar de manera eficiente y eficaz los problemas relacionados con la operación y manejo del flujo vehicular con el auxilio de la ingeniería de tránsito, realizar análisis de los factores que generan el transporte de personas, mercaderías, entre otros y al diseño, construcción y mantenimiento de carreteras.
- Estructuras: forma al ingeniero civil para que sea capaz de solucionar de manera eficiente y eficaz los problemas relacionados con el diseño y cálculo de estructuras de concreto armado, acero y madera; utilizadas en la construcción de edificios, puentes, bodegas, entre otros.
- Hidráulica: permite que el ingeniero civil sea capaz de solucionar de manera eficiente y eficaz los problemas relacionados al aprovechamiento y manejo de fluidos.

- **Planeamiento:** área que capacita al ingeniero civil para que sea capaz de solucionar de manera eficiente y eficaz los problemas relacionados con la planificación y evaluación de proyectos de infraestructura social y económica.
- **Infraestructura vial y pavimentos:** es el área de la ingeniería civil encargada del diseño y mantenimiento de las vías y sus estructuras.
- **Administración:** es un área que ofrece capacitar al ingeniero civil en la gestión y la planificación del proyecto participante, además del establecimiento de los documentos de gestión. El administrador coordina la realización del programa con los especialistas de otras unidades, asegura el cumplimiento de los objetivos y de las prestaciones al dar seguimiento a los avances de los estudios desde el punto de vista de la planificación, evaluación de los costos y estimación de las duraciones de las actividades.

1.4. Especialidades

Entre el ejercicio y formación profesional, se pueden considerar dos formas de especializarse:

- A través de un conocimiento muy profundo en alguna rama de la Ingeniería Civil.
- Aquellos que simplemente han trabajado siempre en una misma rama.

La mayor parte de los profesionales tienen una tendencia a concentrar sus esfuerzos en alguna de las especialidades de la ingeniería civil. Las prácticas profesionales y la tesis deben ser el nacimiento de la especialización.

La especialización y, en general, la formación del ingeniero civil tienen mucho que ver con la realidad de cada país. En los primeros años de la carrera suele suceder que la especialidad se defina por la oportunidad de conseguir un determinado trabajo. A continuación se presentan algunas de las alternativas de especialización para el ingeniero civil:

- Ingeniería geotécnica: se encarga de estimar la resistencia entre partículas de la corteza terrestre de distinta naturaleza, granulometría, humedad, cohesión y de las propiedades de los suelos en general, con el fin de asegurar la interacción del suelo con la estructura. Además realiza el diseño de la cimentación o soporte para edificios, puentes, entre otros.
- Ingeniería en infraestructura vial y pavimentos: es el área de la ingeniería civil encargada del diseño y mantenimiento de las vías y sus estructuras. Un ingeniero especializado en infraestructura vial y pavimentos debe tener conocimientos en las siguientes áreas: diseño geométrico de vías, diseño de pavimentos (tanto rígidos como flexibles) y su optimización.
- Ingeniería de materiales: uno de los aspectos más importantes de la ingeniería civil es la ingeniería de materiales. Esta rama estudia las propiedades de los materiales utilizados en la construcción de obras civiles como el concreto hidráulico, el concreto asfáltico, el acero y los polímeros, entre muchos otros.

- Ingeniería ambiental: se dedica a solucionar problemas de saneamiento ambiental, proveer agua potable, disponer o reusar agua residual y reciclar los residuos sólidos; vigilar el manejo y saneamiento del drenaje en las áreas urbanas y rurales; controlar la contaminación del agua, suelo y aire, así como el impacto ambiental que dicha contaminación provoque.
- Ingeniería sanitaria: realizando cálculo y construcción de sistemas de agua potable, drenajes pluviales y aguas residuales, diseño, cálculo y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Ingeniería hidráulica: se refiere a aspectos técnicos del flujo de fluidos, oleoductos, distribución de agua, drenaje y las instalaciones. El conocimiento en la dinámica de fluidos, estadísticas y el sistema hidráulico es fundamental para los ingenieros hidráulicos.

1.5. Actividades profesionales

La función del ingeniero civil consiste en definir un problema, escoger los métodos de análisis, interpretar y evaluar los resultados; por lo que se requiere que posea conocimientos en disciplinas relacionadas con el planteamiento y la administración. Además, debe saber recurrir a la ayuda de especialistas para que, bajo su dirección, resuelvan aspectos específicos del problema.

Quien ejerce la ingeniería civil puede elegir su escenario de acuerdo con su interés personal y aptitudes, desarrollando sus tareas en instituciones públicas y privadas, empresas de diversa envergadura y como consultor independiente. El ingeniero civil puede realizar las siguientes actividades:

- Tomar decisiones adecuadas acerca de las obras de infraestructura a ejecutar de acuerdo a la situación económica del país.
- Investigación y desarrollo en aspectos científicos y tecnológicos como en los de entorno social, económico, político y cultural que imperan en la cambiante situación nacional.
- El uso y aplicación de la informática para la administración de proyectos de infraestructura.
- Crear, innovar y emprender para contribuir al desarrollo tecnológico.
- Concebir, analizar, proyectar y diseñar obras de ingeniería civil.
- Planificar y programar obras y servicios de ingeniería civil.
- Construir, supervisar, inspeccionar y evaluar obras de ingeniería civil.
- Operar, mantener y rehabilitar obras de ingeniería civil.
- Evaluar el impacto ambiental y social de las obras civiles.
- Modelar y simular sistemas y procesos de ingeniería civil.
- Comprender y asociar los conceptos legales, económicos y financieros para la toma de decisiones, gestión de proyectos y obras de ingeniería civil.
- Proponer soluciones que contribuyan al desarrollo sostenible.

- Prevenir y evaluar los riesgos en las obras de ingeniería civil.
- Manejar e interpretar información de campo.
- Interactuar con grupos multidisciplinarios y dar soluciones integrales de ingeniería civil.
- Emplear técnicas de control de calidad en los materiales y servicios de ingeniería civil.

1.6. Campos de acción

La formación académica de los ingenieros civiles les permite integrarse con facilidad en diversos ambientes laborales, públicos y privados; relacionados con la industria de la construcción, en las áreas de planeación, diseño, construcción, administración, operación y conservación de proyectos de infraestructura y beneficio social. Los ingenieros civiles pueden ejercer actividades empresariales y de consultoría, así como de investigación y docencia.

De acuerdo a su formación, el ingeniero civil puede participar profesionalmente en los siguientes campos:

- Topografía: levantamientos topográficos para diseño y construcción de: carreteras, vías férreas, drenajes, agua potable, cableado eléctrico, urbanizaciones, construcción de edificios; levantamientos topográficos para medición de terrenos, catastro.

- Transporte: diseño y construcción de carreteras, pasos a desnivel y distribuidores de tráfico especial. Mantenimiento de carreteras pavimentadas y de terracería, estudios de ingeniería de tránsito.
- Estructuras: diseño y cálculo de estructuras de concreto armado, acero y madera. Construcción de edificios, bodegas, puentes, otros.
- Hidráulica e ingeniería sanitaria: administración de recursos hidráulicos, diseño, cálculo y construcción de sistemas de agua potable, drenajes pluviales y aguas residuales, diseño, cálculo y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas contra incendios e hidroeléctricas, rellenos sanitarios.
- Planeamiento: urbanismo, planificación, preparación, evaluación y programación de proyectos; administración y organización de personal, preparación de bases de cotización y licitación.
- Área ambiental: estudios y evaluaciones de impacto ambiental, análisis y diseño de plantas de control de contaminación.

1.6.1. Como constructor

Los ingenieros civiles se dedican a las construcciones que alteran el medio en el que vivimos, esta actividad es vital para la economía del país. Participan en la construcción de: infraestructura, obras hidráulicas e infraestructura energética (hidroeléctricas y centrales térmicas), vías y transporte, urbanismo, impacto ambiental, entre otros.

Entre las funciones que el ingeniero civil puede desarrollar, relacionadas con la construcción de infraestructura u obra civil están las siguientes:

- Gerente de proyectos
- Supervisor de obras civiles o residente de obra
- Constructor general o contratista
- Control de patología de estructuras y obras civiles
- Control de calidad del concreto y sus agregados
- Especialista en tecnologías limpias aplicadas a la construcción
- Movimiento de tierra
- Gerente de ventas de materiales de construcción

Figura 1. **Movimiento de materiales**



Fuente: carretera del departamento de Escuintla.

1.6.2. Como consultor

El área técnica y la administrativa son los dos grandes sistemas dentro del ámbito de trabajo del ingeniero civil. Se incluyen aquellas actividades profesionales relacionadas con el desarrollo de estudios, evaluación de proyectos, asesorías en temas relacionados con la ingeniería civil, entre otros. Además, el ingeniero civil puede participar en las diferentes fases de los proyectos, las cuales son:

- Fase de prefactibilidad: se encarga de analizar el mayor número de soluciones posibles para cada proyecto. Los estudios involucran equipos

multidisciplinarios de técnicos, donde además de ingenieros civiles participan ingenieros eléctricos, mecánicos, geólogos, economistas, sociólogos, ecologistas.

- Fase de factibilidad técnicoeconómica: en general, en esta fase se escoge la solución definitiva, la cual será detallada en la etapa de diseño definitivo o proyecto ejecutivo. Se avanza en los detalles constructivos, la determinación de los costos, el cronograma de construcción y el flujo de caja necesario para la ejecución de la obra. En esta etapa son relevantes y significativas las investigaciones de campo para detectar dificultades específicas relacionadas con la geología de las áreas en las que se intervendrá y se detallarán los impactos ambientales, incluyendo tanto la parte física como la abiótica y social.
- Fase de ejecución: en el desarrollo y ejecución de cualquier tipo de proyecto de infraestructura u obra civil, por lo general, los ingenieros que llevan a cabo la obra no son los que las diseñan.

1.6.2.1. Estudios de preinversión

Consiste en la elaboración y evaluación, materialización y operación del proyecto, e incluye las fases de preinversión, inversión y operación. Entre las actividades que el ingeniero civil puede desarrollar, relacionadas con los estudios y proyectos de inversión, están las siguientes:

- Cálculo de presupuestos.
- Gerente de mercadeo de empresas inmobiliarias.

- Experto evaluador.
- Formulación y evaluación de proyectos.
- Estudios de impacto ambiental.
- Planificador.
- Desarrollador de ingeniería conceptual.
- Consultor en la elaboración de especificaciones y normas técnicas.
- Experto en estudios de factibilidad técnica en construcción y desarrollo inmobiliario.

1.6.2.2. Estudios de prefactibilidad

La ingeniería civil es reconocida como una profesión importante que crea la infraestructura impulsora del crecimiento económico y del desarrollo sostenible del país. Dentro de las actividades que el ingeniero civil puede desarrollar, relacionadas con la ejecución de proyectos, están las siguientes:

- Mecánica de suelos y mecánica de rocas.
- Trabajos topográficos y geodésicos en general.
- Estudios de tránsito en rutas y ciudades.
- Planeamiento de uso y administración de los recursos hídricos.

- Estudios hidrológicos.
- Asuntos de ingeniería legal, económica, financiera y de organización.
- Arbitrajes, pericias, tasaciones relacionadas con los incisos anteriores.
- Planeamiento, administración y explotación de sistemas de transporte en general.

1.6.2.3. Investigaciones

La ingeniería es una ciencia que se ocupa de temas nuevos cada día, la investigación y la innovación se configuran como elementos indispensables para garantizar el liderazgo de universidades y empresas. La actividad de investigación de un ingeniero civil o de un arquitecto no se realiza en los mismos términos en los que lo hacen un biólogo, matemático o químico.

En la actualidad, existe desarrollo significativo de la ingeniería de materiales, principalmente en los centros de investigaciones (privados y públicos), laboratorios especializados (empresas privadas, universidades) y otros. Dentro de las actividades que el ingeniero civil puede desarrollar, relacionadas con la investigación y docencia, están las siguientes:

- Transmitir los conocimientos básicos, técnicos y científicos de los temas contenidos en todos los niveles de la carrera, de acuerdo con las reglamentaciones respectivas, e investigación relacionada con esos conocimientos.
- Planificar y desarrollar investigación.

- Establecer sistemas de promoción y divulgación.
- Impulsar los mecanismos de formación para docentes y estudiantes en este tema.
- Impartir conocimientos prácticos a través de laboratorios y uso de herramientas informáticas.
- Elaborar y adoptar normas de ingeniería civil, a escala mundial y nacional, que garanticen la seguridad, higiene y bienestar de la población.

1.6.2.4. Capacitaciones

El ingeniero civil debe integrar la conciencia ambiental tanto en la educación como en la práctica de la profesión. Esta conciencia le permitirá identificar y aplicar planteamientos que mejoren la sostenibilidad de los proyectos, utilizando nuevas prácticas, tecnologías y materiales, y reduciendo al mínimo los costos del ciclo de vida útil.

Entre las actividades que el ingeniero civil puede desarrollar, relacionadas con la capacitación, están las siguientes:

- Enseñanza de los conocimientos básicos, técnicos y científicos de los temas de interés.
- Impartir conocimiento con una orientación hacia la gestión y evaluación de proyectos.

- Servicios de capacitación de temas específicos para el personal de empresas constructoras.

1.6.2.5. Auditorías finales

La realización de las auditorías administrativas o ambientales es trabajo de equipo y requiere la intervención de una serie de profesionales; en la actualidad el tema ambiental se relaciona con todas las especialidades.

La carrera de ingeniería civil cada día participa más en el estudio y la solución de problemas ambientales, el manejo de ecosistemas y la conservación de los recursos naturales; desarrollando procesos de planificación, diseño, construcción y mantenimiento que protegen el medio ambiente.

Dentro de las actividades que el ingeniero civil puede desarrollar, relacionadas con las auditorías, están las siguientes:

- Realizar actividades especializadas de acuerdo a su formación profesional.
- Enseñanza de los conocimientos básicos, técnicos y científicos de los temas de interés.
- Evaluar correctamente y gestionar el riesgo de lo impredecible y lo inevitable.

2. INDUSTRIA

2.1. Definición

- “Industria: aplicación del trabajo humano a la transformación de primeras materias hasta hacerlas útiles para la satisfacción de necesidades”.⁴
- “Industria: es el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados”.⁵

2.2. Descripción histórica del desarrollo de la actividad productiva

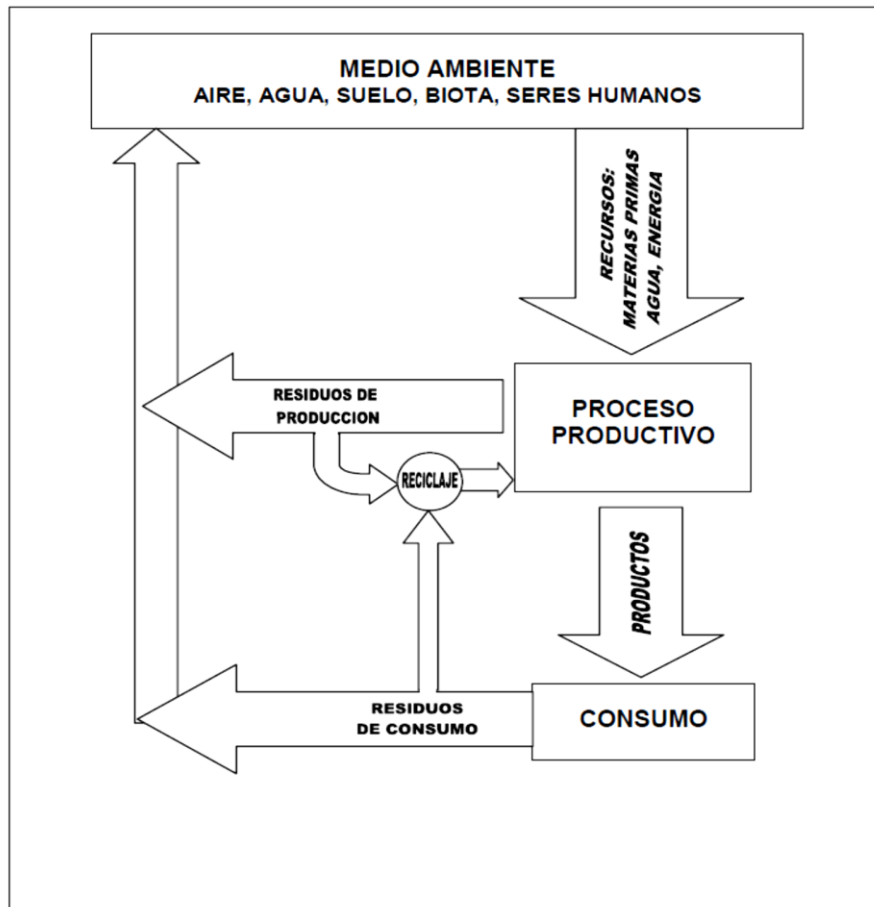
Las actividades industriales incluyen los procesos y técnicas que transforman las materias primas en productos elaborados; aunque a lo largo de la historia ha existido la fabricación de útiles, solo se tiende a considerar como actividades industriales a aquellas destinadas a alcanzar una producción masiva. Los antecedentes de la industria fueron los talleres artesanos y las manufacturas.

En el desarrollo industrial se distinguen tres etapas: la primera revolución industrial, que comenzó de 1700 a 1780; la segunda revolución industrial, que se inició en torno a 1870; y la tercera revolución industrial, que arranca en la década de 1970 y continúa en la actualidad.

⁴ OLIVERA BARRERA, Francisco Javier. *Importancia de la seguridad e higiene en la industria de la construcción*. p. 14.

⁵ *Educar Chile*. <http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=182729>. Consulta: junio de 2013.

Figura 2. **Ciclo productivo**



Fuente: ZAROR ZAROR, Claudio Alfredo. *Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos*. p. 15.

La industria es una importante rama de la economía guatemalteca, en las últimas décadas ha pasado por distintas etapas. Actualmente, se caracteriza por la existencia de dos sectores claramente diferenciados: el sector encaminado a la producción para la exportación y el sector dirigido a la demanda interna, existen grandes diferencias entre ambos en cuanto a productividad, modos de producción, rentabilidad, entre otros.

El surgimiento del sector industrial en Guatemala ha venido constituyendo un desafío. En 1940, la economía industrial guatemalteca era aún incipiente, estaba formada por artesanías y empresas individuales. Había únicamente tres grandes empresas monopólicas: cemento, cerveza, jabón.

El mayor auge del sector industrial de Guatemala se dio en la época del Mercado Común Centroamericano, de los 60 a los 70. Desde finales de los 80 se ha iniciado una recuperación económica, la cual ha avanzado más lentamente en el sector industrial que en la economía en su conjunto. En 1994, los presidentes de los países de la región acordaron impulsar un programa de modernización industrial que buscaba realizar esfuerzos conjuntos para definir una agenda de modernización industrial de la región.

En la actualidad, las cinco industrias más importantes del país, por su vocación exportadora, peso dentro del PIB industrial y capacidad de generación de empleo, son las maquilas, alimentos, bebidas, químicos y farmacéuticos.

De acuerdo a la información existente, la mayor cantidad de industrias se concentran en el departamento de Guatemala (64 %). Los departamentos de Santa Rosa (7,6 %), Quetzaltenango (5 %) y Escuintla (4 %) tienen un gran número de industrias respecto del resto del país, pero no sobrepasan al departamento de Guatemala.

De lo anterior se deduce que la actividad industrial, como factor de presión en la generación de residuos sólidos, basándose en el número de industrias y su localización, se concentra en el departamento de Guatemala.

2.3. Clasificación

Las empresas se pueden definir como entes económicos dedicados a la producción de bienes y servicios que juegan un papel muy importante dentro del desarrollo económico de un país. Las tipologías en las que se clasifican las industrias actualmente son diversas, dependiendo del criterio que se utilice para su estudio:

- Según la posición en la que se encuentre la industria en el proceso productivo general.
- Según el tonelaje de las materias primas que utiliza en el proceso productivo.
- Según su grado de desarrollo.

En Guatemala existen diversas clasificaciones de las empresas, atendiendo aspectos bien definidos. En este trabajo se tomaron en cuenta los que se consideraron de mayor uso y relevancia en nuestro país.

2.3.1. Según el número de trabajadores

- Grande: su constitución se soporta en grandes cantidades de capital, un gran número de trabajadores y el volumen de ingresos al año; el número de trabajadores excede a 100 personas.
- Mediana: su capital, el número de trabajadores y el volumen de ingresos son limitados y muy regulares, número de trabajadores superior a 20 personas e inferior a 100.

- Pequeñas: se dividen a su vez en:
 - Pequeña
 - Mediana
 - Micro

Tabla I. **Clasificación de empresas de acuerdo al criterio de la Cámara de Industria de Guatemala para empresas industriales**

Tipo de empresa	Empleados	Ventas máximas anuales (Q)	Activos totales (Q)
Microempresa	1-10	hasta 60 000	hasta 50 000
Pequeña empresa	11-20	60 001- 300 000	50 001- 500 000
Mediana empresa	21-50	300 001- 3 000 000	500 001- 2 000 000

Fuente: Fundación Andrés Arboleda. *Concepto y clasificación de empresa*.
www.monografias.com/trabajos21/clasificacion-empresas/clasificacion-empresas.shtml
 Consulta: mayo de 2013.

Tabla II. **Criterios de clasificación de empresas**

Tipo de empresa	Empleados (criterio de la Cámara de Industria para el Programa de Bonos)	Empleados (criterio del Ministerio de Economía)
Microempresa	1 - 5	1 - 10
Pequeña empresa	6 - 50	11 - 25
Mediana empresa	51 - 100	26 - 60

Fuente: Fundación Andrés Arboleda. *Concepto y clasificación de empresa*.
www.monografias.com/trabajos21/clasificacion-empresas/clasificacion-empresas.shtml.

Consulta: mayo de 2013.

2.3.2. Según el tipo de actividades

De acuerdo a este criterio, no interesa si es el propietario de la empresa es una persona individual o jurídica, sino únicamente las funciones específicas que realiza, es decir su actividad económica principal. A continuación se mencionan las principales:

- **Comerciales:** son aquellas entidades que se dedican únicamente a la compra y venta de productos para los consumidores finales, es decir sin agregarle ningún elemento a las mercancías objeto de transacción, las cuales se trasladan sin haber sufrido ninguna transformación.

- Agrícolas: su actividad primordial consiste en el cultivo de vegetales, legumbres y frutas, para luego ponerlas a la venta, en general, se dedican a la explotación de la tierra.
- Industriales: son las que se dedican a elaborar un producto final con la utilización de materias primas que sufren una transformación a través de un proceso productivo que se lleva a cabo en una o varias plantas.
- De servicios: como su nombre lo indica, desarrollan una gama de servicios, es decir no ofrecen a la venta ningún producto, sino que satisfacen necesidades de sus clientes a través de servicios turísticos, bancarios, financieros, mensajería, entre otros.

2.3.3. Según la ubicación

Bajo este criterio se puede determinar el medio ambiente cercano a una empresa, para prevenir el posible éxito o fracaso de esta.

- Urbanas
- Rurales

2.3.4. Según la posición en la que se encuentre la industria en el proceso productivo general

- Industrias de base: son aquellas que inician el proceso productivo, transformando la materia prima en productos semielaborados que utilizan otras industrias para su transformación final.

- Industrias de bienes de equipo: son aquellas que se dedican a transformar los productos semielaborados en equipos productivos para proveer a las industrias; esto es la fabricación de maquinaria, equipos electrónicos, entre otros.
- Industrias de bienes de consumo: son aquellas que fabrican bienes destinados al uso directo por parte del consumidor (textiles, productos farmacéuticos, electrodomésticos, entre otros).

2.3.5. Según el tonelaje de las materias primas que utiliza en el proceso productivo

- Industria pesada: trabajan con grandes cantidades de materia prima que convierten en productos semielaborados.
- Industria semiligera: trabajan con productos semielaborados, por lo que su peso es menor, suelen ser las industrias de bienes de equipo.
- Industria ligera: el peso de la materia prima con la que trabajan es reducido, facilitando así su transformación. No necesitan grandes instalaciones y suelen estar localizadas próximas al mercado de destino. Entre este tipo de industria podemos clasificar las textiles, químicas, calzado y en general todas aquellas que producen bienes de consumo.

2.3.6. Según su grado de desarrollo

- Industrias punta: son aquellas industrias que están en plena expansión y crecimiento de su producción.

- Industrias maduras: son aquellas industrias que han llegado a su máximo desarrollo, habiéndose estancado su producción, debido, principalmente, al uso de tecnología anticuada.

2.4. Actividad industrial

Toda empresa, de alguna forma, debe y está obligada a mantener su responsabilidad ante la sociedad produciendo y generando un bien y un servicio que presente la sustentabilidad de sus productos con el ambiente, que su impacto sea mínimo en los seres vivos que habitan en el planeta.

2.4.1. Requerimiento de materiales y energéticos

A continuación se presentan algunas consideraciones relacionadas con los requerimientos de materiales y energía para desarrollar las actividades industriales.

2.4.1.1. Materia prima

Las materias primas son los recursos naturales que utiliza la industria en su proceso productivo para ser transformados en producto semielaborado, en bienes de equipo o de consumo. Existe diversidad de materias primas que se clasifican según su origen, así podemos distinguir entre:

- Origen orgánico: procedentes de las actividades del sector primario (agricultura, ganadería, pesca o sector forestal). Se utilizan en las industrias textiles (lana, algodón, lino, seda), calzado (cuero), alimentación (verduras, pescados, carnes), entre otras. Puede

diferenciarse según su procedencia entre materias primas de origen animal o vegetal.

- Origen inorgánico o mineral: proceden de la explotación de los recursos mineros, siendo la base de las industrias pesadas y de base (metalurgia, siderurgia, químicas, construcción). Los recursos mineros aptos para el uso industrial se clasifican como:
 - Minerales metálicos: aquellos utilizados para la obtención de hierro, aluminio, cobre, entre otros.
 - Minerales no metálicos: aquellos usados para la obtención de sal y fertilizantes.
 - Rocas industriales: utilizadas para la construcción, como el yeso para fabricar escayolas, la caliza para fabricar cementos y para la ornamentación, como el granito, el mármol, entre otros.
- Origen químico: se puede incluir como tercer tipo de materia prima a un grupo de materiales que no procede directamente de la naturaleza, sino que se obtiene artificialmente por procedimientos químicos pero que sirven de base para otras muchas industrias, tales como los plásticos o las fibras sintéticas.

Al igual que las fuentes de energía, no todas las materias primas son inagotables, es decir, su consumo tiene un límite. En general, las materias primas se pueden clasificar como renovables y no renovables.

2.4.1.1.1. Materias primas renovables

Son aquellas cuya regeneración puede ser lograda en un plazo relativamente breve, incluye materias de origen vegetal o animal no fosilizadas. Se obtienen, principalmente, de la explotación de recursos agropecuarios, forestales y marinos. Son utilizadas directamente como fuente de alimentos o como combustible y materia prima industrial.

Desde el punto de vista de la sustentabilidad del desarrollo, interesa mantener una tasa de explotación no mayor que la tasa de regeneración del recurso.

2.4.1.1.2. Materias primas no renovables

Son aquellas cuya tasa de regeneración natural es lenta, es decir, en la escala de los ciclos geológicos. Se pueden distinguir materias primas de origen fósil (petróleo, gas natural y carbón mineral) y de origen mineral (mineral de cobre, hierro, nitratos, carbonatos, sulfatos, entre otros).

2.4.2. Requerimiento energético industrial

La historia de la civilización está estrechamente ligada a la disponibilidad de fuentes de energía. Durante siglos, la madera y otros productos fotosintéticos constituyeron la principal fuente de energía, junto con la energía hidráulica, animal y humana, sustentadas a su vez por la energía solar. Más tarde, se incorporaron los combustibles fósiles, las máquinas de combustión interna y, durante el último siglo, la energía eléctrica y nuclear.

Típicamente, los procesos industriales modernos utilizan tres formas energéticas básicas: energía calórica, energía mecánica y energía eléctrica.

2.4.2.1. Energía calórica

La mayoría de los procesos industriales requieren de temperaturas mayores que la temperatura ambiente. La energía calórica se utiliza a escala industrial para aumentar la temperatura de los materiales y, como consecuencia, producir cambios físicos y/o químicos de interés.

Se necesita energía calórica en procesos de cocción, secado, evaporación, concentración, tostación, fundición, destilación, pirolisis, entre otros. También se utiliza energía calórica para producir energía mecánica y eléctrica. La energía calórica para uso industrial puede provenir de varias fuentes:

- De la energía solar directa.
- De una corriente de fluido caliente (por ejemplo, vapor de agua, gas).
- De la energía geotérmica.
- De la combustión de material orgánico (por ejemplo, carbón, leña, gas, petróleo y derivados).

La combustión de un material orgánico representa la fuente de energía calórica más importante en la actualidad. En el caso de la generación de energía eléctrica a partir de combustión (es decir, termoeléctrica), el proceso consiste en calentar vapor de agua a alta presión, que acciona una turbina para

generar electricidad. La energía solar es la principal fuente de energía calórica existente en la naturaleza.

2.4.2.2. Energía mecánica

La energía mecánica se requiere para el transporte y transformación física de las materias primas. Generalmente las instalaciones industriales poseen bombas o compresores, para aumentar la presión de los fluidos e impulsarlos a través de los diferentes ductos.

A su vez, donde se utilice materias primas sólidas, se encontrará fajas transportadoras u otros vehículos para su transporte. La energía mecánica puede provenir de diferentes fuentes, como por ejemplo:

- La tracción animal.
- La energía cinética de un cauce natural de agua o del viento.
- Los motores a vapor, de combustión interna o eléctricos; estos últimos son las fuentes más utilizadas en la industria moderna.

2.4.2.3. Energía eléctrica

El sector generador de energía eléctrica está constituido por un conjunto de centrales hidroeléctricas y termoeléctricas a lo largo del país, destinado a satisfacer la demanda eléctrica del sector industrial y doméstico. Otras fuentes de energía incluyen los combustibles derivados del petróleo (gasolina, kerosene, gas licuado), gas natural, carbón (mineral y vegetal) y leña.

La industria requiere de un parque energético que no solo sea estable, sino también accesible y, por sobre todo, eficiente en cuanto a su generación y distribución. La energía eléctrica se consume industrialmente en iluminación, motores eléctricos y calefactores; se puede obtener a partir de varias fuentes primarias:

- A partir de la energía potencial hidráulica, es decir, hidroeléctrica.
- A partir de la energía química de combustibles fósiles, es decir, termoeléctrica.
- A partir de la energía nuclear.
- A partir de la energía solar (celdas fotovoltaicas).

En muchos casos, la energía eléctrica es producida en las mismas plantas industriales, utilizando sistemas de cogeneración.

2.4.3. Fuentes y tipos de desechos industriales

Los residuos se pueden clasificar según su estado físico en residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Entre los problemas medioambientales actuales, la reducción o eliminación de los desechos se ha convertido en una de las principales preocupaciones de los países industrializados y en una prioridad para las empresas.

Tabla III. **Tipos de residuos sólidos de origen industrial**

Cenizas y escorias de los sistemas de combustión para generación de vapor de procesos. Sus características químicas dependen del tipo de combustible y de las condiciones de combustión.
Sólidos secundarios generados por los sistemas de tratamiento de efluentes (ej.: lodos de sedimentación, lodos biológicos) y/o de gases (ej.: cenizas y polvos de los filtros, precipitadores electrostáticos o ciclones).
Insumos químicos gastados no reutilizables (ej.: catalizadores agotados, solventes gastados).
Envases y otros contenedores de materias primas, insumos y equipos. Sus características dependen del tipo de contenedor y de la naturaleza de los compuestos almacenados.
Materiales residuales de las operaciones de mantención (ej.: aceites, grasas y solventes gastados, partes de equipos dañadas, aislantes, escombros, chatarra)
Materias primas no utilizables, debido a que no poseen características compatibles con el proceso (fuera de especificación) o que no han sido utilizadas debido a problemas con las operaciones (pérdidas de proceso).
Partes no utilizables de las materias primas (ej.: cortezas, huesos, vísceras).
Residuos de actividades de construcción, generados durante la construcción e instalación de nuevas facilidades, modificaciones a las instalaciones existentes, etc.
Materiales intermedios y productos fuera de especificación, sin valor comercial, generados debido a problemas operacionales u otras razones.

Fuente: ZAROR ZAROR, Claudio. *Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos*. p. 152.

2.4.3.1. Residuos sólidos

Los residuos sólidos se generan tanto en la actividad doméstica como industrial, y constituyen un problema ambiental crítico en la sociedad industrial moderna. El manejo apropiado de los residuos sólidos representa un gran reto y una gran área de oportunidad para la realización de actividades económicas.

Los residuos sólidos de origen industrial pueden generarse a partir de diferentes fuentes, que reflejarán directamente la naturaleza de los materiales utilizados y de los productos derivados del procesamiento:

- Materias primas no utilizables.
- Residuos provenientes de partes no utilizables de las materias primas.
- Productos elaborados o semielaborados, fuera de especificación.
- Residuos finales de los procesos.
- Sólidos residuales secundarios.
- Envases y otros contenedores de materias primas e insumos.

2.4.3.2. Residuos líquidos

El agua es uno de los principales constituyentes en los procesos tanto naturales como industriales, es un poderoso solvente y, como tal, un vehículo de transferencia de una amplísima gama de compuestos orgánicos e inorgánicos solubles.

A su vez, sus propiedades termodinámicas la transforman en un excelente agente térmico para transportar energía calórica de una parte a otra del proceso.

El uso doméstico e industrial del agua resulta en la generación de residuos líquidos, cuya composición y volumen dependen del tipo de uso, de la

naturaleza de los procesos, del nivel tecnológico, de los materiales utilizados y de la gestión de producción. Las industrias se pueden clasificar de acuerdo a los desechos líquidos que generan:

- Industrias con efluentes principalmente orgánicos.
- Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos.
- Industrias con efluentes principalmente inorgánicos.
- Industrias con efluentes con materias en suspensión.
- Industrias con efluentes de refrigeración.

La composición de las aguas residuales industriales es altamente dependiente del tipo de procesos y de la naturaleza de los materiales utilizados. Las categorías generales de residuos líquidos, aplicables a toda industria, corresponden a:

- Aguas de lavado de equipos e instalaciones
- Aguas de lavado de materias primas y productos
- Aguas de limpieza de derrames
- Aguas de procesamiento
- Aguas de enfriamiento / calentamiento

- Aguas sanitarias
- Aguas para el control de incendios

2.4.3.3. Residuos gaseosos

La contaminación atmosférica reviste gran importancia, debido a su enorme impacto directo sobre la salud humana. Los contaminantes atmosféricos más comunes incluyen: materiales particulados, aerosoles, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, ozono, oxidantes fotoquímicos, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ruido, radiaciones, entre otros.

La naturaleza de la segregación depende de factores económicos y técnicos, los residuos gaseosos industriales se pueden clasificar de manera general de la siguiente forma:

- Gases de combustión
- Gases de proceso

2.4.4. Tipos de procesos y tecnologías

A continuación se revisan brevemente estos temas que son parte de la ingeniería de procesos, aquí solo se enumerarán los aspectos básicos, a modo de referencia, y se describen aquellas operaciones que son comunes a una amplia gama de procesos industriales.

2.4.4.1. Operaciones unitarias

Los procesos industriales incluyen un amplio rango de operaciones, tales como:

- Almacenamiento y transporte de materiales: incluye equipos que se utilizan para el transporte de sólidos, líquidos y gases dentro de una planta industrial. Los materiales se almacenan en recipientes abiertos o cerrados, cuya fabricación y especificaciones dependen de la naturaleza de los compuestos a almacenar y de las condiciones de presión y temperatura. La mayoría de plantas industriales poseen contenedores para sólidos y estanques para almacenar líquidos y gases.
- Lavado de materiales y equipos: normalmente se requiere lavar materias primas y equipos para mantener condiciones de higiene apropiadas.
- Reducción de tamaño (en el caso de sólidos): en algunas industrias se requiere reducir el tamaño de la materia prima original, hasta dimensiones que hagan posible su procesamiento posterior.
- Procesos de separación de componentes: los procesos industriales requieren la separación de uno o más compuestos. Dependen de las características físicas y químicas de los compuestos a separar, aprovechando diferencias en tamaño, solubilidad, volatilidad, carga electrostática, densidad, entre otros.
- Procesos térmicos: en muchas de las operaciones industriales se requiere calentar y enfriar líquidos, gases y sólidos; para ello se utilizan equipos que permiten transferir el calor de un medio a otro.

- Reacciones químicas y procesamiento biológico: estos procesos de transformación se realizan en reactores; existen diferentes configuraciones y diseños.
- Procesos de generación energética.

2.4.5. Sectores industriales relevantes

El tipo de industria condiciona los procesos, materiales y equipos necesarios para su funcionamiento, así también el tipo de desechos que cada sector industrial genera.

2.4.5.1. Industria de alimentos

La industria alimenticia está constituida por aquellas actividades de origen agrícola, pecuario y marino, que sirven para generar productos de consumo humano y animal.

Es necesario destacar que en la industria de alimentos se incluye una amplia diversidad de materias primas, productos, niveles de procesamiento y tecnologías. La demanda de productos alimenticios de gran calidad, que mantengan la composición nutritiva y las características organolépticas de la materia prima original, han conducido a mejoras en los métodos de procesamiento.

La composición y el volumen de los residuos generados por la industria de alimentos dependen tanto del tipo de materias primas, como de las técnicas de procesamiento utilizadas.

- Se producen grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos, la mayoría de los cuales son biodegradables.
- Los residuos gaseosos corresponden a gases de combustión generados en los hornos y calderas. En algunos casos, se generan compuestos volátiles odoríferos derivados de la descomposición de proteínas u otros compuestos de origen biológico.
- Este tipo de industria consume grandes cantidades de agua, principalmente, en las operaciones de lavado, tanto de equipos como de materias primas y productos.
- La actividad agropecuaria genera residuos, principalmente sólidos, que pueden ser utilizados como combustibles o forraje. Se ha constatado que los residuos sólidos pueden llegar a constituir más del 50 % del peso de las materias primas originales.

A continuación se presentan algunas industrias alimenticias relevantes:

- Productos lácteos
- Procesamiento de carnes
- Procesamiento de recursos marinos
- Procesamiento de pollos y sus derivados

2.4.5.2. Industria de productos forestales

En muchos países la actividad forestal es uno de los sectores productivos que ha mostrado un alto dinamismo desde los años setenta.

- Industria de aserrío: esta actividad industrial incluye el aserrado de madera y su procesamiento físico para transformarla en madera dimensionada y/o elaborada, la cual es incorporada en forma de partes o piezas en diversos bienes de consumo final. En los últimos años, se han implementado procesos que permiten un mejor aprovechamiento del recurso forestal, maximizando la elaboración de los productos principales y reutilizando los desechos en usos alternativos.
- Industria de celulosa y papel: estas industrias utilizan trozos provenientes del raleo, trozos no aprovechables en aserraderos y astillas de la industria de astillados.

2.4.5.3. Refinación de petróleo

La industria de refinación del petróleo procesa grandes cantidades de crudo al año; su materia prima básica es el petróleo crudo y su composición química es muy variable, dependiendo de su origen. Una refinería genera residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Los productos obtenidos normalmente incluyen:

- Gas de refinería (*fuel gas*)
- Etileno

- Gas licuado (propano (C_3H_8) o butano (C_4H_{10}))
- Parafina (*kerosene*)
- Gasolinas (nafta)
- Petróleo diésel (*diesel oil*)
- Petróleo combustible (*fuel oil*)

2.4.5.4. Industria minera

En los últimos años, la explotación de proyectos de minería ha aumentado significativamente; el tipo de proceso, así como los residuos que se generan, dependen en gran medida del tipo de mineral procesado y del producto deseado.

La búsqueda de alternativas de procesos menos contaminantes ha dominado el escenario mundial de la investigación minera en las últimas décadas.

2.4.5.5. Industria textil

En esta industria el desecho que provoca mayor preocupación es el agua que contiene impurezas naturales y sustancias químicas de proceso. La composición del agua residual es muy variable debido a la variedad de tratamientos que se emplean en el procesamiento.

Por lo general, el enjuague y lavado de la tela (con detergente) se realiza entre los procesos primarios del proceso, lo cual produce cantidades excesivas de agua residual con químicos diluida de los baños.

2.4.5.6. Industria generadora de energía

El tipo y la cantidad de desechos generados en una planta de energía dependen de la configuración, el tamaño y la antigüedad de la planta, así como el tipo de combustible. Estos desechos tienden a generarse de manera rutinaria de acuerdo con el nivel de producción de energía.

2.5. Gestión ambiental

Son todas las actividades encaminadas a procurar una ordenación del ambiente y contribuir al establecimiento de un modelo de desarrollo sustentable. Incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día la política ambiental.

Se caracteriza por una visión más amplia de las posibilidades reales de una organización para resolver determinada situación o arribar a un fin determinado.

Debe existir, de acuerdo al concepto de desarrollo sostenible, un triple objetivo estratégico del proyecto basado en el medioambiente (respeto a los recursos naturales y capacidad de los ecosistemas), sociedad (igualdad social e integración de todos los actores) y economía social; como se observa en la siguiente figura.

Figura 3. **Las tres dimensiones de la ingeniería sostenible**



Fuente: Revista Ingeniería de Construcción. *Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción*. p. 152.

La gestión ambiental, al integrarse a los objetivos económicos, persigue la utilización eficiente de los recursos, la disminución de los costos, el incremento de la rentabilidad y la competitividad, así como la identificación de oportunidades económicas y técnicas organizativas para prevenir y reducir la contaminación y los riesgos. En términos financieros, la gestión ambiental es esencial por dos motivos:

- Porque la ecoeficiencia es rentable (menor consumo energético, de agua, entre otros).

- Para fortalecer la imagen de la empresa, creando un valor para el accionista y considerando una empresa con menor riesgo financiero.

La creación de un programa para la prevención de la contaminación incluye el desarrollo e implementación de una estrategia permanente para minimizar sistemáticamente los residuos generados por una empresa.

2.5.1. Aspectos ambientales

Son los elementos de las actividades, productos o servicios de una organización que pueden interactuar con el medio ambiente. Un aspecto ambiental es aquello que una actividad, producto o servicio genera (en cuanto a emisiones, vertidos, residuos, ruido, consumos, entre otros.) que tiene o puede tener incidencia sobre el medio ambiente, entendido este como el medio natural receptor de los aspectos ambientales, incluyendo a los seres vivos que habitan en él.

De acuerdo a cada empresa, se deben considerar, los siguientes aspectos:

- Empleo de materias primas y recursos escasos.
- Emisiones atmosféricas.
- Vertidos al agua.
- Contaminación del suelo.
- Gestión de residuos.

- Otras cuestiones medioambientales que afecten a la comunidad o a los ecosistemas.

Dado que los aspectos medioambientales a identificar deben ser los relacionados tanto con las actividades de la empresa como con sus productos y servicios, se deben recoger no solo los aspectos ligados a la fase de ejecución, sino también a la de explotación, es decir aquellos en los que puede tener incidencia el producto/proyecto.

2.5.2. Impactos ambientales

Se refiere al efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos, en términos más técnicos, se puede decir que el impacto ambiental es aquella alteración de la línea de base como consecuencia de la acción antrópica o de eventos de tipo natural. Los procesos industriales generan una gama de residuos de naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa.

El término impacto ambiental se utiliza en dos campos diferenciados, aunque relacionados entre sí:

- El ámbito científico-técnico: ha dado lugar al desarrollo de metodologías para la identificación y la valoración de los impactos ambientales.
- El ámbito jurídico-administrativo: ha producido toda una serie de normas y leyes que obligan a la declaración del impacto ambiental y ofrecen la oportunidad, no siempre aprovechada, de que un determinado proyecto pueda ser modificado o rechazado debido a sus consecuencias ambientales.

El tipo y la evaluación de los impactos ambientales que se identifiquen, dependen de las condiciones ambientales específicas en los sitios donde se desarrollen el proyecto y las actividades por realizar.

2.5.3. Medidas de mitigación

Son el conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el desarrollo de un proyecto, para asegurar el uso sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. Las medidas de mitigación pueden ser de implementación previa, simultánea o posterior a la ejecución del proyecto o acción.

La mitigación se constituye en una de las actividades más importantes, ya que permite llevar a cabo las acciones anticipadas, con el propósito de reducir significativamente las consecuencias esperadas por un evento.

La prevención de la contaminación implica el uso de materiales, procesos o prácticas que reducen o eliminan la generación de contaminantes o residuos en la fuente, es decir, en la misma industria. Al evitar los residuos, las empresas eliminan los problemas de su tratamiento y disposición, lo que les ahorra dinero y les permite concentrarse en sus objetivos principales de brindar bienes o servicios.

La prevención de la contaminación incluye prácticas que reducen el uso de materiales peligrosos y no peligrosos, energía, agua y otros recursos, así como estrategias para proteger los recursos naturales a través de su conservación o uso más eficiente. Las técnicas de minimización de residuos

para la prevención de la contaminación pueden dividirse en las siguientes categorías.

- Manejo más estricto del inventario
- Modificación de los procesos de producción
- Reducción del volumen de residuos y recuperación de residuos

2.5.4. Monitoreo ambiental

La protección del medio ambiente es uno de los retos más importantes al que la humanidad ha comenzado a hacer frente, debiendo existir un firme compromiso de la sociedad encaminado a la protección de este, por lo que se hace necesaria la gestión ambiental dentro de todas las empresas.

La mejor forma de garantizar que un proyecto constructivo preverá, minimizará o mitigará efectivamente los impactos negativos al ambiente es por medio de una supervisión o gestión ambiental integral desde las fases más tempranas del ciclo del proyecto.

El monitoreo ambiental constituye uno de los instrumentos fundamentales para materializar la gestión ambiental, esta contribución permite retroalimentar la planificación y toma de decisiones en estos temas. Es un sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos; una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control.

Los programas de monitoreo deben tener un objetivo claro y aunque generalmente se basan en la medición directa, pueden ser realizados en forma automática mediante el uso de dispositivos electrónicos sofisticados.

La identificación de los indicadores a monitorear debe tomar, como punto de partida, los resultados de la caracterización de la empresa, los objetivos definidos para el programa y la aplicación de otros instrumentos de gestión ambiental, como la evaluación del desempeño ambiental o las revisiones ambientales.

3. RESIDUOS INDUSTRIALES

3.1. Definición

- “Residuos: son aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto en que son producidas”.⁶
- Residuos industriales: se trata de un amplio grupo de residuos generados en los procesos de fabricación de la industria y que no tienen valor como mercancía, debido a que en la mayoría de los casos, las tecnologías para su aprovechamiento son costosas o bien porque no están suficientemente desarrolladas⁷.
- Residuos peligrosos: son aquellos desechos diferentes a los radioactivos que por razones de su reactividad química, toxicidad, explosividad, corrosividad u otras características provocan un peligro o pueden causar peligro para la salud o el ambiente, ya sea por sí solos o cuando se ponen en contacto con otros residuos, y se definen legalmente como peligrosos en el estado en el cual son generados o en el cual son eliminados o de la forma como son transportados⁸.

3.2. Antecedentes

Entre los problemas medioambientales actuales, la reducción o eliminación de los residuos se ha convertido en una de las principales

⁶ Unión Europea. *Guía de buenas prácticas para la gestión de residuos industriales*. p. 7.

⁷ Op. Cit. p. 8.

⁸ JARAMILLO, Jorge. *Gestión integral de residuos sólidos municipales*. p. 15.

preocupaciones en los países industrializados y en una prioridad para las empresas.

Durante las últimas décadas, ha surgido preocupación ambiental y de salud por los problemas que originan los residuos industriales; es creciente la preocupación sobre la problemática derivada de las actuales pautas de consumo: generación de ingentes cantidades de residuos, emisión de gases tóxicos, vertido incontrolado de materiales de desecho peligrosos, entre otros. Cada 24 horas se producen en el mundo más de 4 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos e industriales.

Guatemala cuenta con la industria mejor desarrollada del área centroamericana, pero se generan cada día una gran cantidad de residuos, lo cual contribuye a la degradación progresiva del medio ambiente y supone una extracción masiva de recursos naturales y cantidades desmesuradas de materias para las que la naturaleza no tiene capacidad de absorción. En Guatemala existe muy poca información escrita con respecto al manejo de residuos en general y en el sector industrial se detecta, en muchos casos, cierta resistencia a brindar información sobre el manejo de los mismos.

Se mencionan a continuación algunos datos del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (Icaiti) expuestos un estudio realizado sobre el manejo de desechos peligrosos en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala (1990).

En el estudio en mención, se realizaron visitas a industrias, análisis de los procesos industriales, investigaciones estadística y bibliográfica, con el fin de establecer la posible generación de desechos peligrosos de 288 industrias en el

área metropolitana. Se llegó a determinar que, para 1990, se produjo un total de 12 700 toneladas de desechos peligrosos, compuestos de la siguiente forma:

- Desechos líquidos peligrosos..... 2 300 ton/año
- Desechos pastosos (lodos) peligrosos..... 6 100 ton/año
- Desechos sólidos peligrosos..... 4 300 ton/año

Dicho estudio estimó que para el año 2000 se generarían alrededor de 16 600 toneladas y para el año 2021 se alcanzarían las 22 800 toneladas de desechos peligrosos.

La agroindustria a nivel nacional, a través de sus actividades, también genera desechos sólidos y líquidos que amenazan al medio ambiente. Se considera que la cantidad de desechos sólidos industriales es mucho mayor que el mencionado en este estudio.

En su mayoría, los desechos líquidos industriales siguen la misma vía de los desechos líquidos domiciliarios. En la mayor parte de casos la industria tiende a ubicarse cercana a las áreas urbanas, seguramente con el fin de obtener recurso humano para su operación. En general, la industria no cuenta con tratamientos que disminuyan la capacidad contaminante de sus descargas.

3.3. Gestión

La gestión de residuos es un tema crucial que preocupa a las empresas desde algún tiempo y sobre la que se desconocen múltiples aspectos. La cantidad de residuos que genera una industria es en función de la tecnología

del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases o embalajes del proceso.

Las nuevas estrategias para reducir el impacto ambiental derivado de la actividad industrial se basan en un enfoque integral preventivo que privilegia una mayor eficiencia de utilización de los recursos materiales y energéticos, incrementando, simultáneamente, la productividad y la competitividad. El desarrollo de procesos y tecnologías con menor impacto ambiental, ha ido acompañado de la generación de nuevos conceptos sobre de la gestión de procesos.

3.3.1. Regulaciones aplicables

La legislación ambiental es un conjunto de normas jurídicas que regulan el comportamiento humano que puede incidir en los procesos de interacción entre los sistemas de los organismos vivos y sus sistemas de ambiente.

Existen bases jurídicas para diferenciar y clasificar los desechos industriales, normalmente la definición es acompañada de reglamentos que se define, técnicamente las propiedades y características del objeto tratado.

3.3.1.1. Nivel internacional

Dentro de la estructura de los sistemas jurídicos para la protección del ambiente debe considerarse, de una manera especial, el Derecho Internacional para la ordenación de los asuntos ambientales; ya que cada día es más difícil que lo que sucede en un punto geográfico del planeta, deje de tener alguna

influencia ambiental en otros puntos y, a veces, en el equilibrio ecológico global de la tierra.

Un componente importante en el sistema jurídico para la protección del ambiente son los tratados y otros acuerdos internacionales, globales, regionales, subregionales y bilaterales; estos tienen también naturaleza eminentemente sectorial. A continuación se presentan los más importantes acuerdos y convenios internacionales:

- Declaración de Estocolmo fue adoptada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de 1972.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, en junio de 1992.
- Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible.
- Convenio de Basilea sobre el Control de Movimiento Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación.

Desde la década de los ochenta, la importancia de la política de la Unión Europea sobre la protección del ambiente y los recursos naturales ha ido en aumento, entre muchos de los temas que le interesan especialmente a los ciudadanos europeos está la producción de residuos.

Entraron en vigor normas y recomendaciones al respecto en países como Dinamarca, Rusia y Alemania, y posteriormente en Francia, España, Bélgica, Noruega y China. Países como Holanda, España y Estados Unidos están

trabajando arduamente en investigación para tratar de encontrar alternativas sostenibles.

Algunos países de América Latina y el Caribe han legislado el control de los residuos peligrosos, específicamente, Argentina (1992), Brasil (Cetesb, 1985), Colombia (1986), México (1992) y Venezuela (1988). En estas leyes se pueden encontrar definiciones y sistemas de clasificación de residuos peligrosos que han sido adaptados de la legislación de otros países o de convenios internacionales.

Durante los noventa, con la creación de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) se suscribe una serie de convenios ambientales regionales que demuestran el interés de la región en avanzar con la agenda ambiental en forma conjunta.

- Convenio Centroamericano sobre los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos.
- Convenio Mundial sobre el Control Internacional de Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos.

3.3.1.2. Nivel nacional

El problema de los residuos industriales es particular para cada país. En Guatemala, el Ordenamiento Jurídico Ambiental está constituido por las normas relativas a la conservación, protección y restauración del ambiente, entre las cuales se encuentran:

- Normas constitucionales.

- Normas legales ordinarias internas.
- Normas de carácter internacional (convenios, tratados y acuerdos internacionales).
- Normas reglamentarias.
- Normas técnicas ambientales.

La Constitución Política de la República de Guatemala, en sus artículos 1, 2, 3, 64, 95, 96, 97, 125, 126 y 128, establece preceptos fundamentales en materia de protección y conservación del ambiente y de los recursos naturales, como medio para garantizar el desarrollo sostenible de la Nación. Guatemala es signataria de varios convenios internacionales para la conservación y preservación del ambiente.

El Decreto 68-86 del Congreso de la República, Ley de Protección y Mejoramiento del Medioambiente, constituye un instrumento valioso en dicho ámbito. El proceso de modernización del Estado requiere, entre otros elementos, la actualización del sistema de gestión ambiental basada en políticas, normas jurídicas y organización administrativa, armónica y coherente, para alcanzar el objetivo fundamental de garantizar a los habitantes las condiciones que propicien su bienestar.

El marco legal de Guatemala, en relación con el tema de los residuos sólidos, se encuentra disperso en una serie de leyes, reglamentos, códigos y otros instrumentos. Actualmente, las regulaciones sobre la gestión de los residuos de construcción son escasas y se encuentran dentro de las regulaciones sobre desechos sólidos en general. Desde el punto de vista

institucional, el ente rector en el tema de control de contaminación por desechos sólidos es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (Marn) y en lo que respecta a la salud humana el Ministerio de Salud Pública.

A nivel local, son las municipalidades las responsables por la adecuada gestión de los desechos sólidos en su jurisdicción. A continuación se presentan las principales regulaciones ambientales relacionadas con la gestión de los residuos:

- El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en base a la Ley de Protección y Mejoramiento de Ambiente, Decreto 68-86, en el artículo 8 establece: “Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los bienes y servicios ambientales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un Estudio de Evaluación de Impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente”.
- Código municipal, Decreto 12-2002.
- Acuerdo Gubernativo 234-2004 crea la Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos (Conades).
- Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos, a través del Acuerdo Gubernativo 111-2005.
- Acuerdo Gubernativo 431-2007, Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental.

3.4. Tipos

La actividad industrial de diversos tipos que se desarrolla en el país, constituye una importante fuente de contaminación, debido a que sus desechos o residuos industriales líquidos o sólidos son evacuados directa o indirectamente, ocasionando con ello consecuencias o daños graves al medio ambiente.

Los residuos se pueden clasificar de diferentes maneras de acuerdo al criterio que se utilice: estado en que se encuentran, actividad que los genera o marco legal. Desde el punto de vista de la gestión ambiental, los residuos industriales generalmente se clasifican en tres grupos principales:

- Residuos asimilables a urbanos
- Residuos inertes
- Residuos tóxicos y peligrosos

Tabla IV. Tipos de residuos generados en diferentes industrias

Grupo de Residuo	Industria										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1. Residuos Inorgánicos											
Ácidos y álcalis.	•		•	•		•	•	•	•		
Residuos de cianuro				•							
Borras y soluciones de metales pesados.				•	•	•		•			
Residuos de asbesto.					•	•					
Otros residuos sólidos				•		•					
2. Residuos Aceitosos								•			
3. Residuos Orgánicos											
Solventes halogenados						•	•	•			•
Solventes no-halogenados.	•					•	•	•	•		
Residuos de BPCs.						•					
Residuos de resinas y pinturas.						•		•	•		
Residuos de biocidas	•				•	•		•	•		
Otros residuos químicos orgánicos			•	•		•					
4. Residuos Orgánicos Putrefactos	•					•	•				
5. Residuos de alto volumen-baja peligrosidad			•	•		•					
6. Residuos Varios											
Residuos infecciosos	•									•	
Residuos de laboratorios						•				•	
Residuos explosivos						•					•

- A: Producción Agrícola; Forestal y Alimenticia
- B: Extracción de Minerales
- C: Generación de Energía
- D: Manufacturas de Metales
- E: Manufactura de Minerales no-metálicos
- F: Industrias Químicas y Relacionadas
- G: Industria de Vehículos y Repuestos
- H: Industria Textil, del Cuero y de la Madera
- I: Manufactura de Papel, Impresión y Publicación
- J: Servicios Médicos y de Salud
- K: Servicios Comerciales y de Personas

Fuente: MÁRQUEZ ROMEGIALLI, Fernando. *Manejo seguro de residuos peligrosos*. p. 25.

3.4.1. Sólidos

Son todos los residuos sólidos o semisólidos resultantes de algún proceso u operación industrial, que no vayan a ser reutilizados, recuperados o reciclados en la misma empresa.

Durante los últimos años, Guatemala ha tenido un importante crecimiento en su actividad industrial, lo que se ha reflejado en un aumento significativo de la generación de residuos industriales, tanto peligrosos como no peligrosos. Los residuos sólidos se pueden generar a partir de cuatro causas principales:

- Residuos finales de los procesos
- Productos rechazados
- Embalajes
- Fin de la vida útil de un producto

Desde el punto de vista de la gestión ambiental se pueden clasificar de acuerdo a su peligrosidad, en función del posible impacto al ambiente y a la salud de las personas; de la siguiente manera:

- No peligrosos: son aquellos residuos generados por las industrias que poseen las mismas características que los residuos urbanos y cuya gestión puede hacerse de forma conjunta con ellos.
- Peligrosos: son aquellos que por su naturaleza suponen una amenaza grave para el hombre y su entorno.

3.4.2. Líquidos

Son las aguas de desecho generadas en establecimientos industriales como resultado de un proceso, actividad o servicio. También incluyen las aguas servidas domésticas sin previo tratamiento, las descargas derivadas de

actividades agrícolas o forestales que llegan a las corrientes de aguas superficiales o subterráneas.

La clasificación de los residuos líquidos industriales (Riles) se puede hacer según diferentes criterios, los que se presentan a continuación:

- Composición de los elementos contaminantes
- Características dichos elementos
- Procesos en los que se originan
- Secuencia de tiempo en la que se generan

Tabla V. **Residuos líquidos industriales**

Tipos de residuos líquidos industriales (RILES)	Actividades industriales responsables
Con constituyentes minerales: efluentes que contienen metales, complejos, compuestos halogenados y una serie de sustancias inorgánicas que presentan un elevado índice de toxicidad y peligrosidad.	Industria metalúrgica y siderúrgica, minería, determinados procesos de la industria petroquímica y también los procesos galvanoplásticos.
Con constituyentes orgánicos: la carga orgánica de un efluente puede ser muy variada dependiendo de la actividad industrial que lo haya generado. Existen determinadas sustancias orgánicas como la celulosa, los taninos, los compuestos azufrados y clorados, que resultan particularmente difíciles de biodegradar y por tanto se hace necesario un control estricto que asegure su correcto tratamiento antes de ser vertidos al receptor.	Industria farmacéutica y alimentaria, entre otras.
Con constituyentes minerales y orgánicos: combinación de las 2 anteriores. Requieren sistemas de tratamiento mixto.	

Continuación de la tabla V.

Con constituyentes de naturaleza radiactiva: presentan problemas graves, por una parte, a causa de su elevada peligrosidad, tanto para el hombre como para las demás formas de vida y, por otra, por su persistencia, pues la vida media de la mayoría de los compuestos radioactivos es muy elevada.	Procesos en los que se emplean materiales radiactivos tales como reactores nucleares, laboratorios de investigación, entre otras.
Riles que producen contaminación térmica: vertidos que una vez incorporados al receptor provocan un cambio de temperatura en este, con el consiguiente peligro para la flora y fauna acuática, a causa de la alteración de las condiciones térmicas del ecosistema.	Amplio espectro. Cualquier emisión de vapor o de líquidos enfriados es suficiente para desencadenar efectos perniciosos.

Fuente: *Contaminación ambiental por Rises y Riles.*

<http://html.rincondelvago.com/contaminacion-ambiental-por-rises-y-riles.html>. Consulta: junio de 2013.

3.4.3. Gases

Corresponde a las emisiones atmosféricas derivadas de las descargas directas o indirectas a la atmósfera de gases o partículas por chimeneas, ductos o puntos de descarga. Las tres principales fuentes de contaminantes atmosféricos son:

- Fuentes móviles
- Fuentes fijas o estacionarias
- Emisiones fugitivas

Los contaminantes atmosféricos más comunes que provienen de fuentes industriales son:

- NO_x : producidos por combustiones a alta temperatura; entre las fuentes están las plantas de fabricación de fertilizantes y explosivos.
- SO_x : emitidos principalmente como SO_2 , provienen de combustión de combustible y carbón de fuentes estacionarias.

3.5. Características

Para llevar a cabo una eficaz y correcta gestión de los residuos sólidos deben conocerse detalladamente las características y composición que poseen este tipo de residuos. La caracterización de residuos juega un papel crucial en la operación diaria de cualquier instalación de manejo de residuos.

Tabla VI. **Principales características de los residuos**

PARÁMETROS QUE DEFINEN LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS RSU
Composición
Densidad
Poder calorífico (PC)
Humedad
Relación C/N

Fuente: *Gestión integral de residuos*. <http://myslide.es/documents/residuos-solidos-urbanosppt.html>. Consulta: mayo 2015.

Conociendo estos parámetros, se pueden gestionar los residuos de una forma racional y respetuosa con el medio ambiente. Es necesario conocer su composición y propiedades para planificar sistemas de gestión.

3.5.1. Físicas

Las características físicas más importantes de los residuos sólidos son las siguientes:

- Humedad
- Peso específico
- Tamaño de los componentes
- Contenido materia orgánica

La determinación de estas características sirve para realizar estudios referentes al aprovechamiento de los residuos sólidos.

3.5.1.1. Humedad

La humedad de los residuos sólidos es variable, dependiendo de factores como la composición de los residuos, la humedad de las fracciones que lo componen y las condiciones meteorológicas. Un valor medio de humedad de los residuos sólidos urbanos oscila en torno al 40 %; la materia orgánica es la que aporta el mayor grado de humedad.

La importancia de conocer el grado de humedad en la gestión de los residuos sólidos urbanos se resume en lo siguiente:

- La generación de lixiviados.
- Para aplicar tratamientos de incineración y recuperación energética o procesos de separación en la planta de reciclaje.
- La absorción de humedad por parte de otros residuos secos.

3.5.1.2. Densidad

La densidad y el peso específico son dos características fundamentales a considerar en la gestión de los residuos sólidos; determinan los sistemas de prerecogida (volumen de los recipientes de basura), los sistemas de recogida (capacidades necesarias de los equipos de recogida y transporte de residuos) y los sistemas de tratamiento (plantas de reciclaje, vertederos, incineradoras, entre otros).

3.5.1.3. Contenido materia orgánica

Esta característica depende del tipo de industria, materia prima y de los residuos que genera en sus procesos productivos. Todos los procesos de recuperación de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos buscan la producción de fertilizantes y el aprovechamiento energético del biogás producido.

Para esto es necesario un completo conocimiento de las características de biodegradabilidad de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

Tabla VII. **Componentes combustibles en los residuos sólidos urbanos**

COMPONENTES	Peso en % sobre muestras secas				
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre
Residuos de comida	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4
Residuos de jardinería	47,8	6,0	38,0	3,4	0,3
Madera	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1
Papel y cartón	43,8	5,9	44,2	0,3	0,2
Plásticos	60,0	7,2	22,8	---	---
Textiles	55,0	6,6	31,2	4,6	0,1
Vidrio	0,5	0,1	0,4	---	---
Metales	4,5	0,6	4,3	---	---

Fuente: *Gestión integral de residuos*. <http://myslide.es/documents/residuos-solidos-urbanosppt.html>. Consulta: mayo 2015.

3.5.2. Químicas

Al igual que las propiedades físicas, las características químicas también son muy variables, dependiendo de la composición de los desechos. Las características químicas más relevantes son la composición química y el poder energético.

La determinación de las características químicas de los desechos sirve para la especificación de las posibles alternativas para su tratamiento; lo cual depende del aprovechamiento que se le va a dar.

3.5.2.1. Composición

Para determinar las características de recuperación energética y de potencialidad de producir fertilizantes (si tiene una adecuada relación carbono/nitrógeno) que poseen los residuos sólidos urbanos, es necesario conocer la composición química de los componentes de esta clase de residuos.

También se debe identificar la presencia y la concentración de residuos tóxicos y peligrosos, para determinar el riesgo que supone para la salud humana y para el medio ambiente el manejo, tratamiento y posible reutilización de estos residuos.

3.5.2.2. Capacidad calorífica

La gran mayoría de las fracciones de los residuos sólidos urbanos posee un elevado contenido de carbono, lo que facilitará su combustión y, por lo tanto, su recuperación energética.

Los tratamientos de los residuos por incineración dependen totalmente de su poder energético que, a su vez, está en función de su composición.

El poder calorífico de los residuos sólidos urbanos (RSU), en términos generales, se encuentra comprendido entre las 1 500 y las 2 200 kCal/kg. La recogida selectiva de las fracciones con mayor poder energético (papel, cartón y plásticos, principalmente), reduce la recuperación energética de estos residuos.

Tabla VIII. **Contenido energético de los residuos sólidos urbanos**

COMPONENTES	PCI en kcal/kg		Cenizas y otros rechazos (%)
	Variación	Típico	
Residuos de comida	600-800	700	8
Madera	4 000-5 000	4 600	2
Papel y cartón	2 400-4 000	2 500	12
Plásticos	6 200-7 200	6 600	3
Textiles	3 000-4 000	3 400	6
Vidrio	---	---	98
Metales	---	---	98

Fuente: *Gestión integral de residuos*. <http://myslide.es/documents/residuos-solidos-urbanosppt.html>. Consulta: mayo 2015.

3.5.3. Tratamiento

Continuamente están saliendo nuevas tecnologías que permiten fabricar con menor producción de residuos, lo que tiene la ventaja de que los costos se reducen porque se desperdicia menos materia prima y no hay que tratar tanto residuo. Los métodos de tratamiento tienen por objetivo principal disminuir la cantidad y la peligrosidad de los residuos

De acuerdo a su naturaleza, los procesos de tratamiento incluyen los siguientes tipos:

- Tratamientos físicos
- Tratamientos químicos

- Tratamientos biológicos
- Tratamientos térmicos
- Tratamientos térmicos avanzados (o especiales)

La utilización de un sistema de tratamiento específico depende fundamentalmente de las características físicas y químicas de los residuos. La necesidad de un sistema de manejo de los residuos comienza directamente con la generación de los residuos y continúa a través de todas las etapas siguientes, en el tratamiento y la disposición final.

3.5.3.1. Mecanismos presentes en los tratamientos de residuos

El tratamiento se puede definir como la modificación de las características físicas químicas o biológicas de cualquier residuo, de tal modo que se eliminen sus propiedades nocivas, se reduzca su volumen o simplemente se lo haga susceptible de recuperación.

Hay variedad de formas para seleccionar el proceso o los procesos apropiados para el tratamiento de un flujo de residuos. La selección de los sistemas de tratamiento depende de cuatro factores principales:

- Naturaleza del flujo de residuos
- Objetivo del tratamiento

- Adecuación técnica de alternativas de tratamiento
- Consideraciones económicas y energéticas

Desde el punto de vista industrial, las cuestiones económicas son importantísimas al seleccionar métodos de tratamiento para uso en plantas y al elegir una planta de tratamiento de residuos.

3.5.3.2. Sistemas de tratamiento de residuos líquidos

La denominación de residuos líquidos industriales se aplica a un conjunto muy variado de elementos que se obtienen como consecuencia de la actividad industrial. Las aguas industriales de desecho pueden contener materia suspendida, coloidal y disuelta, sólidos orgánicos, ser ácidas o alcalinas, con concentraciones de colorantes, materiales inertes, agentes tóxicos y bacterias patógenas.

Los desechos líquidos pueden ser descargados en el sistema de alcantarillado si su volumen es pequeño o han sido sometidos a un tratamiento adecuado. A continuación se presentan algunas de las alternativas tratamiento de los residuos líquidos industriales existentes:

- Tratamiento físico: la filtración primaria es el proceso al que se debe someter todo residuo industrial líquido que contenga sólidos mayores a 3 mm. La filtración de estos sólidos permitirá procesos posteriores sin dañar o afectar el equipamiento utilizado en procesos posteriores, permitirá igualmente ecualizar el residuo sin que se produzca acumulación de sólidos en dicha operación.

- Tratamientos químicos: consiste en la aplicación de productos o procesos químicos a los residuos.
- Tratamiento fisicoquímico: remueve material insoluble de los residuos, como metales, sólidos suspendidos, aceites y grasas. El tratamiento fisicoquímico separa los residuos en dos productos: agua tratada y lodo.
- Tratamiento biológico o secundario: se aplica generalmente en aquellos casos en que los residuos son descargados a un curso natural con insuficiente capacidad de reducir materia orgánica y de restablecer los niveles de oxígeno requeridos para la vida acuática. Dependiendo del modo que se lleve a cabo el tratamiento biológico, se distinguen dos tipos: anaerobios (ausencia de oxígeno) y aerobios (presencia de oxígeno).

El control efectivo de la calidad de una descarga puede requerir de equipos para el tratamiento, costos de operación y sustancias químicas adicionales. Cuando se conoce sobre la calidad de las aguas, es necesario determinar los sitios de origen, las cantidades y las características de cada uno de los desechos descargados. La evaluación de la contaminación que produce una industria comprende las siguientes etapas:

- Definición del problema
- Medición de caudales
- Toma de muestra
- Análisis de las muestras e interpretación de resultados

- Control
- Tratamiento y disposición

Figura 4. **Equipo tratamiento de residuos líquidos industriales. Planta de ultrafiltración de CIEMAT**



Fuente: BENITO MORENO, Yolanda. *Módulo 4: Tecnologías para el tratamiento de los residuos. Gestión y tratamiento de residuos.* p. 15.

La ultrafiltración (tecnología de separación mediante membranas semipermeables a alta presión) tiene muchas aplicaciones industriales, incluyendo el tratamiento de residuos, y se espera que tenga muchas más en un futuro.

Estos métodos requieren de obras de infraestructura donde participan los ingenieros civiles en las diferentes fases de los proyectos (diseño, evaluación, construcción y mantenimiento).

3.5.3.3. Sistemas de tratamiento de residuos sólidos

El tratamiento de los residuos sólidos es variado, va desde formas complicadas con el uso de alta tecnología hasta sencillas como la incineración o el entierro, todas persiguen el objetivo de preservar el medio ambiente y proteger la salud pública. Incluyen también las técnicas, equipo, instalaciones y servicios utilizados para la clasificación de materiales para reciclaje o conversión de energía, mejorando así la eficiencia en el manejo de los residuos sólidos.

Existen varios métodos para seleccionar el o los procesos apropiados para el tratamiento de un flujo de residuos; en cada caso se planteará la solución más viable desde el punto de vista técnico y económico, tomando en cuenta los requisitos que la legislación plantee. A continuación se presentan las principales alternativas para el tratamiento de los residuos sólidos industriales.

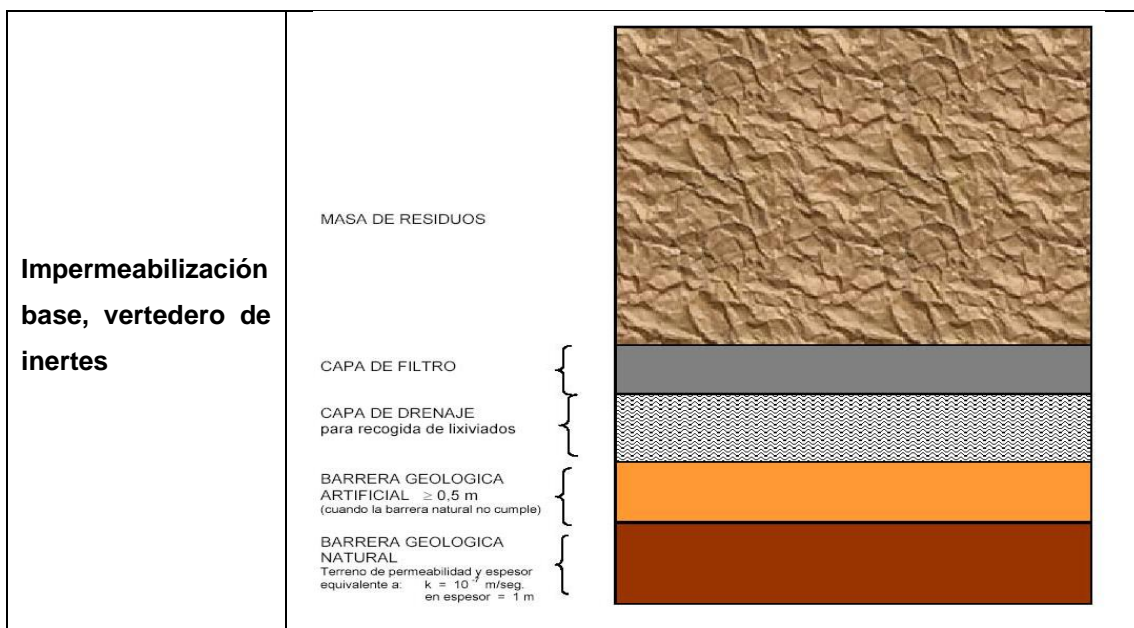
- **Pretratamiento:** los procesos de tratamiento físico a menudo son los más utilizados como pasos de pretratamiento. Los procesos químicos, tales como neutralización, oxidación precipitación, también se utilizan para pretratar residuos.
- **Valorización energética de residuos:** consiste en utilizar las calorías contenidas en una sustancia para producir energía. Se habla de valorización energética de residuos cuando se produce energía durante el ciclo de incineración.
- **Incineración:** quemar los residuos en incineradoras especiales suele ser el mejor método, cuando se hace con garantías de deshacerse de los

residuos tóxicos sin contaminar el medio ambiente. Disminuye su volumen drásticamente y, además, permite obtener energía en muchos casos.

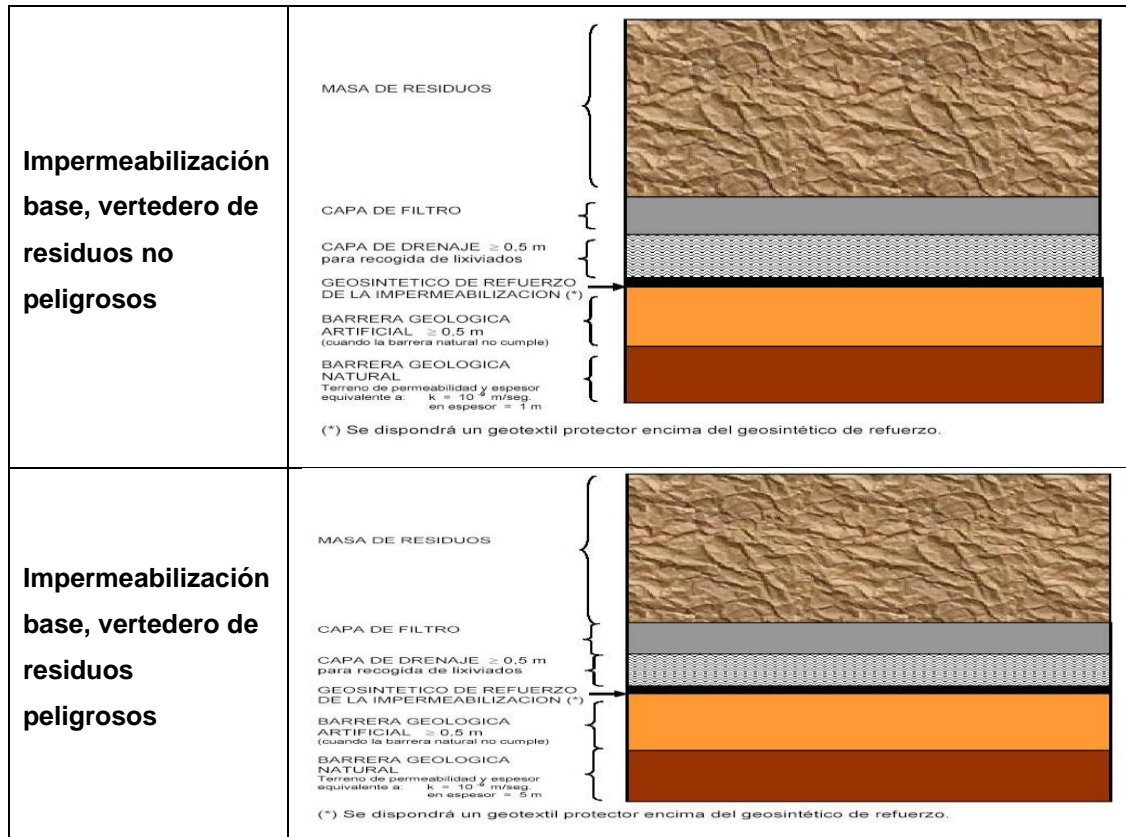
- Vertido: al final de todos los procesos siempre hay materias que se deben depositar en un vertedero para dejarlas allí acumuladas. Los vertederos controlados deben garantizar que no se contaminan las aguas subterráneas o superficiales, que no haya emisiones de gases o salida de productos tóxicos y que las aguas de lluvia no entren en el vertido, porque luego tendrían que salir y lo harían cargadas de contaminantes.

Estos proyectos son obras de infraestructura que requieren la participación de ingenieros civiles en sus diferentes fases (diseño, evaluación, construcción y mantenimiento).

Figura 5. **Tipo de impermeabilización de vertedero de acuerdo al tipo de residuo**



Continuación de la figura 5.



Fuente: BENITO MORENO, Yolanda. *Módulo 4: Tecnologías para el tratamiento de los residuos. Gestión y tratamiento de residuos.* p. 99.

Las técnicas de reducción en origen, reciclado, minimización, entre otras no son suficientes para garantizar la eliminación de la producción de residuos y los métodos de tratamiento, en muchos casos, concentran los contaminantes en forma menos activa como lodos de proceso fisicoquímico, fangos de tratamiento biológico, cenizas de destrucción térmica, entre otros, que requieren un destino final y controlado. De manera particular, se consideran los siguientes procesos como alternativas para el tratamiento de los desechos sólidos peligrosos:

- Tratamiento fisicoquímico: comprende un conjunto de instrumentos tecnológicos que pueden utilizarse para prevenir la descarga de materiales peligrosos en el medio ambiente o alterar su naturaleza.
- Tratamiento biológico: entre la gran variedad de residuos existentes cabe destacar por su volumen y connotaciones medio ambientales los residuos biodegradables. Dependiendo del modo que se lleve a cabo el tratamiento biológico se distinguen dos tipos: anaerobios (ausencia de oxígeno) y aerobios (presencia de oxígeno).
- Tratamientos térmicos: la destrucción térmica de los residuos implica la exposición controlada del mismo a elevadas temperaturas y generalmente en presencia de un medio oxidante.
- Inertización de residuos industriales: las tecnologías S/E (solidificación estabilización) están diseñadas para la obtención, mediante la mezcla del residuo o residuos a tratar con aglomerantes y aditivos adecuados, de un producto final, que tras un tiempo de fraguado y curado, se convierte en un residuo inerte de deposición admisible en vertederos controlados. Su selección se basa en razones económicas, técnicas o prácticas; por esta razón se requiere la participación de ingenieros civiles.
- Vertederos controlados: se debe garantizar que la impermeabilización de la instalación será permanente, asegurando que sigan activos los componentes estructurales como drenajes de lixiviados, piezómetros de control, drenajes de seguridad, entre otros, durante un mínimo de tiempo después de la clausura.

Todos estos proyectos son obras de infraestructura que requieren la participación de ingenieros civiles en sus diferentes fases (diseño, evaluación, construcción y mantenimiento).

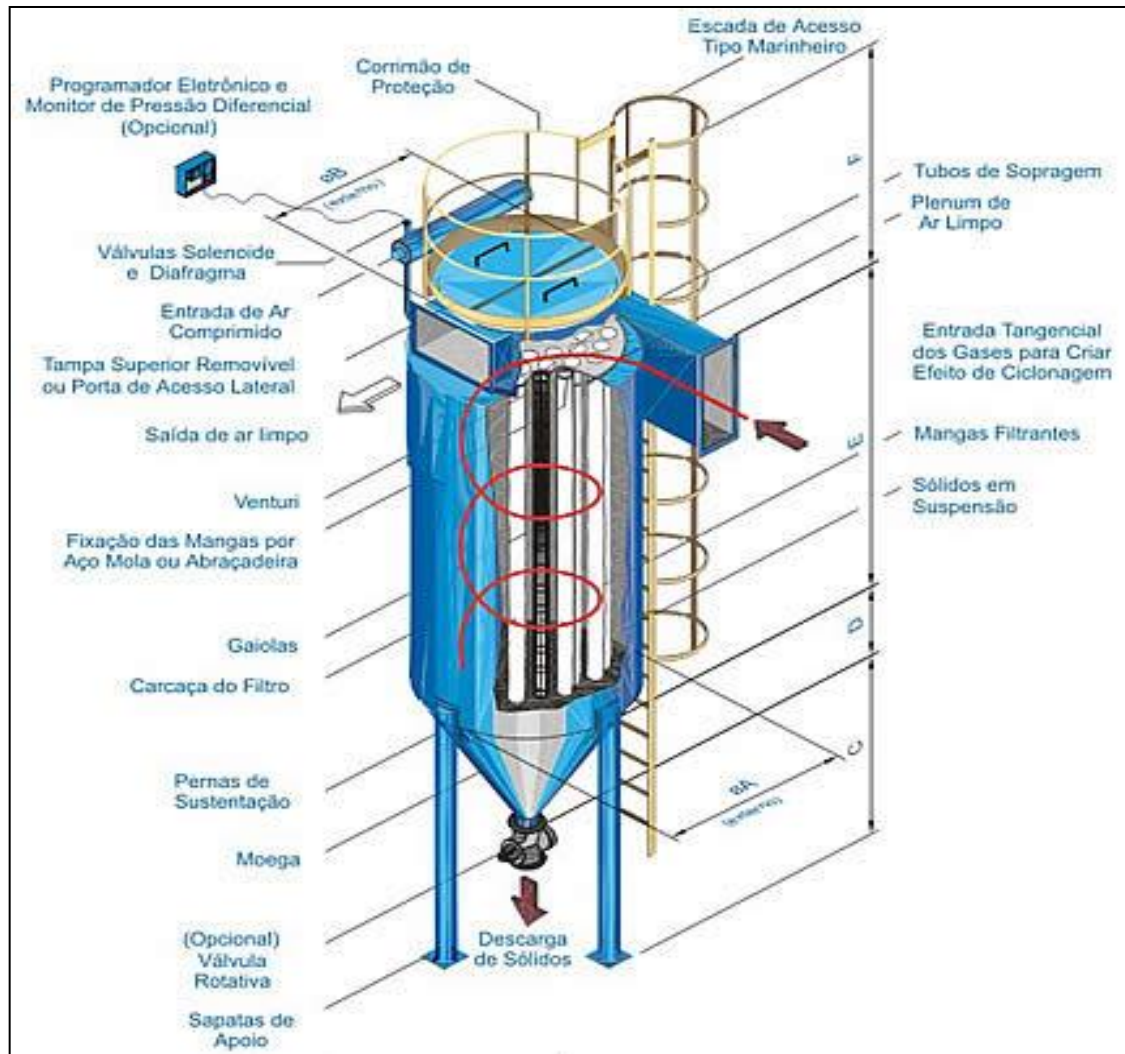
3.5.3.4. Sistemas de tratamiento de residuos gaseosos

La naturaleza es a menudo capaz de restaurar la contaminación producida por algunos compuestos, aunque en un limitado rango de concentraciones. La gran variedad de procesos que generan efluentes gaseosos contaminados y el amplio espectro de contaminantes que contienen hacen que no exista una tecnología mejor que otra, sino que cada caso debe ser evaluado de forma específica.

Por esta razón, durante años se han desarrollado diferentes tecnologías para el tratamiento de efluentes gaseosos: las que se han establecido, en gran medida, mediante la utilización de sistemas físicoquímicos y las que han sido utilizadas a nivel industrial para el tratamiento de efluentes gaseosos de emisiones puntuales de fuentes estacionarias:

- Incineración
- Oxidación química
- Absorción y adsorción

Figura 6. **Equipo tratamiento de residuos gaseosos. Filtro de mangas de Hydronics**



Fuente: BENITO MORENO, Yolanda. *Módulo 4: Tecnologías para el tratamiento de los residuos. Gestión y tratamiento de residuos.* p. 53.

Las técnicas biológicas para el tratamiento de efluentes gaseosos contaminados tomaron enorme importancia en Europa a partir de la década de los noventa debido a su eficacia, bajo costo y aceptación desde el punto de

vista ambiental. La contaminación del aire continúa siendo un problema ambiental, los residuos gaseosos ocasionan problemas graves, tal es el caso de gases muy tóxicos como el anhídrido sulfuroso o el ácido cianhídrico.

3.6. Aspectos ambientales

“Un aspecto ambiental es aquello que una actividad, producto o servicio genera (en cuanto a emisiones, vertidos, residuos, ruido, consumos, etc.) que tiene o puede tener incidencia sobre el medio ambiente, entendido éste como el medio natural receptor de los aspectos ambientales, incluyendo dentro de este medio los seres vivos que habitan en él”.⁹

- Atendiendo a la posibilidad de su materialización se distinguen dos situaciones generadoras de aspectos ambientales: previstos y potenciales.
- De acuerdo a la dimensión temporal de su generación, los aspectos ambientales pueden existir debido a: actividades pasadas, presentes y futuras.
- De acuerdo a su manifestación física, los aspectos ambientales pueden clasificarse en:
 - Emisiones
 - Vertidos
 - Residuos

⁹ CARRETERO PEÑA, Antonio. *Aspectos ambientales. Identificación y evaluación*. p. 10.

- Ruido
- Consumo de recursos auxiliares
- Afección en suelos

Hablar de aspectos o impactos ambientales es hablar de causas o efectos respectivamente, un aspecto significativo (X) es aquel que produce o puede producir un impacto significativo (Y).

- Aspecto = causa (X)
- Efecto = cambio de comportamiento del medio natural
- Impacto = cuantificación de dicho efecto (Y)

3.6.1. Impactos ambientales

“Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades, productos y servicios de una organización”.¹⁰

Impactos ambientales asociados a las diferentes etapas del manejo de los residuos sólidos:

- Fase de recolección: el uso de recipientes inadecuados y el incumplimiento de horarios previamente establecidos, hace que se puedan romper las bolsas de basuras con el consiguiente esparcimiento

¹⁰ CARRETERO PEÑA, Antonio. *Aspectos ambientales. Identificación y evaluación*. p. 10.

de los residuos por la vía pública, dando así origen a fuentes de insalubridad.

- Recolección y transporte: el uso de equipos y vehículos inadecuados hace que se produzcan derrames de residuos en la operación de recogida, además de vuelos de plásticos y papeles si se transportan en vehículos abiertos.

- Disposición: algunos de los problemas que origina el vertido incontrolado de los residuos sólidos son:
 - El deterioro del paisaje

 - Olores desagradables

 - Incendios

 - Humos nocivos

 - Riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas

 - Presencia de vectores como potenciales transmisores

- Recuperación y transformación: en las plantas, al tener que disponer de un vertedero para eliminar los rechazos que se producen en el proceso de explotación, se pueden producir algunos de los impactos ya descritos, además de los siguientes:
 - Ruidos intensos producidos por los equipos en operación.

- Eliminación de los lixiviados producidos tanto en el foso de recepción de basura como en el parque de fermentación.
- Producción de polvo en el área de circulación de las cintas transportadoras de residuos.
- Los impactos ambientales asociados a una planta incineradora están motivados por:
 - La producción de escorias con diversos contenidos de metales en función de la composición de los residuos.
 - La emisión de humos y polvos por la chimenea (contaminación atmosférica).
 - Formación de lixiviados en la zona de almacenamiento de residuos.
 - La eliminación de aguas usadas en el enfriamiento de escorias.

Estos impactos son especialmente sensibles en industrias que procesan recursos naturales renovables; a menudo la industria genera productos que en muchos casos pueden ser el origen de los residuos.

3.6.2. Medidas de mitigación

Son el conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben

acompañar el desarrollo de un proyecto para asegurar el uso sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. Las medidas de mitigación pueden ser de implementación previa, simultánea o posterior a la ejecución del proyecto o acción.

La mitigación se constituye en una de las actividades más importantes, ya que permite llevar a cabo las acciones anticipadas, con el propósito de reducir significativamente las consecuencias esperadas por un evento. Las acciones de mitigación deben ser incorporadas en los programas de planificación y desarrollo del área afectada.

4. DIAGNÓSTICO DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES EN GUATEMALA Y PROPUESTA DE MEJORAS

4.1. Diagnóstico

De acuerdo a lo establecido, se realizó el trabajo de campo necesario para identificar las oportunidades de participación del ingeniero civil en el diseño, construcción y mantenimiento de las instalaciones necesarias para la gestión de los desechos industriales así como las actividades relacionadas con su generación, manejo, tratamiento y disposición final.

Para esto se utilizaron diferentes herramientas como entrevistas, visitas y cuestionarios. Como parte de las actividades se realizó una encuesta a diferentes empresas e industrias, utilizando un cuestionario especialmente elaborado, con lo que se obtuvo la información necesaria para realizar el diagnóstico.

El trabajo de campo permitió obtener la información necesaria y generar los resultados que sirvieron de base para el análisis y propuestas.

4.1.1. Antecedentes

En Guatemala, se están tomando acciones para proteger la salud de la población de la contaminación ambiental, además de restaurar y proteger la calidad del ambiente. Actualmente, se utilizan estrategias gerenciales para prevenir o controlar la contaminación. La gestión eficiente de la variable medioambiental puede erigirse en fuente de competitividad empresarial.

Esto representa un gran desafío para aquellos ingenieros y otros profesionales que están involucrados en el diseño, construcción y operación de procesos productivos, cuya responsabilidad es compatibilizar las exigencias ambientales y los requerimientos de calidad, seguridad, productividad y rentabilidad.

Previo al inicio del diagnóstico, se recopilaron trabajos, informes y documentos relacionados con el tema, con el fin de obtener la información base para el trabajo de campo.

4.1.2. Estudio de campo

A continuación se presentan las principales actividades realizadas en el trabajo de campo, para lo cual se utilizaron diferentes herramientas.

4.1.2.1. Generalidades

Para determinar la situación actual en la gestión de los desechos industriales e identificar las oportunidades de participación del ingeniero civil en esta área; se realizaron visitas, entrevistas y se pasó un cuestionario a diferentes empresas seleccionadas de manera aleatoria que aceptaron colaborar con este trabajo.

Es importante que las empresas se responsabilicen por sus residuos industriales - principalmente aquellos peligrosos - y gestionarlos en un proceso que resulte beneficioso para el medio ambiente.

4.1.2.2. Alcance

Con el trabajo de campo realizado se obtuvo información que ayudó a identificar las oportunidades y desafíos profesionales del ingeniero civil en la gestión ambiental, el manejo y tratamiento de los desechos peligrosos.

La encuesta se desarrolló abordando a empresas, profesionales y particulares involucrados con la temática. Debido a la heterogeneidad de las industrias, el análisis realizado corresponde exclusivamente a la información obtenida de las empresas que colaboraron.

4.1.2.3. Muestra

De acuerdo a los objetivos del estudio, la muestra se integró por empresas e industrias que accedieron a colaborar, sin que esta fuera una muestra representativa del sector industrial. Se utilizaron los siguientes criterios para definirla:

- Selección aleatoria
- Disposición y facilidades de la empresa para participar
- Ubicación
- Referencias

La muestra incluye empresas de diferentes características de acuerdo a lo indicado anteriormente (no se anota el nombre de la empresa por razones de

discreción); a continuación se presentan los principales sectores a los que pertenecen las empresas participantes:

- Producción de concreto premezclado
- Construcción de vivienda
- Producción de hielo
- Producción de alimentos
- Producción de perfiles de aluminio
- Producción de modulares de madera
- Industria siderúrgica

4.1.2.4. Medios utilizados

Los principales medios y herramientas utilizados en el trabajo de campo desarrollado son los que se presentan seguidamente. Una vez completada la actividad, se realizó el análisis en función de los datos que se obtuvieron.

4.1.2.4.1. Visitas

De acuerdo a los objetivos del estudio, se visitaron varias empresas para conocer procesos, instalaciones y el grado de gestión ambiental en cada una.

4.1.2.4.2. Encuesta

Con el fin de obtener la información necesaria, se analizó la situación sobre las instalaciones, así como la gestión y manejo de los desechos peligrosos que algunas industrias realizan. Para esto, se elaboró una encuesta a diferentes empresas de Guatemala; una de las ventajas de la encuesta es que ofrece la posibilidad de estandarizar los datos, permitiendo su tabulación y análisis estadístico.

4.1.2.4.3. Cuestionario

Como parte de la encuesta se diseñó y elaboró un cuestionario, que facilitó el análisis e interpretación de los resultados; en la mayoría de los casos el cuestionario se realizó de modo presencial al personal relacionado con el área medioambiental de la empresa. Su contenido se dividió en varias secciones, las cuales son:

- Información de la persona encuestada: con el objetivo de conocer su perfil, nivel académico y experiencia.
- Información de la empresa: con el objetivo de conocer los datos generales y los procesos.
- Información de la gestión ambiental: con el objetivo de conocer datos sobre aspectos ambientales.
- Información de los residuos: con el objetivo de conocer datos sobre el manejo y disposición de los residuos generados.

- Información de los residuos peligrosos: con el objetivo de conocer datos sobre el manejo y disposición de los residuos peligrosos generados.
- Información de la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental: con el objetivo de recoger información que permita realizar las propuestas sobre el desempeño y posibilidades de desarrollo del ingeniero civil en el tema.

4.2. Propuesta de mejoras

Cualquier mejora que se haga en el tema de los residuos sólidos será de mucha utilidad para las empresas y los profesionales involucrados; se proponen técnicas y herramientas que ayuden al ingeniero civil a participar en proyectos relacionados con la gestión y tratamiento de los desechos peligrosos, de acuerdo a lo planteado anteriormente.

Las propuestas se basan en la información y el diagnóstico realizado, a manera de orientar a los diferentes sectores relacionados con la formación y desempeño del ingeniero civil. Una vez conocidas las propuestas descritas, será necesario un proceso de seguimiento y control para que se asegure su puesta en funcionamiento, garantizando en todo momento un grado óptimo de cumplimiento.

Los resultados se han agrupado en 3 grandes bloques a fin de facilitar su comprensión e interpretación. Estos son los siguientes:

- Formación del ingeniero civil
- Ejercicio profesional

- Gestión de desechos peligrosos

4.2.1. Formación del ingeniero civil

Es el momento de pensar, con una perspectiva más amplia, sobre la formación del ingeniero civil, de tal manera contribuya de una forma decisiva a la sostenibilidad ambiental en Guatemala; es patente la necesidad de contribuir desde la formación del ingeniero civil para establecer un marco de referencia claro. Es necesario considerar los siguientes objetivos y criterios en la formación de los nuevos profesionales:

- Establecer un proceso de retroalimentación mutua entre la ingeniería civil y el desarrollo sostenible.
- La ingeniería civil puede aportar su perspectiva al marco teórico y a las líneas estratégicas del desarrollo sostenible.
- La ingeniería civil, en su actuación profesional, genera sostenibilidad; trabaja para el desarrollo sostenible.

Es necesario ampliar el campo de acción profesional del ingeniero civil, abriendo nuevas expectativas en la profesión. Se debe promover la formación ambiental de los ingenieros civiles mediante cursos específicos que permitan ampliar y mejorar sus competencias profesionales en este tema.

A nivel académico, esta tendencia también está presente; se debe considerar en la formación el tema de Producción Limpia, donde los alumnos aprenden técnicas de minimización y recuperación de recursos.

4.2.2. Ejercicio profesional

En casi todos los niveles de la temática ambiental está presente la ingeniería civil, sin embargo, dado que no existe un modelo único de desarrollo sostenible, siempre van a haber diferentes opciones, incluso contrapuestas. Es importante incorporar la perspectiva medioambiental como un eje transversal de la profesión, lo que implica trabajar en equipos multidisciplinarios para el tratamiento de problemas complejos, así como tener la formación adecuada.

Existen una serie de proyectos de ingeniería civil cuya función objetiva es la de servir como instalaciones de corrección de la calidad ambiental: estaciones de depuración de aguas residuales (Edar) o instalaciones de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU). La evaluación ambiental de estos proyectos pretende optimizar su función y maximizar la adaptación al territorio, tanto durante la construcción como durante la operación de estas instalaciones.

Es necesario que el ingeniero civil considere los siguientes aspectos en el ejercicio profesional:

- Pensar siempre en el alcance global y permanente del trabajo, aunque se trate de un proyecto de ámbito local, tratando de promover la sostenibilidad local y global.
- Sopesar siempre, tanto el corto como el largo plazo. La toma de decisiones en las fases de estrategias, planes, programas, estudios de alternativas, tiene más posibilidades de mejora ambiental que en fases posteriores: proyecto, ejecución, entre otros.

- Estudiar en profundidad las interrelaciones e interconexiones entre los distintos factores que intervienen en un proyecto.
- Buscar la decisión ambientalmente óptima, más allá de la simple mejora de eficiencias.
- Perspectiva interdisciplinar: acostumbrarse a trabajar en equipos multidisciplinares.
- Trabajar con la idea de límites. Enfoque de ahorro. Pensar en términos de economía de recursos como reto tecnológico.
- Tecnología: afinar en la elección tecnológica: tratar de que la mejor tecnología disponible sea además la tecnología más sostenible.
- Gestión del agua: depuración al máximo nivel, exigencia en la calidad, favorecer las prácticas de bajo consumo.
- Energía: mejora de la eficiencia energética por elección entre diferentes alternativas, buscando las fuentes de energía más limpias (hidráulica, solar, eólica, entre otras).

Actualmente, gran parte de la actividad de la ingeniería civil resuelve directamente problemas ambientales: gestión del agua, gestión de residuos, construcción de equipamientos, obras de recuperación ambiental. Es necesario poner en marcha programas que incluyan el estudio en profundidad de la relación entre el medio ambiente y la ingeniería civil en el proceso.

Se deben brindar las condiciones para que el ingeniero civil tenga una mejora continua en su desarrollo profesional; para esto se presentan algunas sugerencias.

- Los sectores académico y gremial deben impulsar y desarrollar cursos a distancia o con horarios adecuados, para tener en cuenta la dispersión geográfica y la disponibilidad, dada la gran cantidad de ingenieros civiles que están a pie de obra o con horarios de trabajo extensos.
- El sector gremial puede elaborar guías monográficas de recomendaciones de buenas prácticas ambientales o prácticas sostenibles, en los distintos sectores de la actividad profesional del ingeniero civil.
- El sector gremial puede mejorar la imagen del profesional en el tema ambiental, dando a conocer la aportación real al desarrollo sostenible en la actividad profesional.

Estas acciones favorecen la participación del ingeniero civil en proyectos relacionados con la gestión de los residuos industriales; entre los que se pueden mencionar:

- Instalaciones de incineración de residuos peligrosos, así como su eliminación mediante depósito en vertedero, depósito de seguridad o tratamiento químico.
- Instalaciones de incineración de residuos no peligrosos o de eliminación de dichos residuos mediante tratamiento químico.

- Vertederos de residuos no peligrosos.
- Plantas de tratamiento de aguas residuales. Dimensionamiento y sistemas para la gestión de los lodos.
- Programa de seguimiento, control y monitoreo a los diferentes sistemas.

4.2.3. Gestión de desechos peligrosos

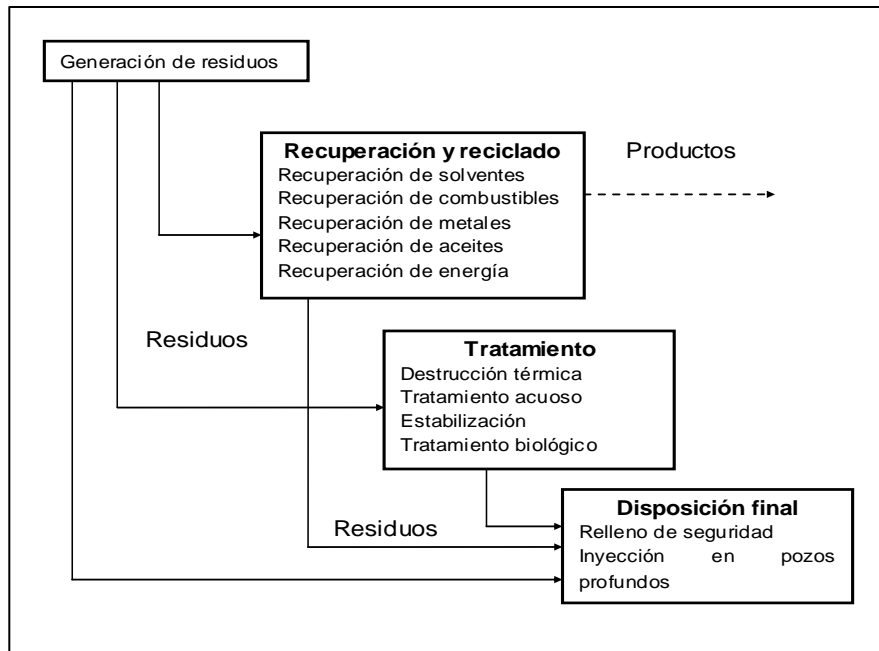
Una adecuada gestión de residuos constituye una práctica indispensable de responsabilidad social empresarial y es también una herramienta que aumenta la competitividad de las empresas en un entorno de globalización, mejorando su imagen y reputación, eficiencia en los procesos productivos y menores costos.

Se trata de pasar del manejo de residuos a la gestión inteligente de estos, dejar de llevar los residuos a un relleno sanitario y, en cambio, darles valor.

Dejar de considerar los residuos como un problema es uno de los pasos que las empresas deben dar para valorizarlos. Por lo tanto, se deben impulsar campañas de información para la correcta gestión de los residuos y de la contaminación, involucrando a todo los relacionados con la correcta gestión de los residuos y en la separación selectiva de estos desde su origen.

Masificar los conceptos de ecoeficiencia y producción limpia, los cuales traen ventajas económicas y sociales a las empresas.

Figura 7. **Instalaciones necesarias para la gestión de residuos industriales**



Fuente: *Gestión integral de residuos sólidos*. <http://myslide.es/documents/residuos-solidos-urbanosppt.html>. Consulta: mayo 2015.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Generalidades

Debido a la heterogeneidad de las industrias incluidas en el estudio, el análisis y propuestas realizadas corresponde exclusivamente la información obtenida de las empresas que participaron. El sector industrial evaluado se compone principalmente por empresas cuyo fin principal es la transformación de materias primas.

5.2. Tabulación y análisis de la información

A continuación se presenta el análisis y tabulación de los resultados de la encuesta realizada, para facilitar el análisis de la información se elaboró una base de datos en hoja electrónica.

- Información del entrevistado: esta sección permite conocer el perfil del entrevistado y de su experiencia en el tema.
- Información de las empresas: en esta sección se obtuvieron datos generales y específicos de la empresa relacionados con el tema de interés.
- Información gestión ambiental: esta sección trata sobre actividades de gestión ambiental en la empresa, relacionadas con el tema de interés.

- Información de los residuos: esta sección presenta las actividades relacionadas con el manejo, tratamiento y disposición de los residuos generados en la empresa.
- Información de los residuos peligrosos: esta sección detalla las actividades relacionadas con el manejo, tratamiento y disposición de los residuos peligrosos generados en la empresa.

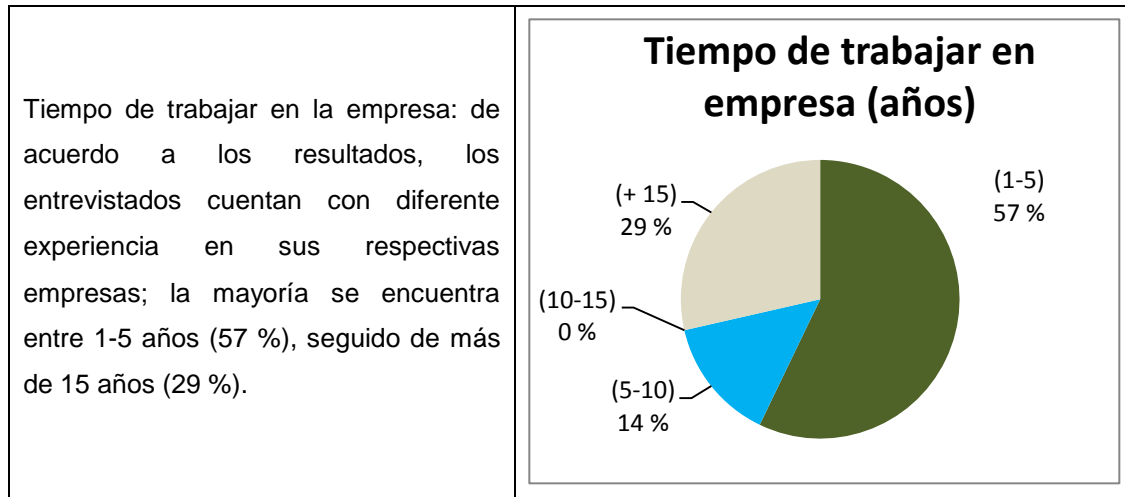
5.3. Gráficas y tablas

A continuación se presentan las gráficas y tablas generadas para el presente trabajo, de acuerdo a la estructura del cuestionario utilizado.

5.3.1. Resultados, información del entrevistado

- Edad: se distribuyen entre los 24 a 62 años. De acuerdo a los resultados los rangos de 25-35 años (43 %) de 35-50 años (29 %), son los que concentran la mayoría de los entrevistados (72 %).
- Estudios realizados: de acuerdo a los resultados el total de los entrevistados tiene educación a nivel universitario, de estos, el 42 % son ingenieros civiles.
- Puesto en la empresa: de acuerdo a los resultados, la mayoría de los entrevistados ocupan puesto de gerencia (72 %), el resto son ingenieros residentes (14 %) y gestores de calidad (14 %).

Tabla IX. **Resultados: tiempo de trabajar en la empresa**

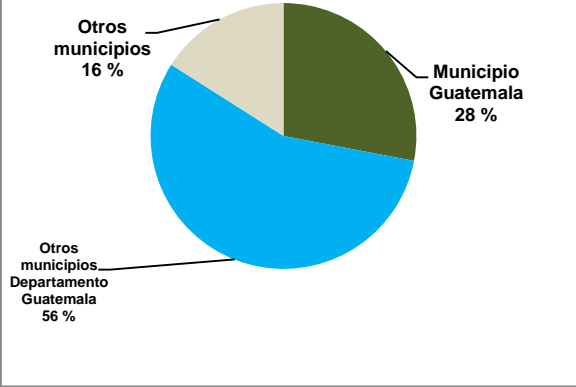
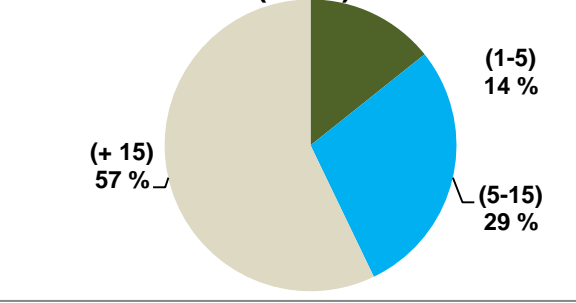
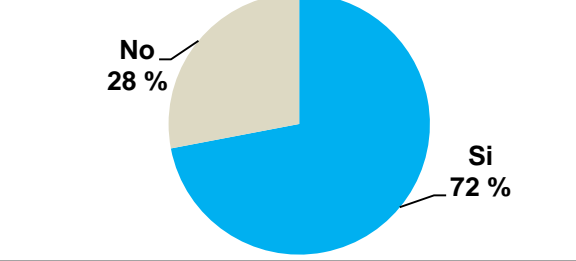


Fuente: elaboración propia.

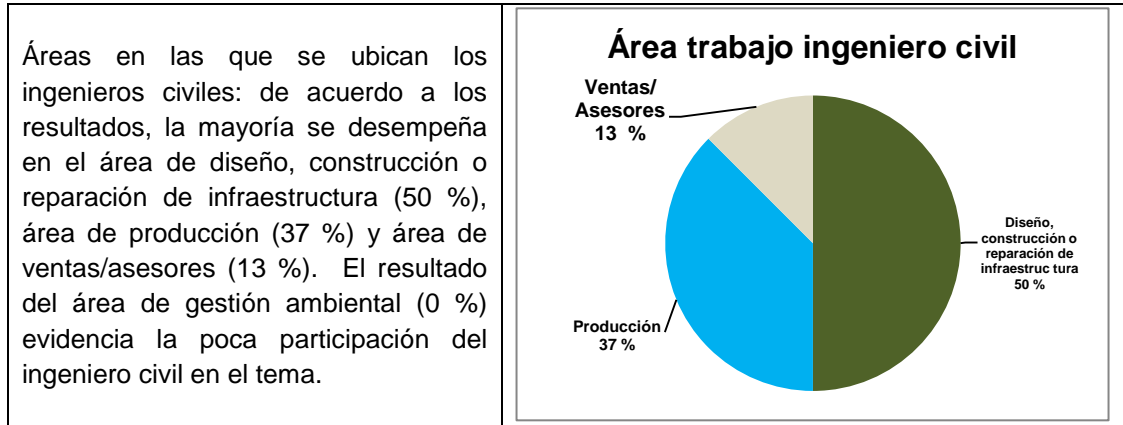
5.3.2. **Resultados, información empresas**

A continuación se presentan los resultados de las empresas, así como las gráficas y análisis realizados. Se incluye sector productivo al que pertenece, ubicación, tiempo de operación y datos sobre ingenieros civiles en la empresa, entre otros.

Tabla X. **Resultados, información empresas**

<ul style="list-style-type: none"> • Sector productivo al que pertenece la empresa: de acuerdo a los resultados, el sector industrial evaluado se compone principalmente por empresas cuyo fin principal es la transformación de materias primas. • Ubicación de la empresa: de acuerdo a los resultados, la mayoría de las empresas se ubican en el municipio de Guatemala (28 %) y en otros municipios del área metropolitana del departamento de Guatemala (56 %). 	<p style="text-align: center;">Ubicación empresa</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Municipio Guatemala</td> <td>28 %</td> </tr> <tr> <td>Otros municipios Departamento Guatemala</td> <td>56 %</td> </tr> <tr> <td>Otros municipios</td> <td>16 %</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Municipio Guatemala	28 %	Otros municipios Departamento Guatemala	56 %	Otros municipios	16 %
Categoría	Porcentaje								
Municipio Guatemala	28 %								
Otros municipios Departamento Guatemala	56 %								
Otros municipios	16 %								
<p>Tiempo de operación de la empresa: de acuerdo a los resultados la mayoría de empresas tienen más de 15 años de operar (57 %), seguidas por el rango de 5-15 años (29 %) y el rango de 1-5 años (14 %).</p>	<p style="text-align: center;">Tiempo operación empresa (años)</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango (años)</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(+ 15)</td> <td>57 %</td> </tr> <tr> <td>(5-15)</td> <td>29 %</td> </tr> <tr> <td>(1-5)</td> <td>14 %</td> </tr> </tbody> </table>	Rango (años)	Porcentaje	(+ 15)	57 %	(5-15)	29 %	(1-5)	14 %
Rango (años)	Porcentaje								
(+ 15)	57 %								
(5-15)	29 %								
(1-5)	14 %								
<p>En la empresa trabajan ingenieros civiles: de acuerdo a los resultados, en el 72 % de las empresas trabajan ingenieros civiles en diferentes departamentos.</p>	<p style="text-align: center;">Trabajan ingenieros civiles en la empresa</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>72 %</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>28 %</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	72 %	No	28 %		
Respuesta	Porcentaje								
Si	72 %								
No	28 %								

Continuación de la tabla X.



Fuente: elaboración propia.

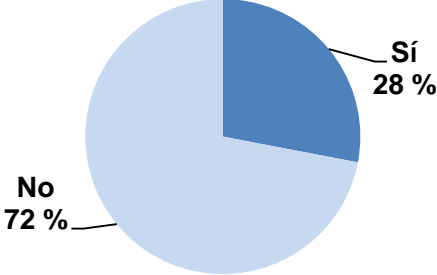
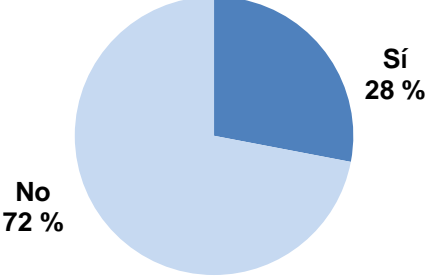
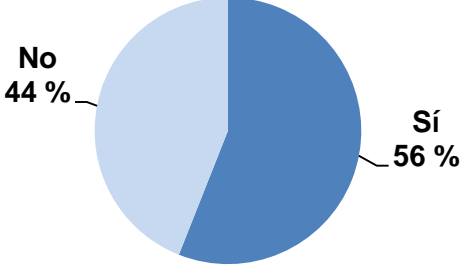
- Principales actividades (procesos), que se realizan en la empresa: esta información permite conocer, de manera preliminar, el tipo de residuo que se puede generar en determinada área industrial; de acuerdo a los resultados se pueden mencionar los siguientes:
 - Maquilación, manejo y colocación de concreto premezclado.
 - Construcción de vivienda en serie.
 - Tratamiento de agua, producción y venta de hielo en rolitos.
 - Producción alimentos básicos.
 - Fundición de chatarra, laminado en caliente y frío de productos de acero para la construcción.
 - Fabricación de muebles y puertas de madera y sus derivados.
 - Armado, instalación de elementos de aluminio y vidrio en la construcción.

- Materiales (materia prima) que utilizan en la empresa: toda materia prima debe conocerse a fondo antes de utilizarla; la información permite identificar de manera preliminar el tipo de residuos que se puede generar. De acuerdo a los resultados se pueden mencionar las siguientes:
 - Cemento, agregado grueso y fino, aditivos.
 - Agua, productos tratamiento agua, bolsa y cintas plásticas.
 - Arroz en granza, avena en hojuela, frijol negro.
 - Chatarra, productos químicos, combustibles.
 - Madera, melanina.
 - Aluminio, vidrio, materiales colocación de elementos.

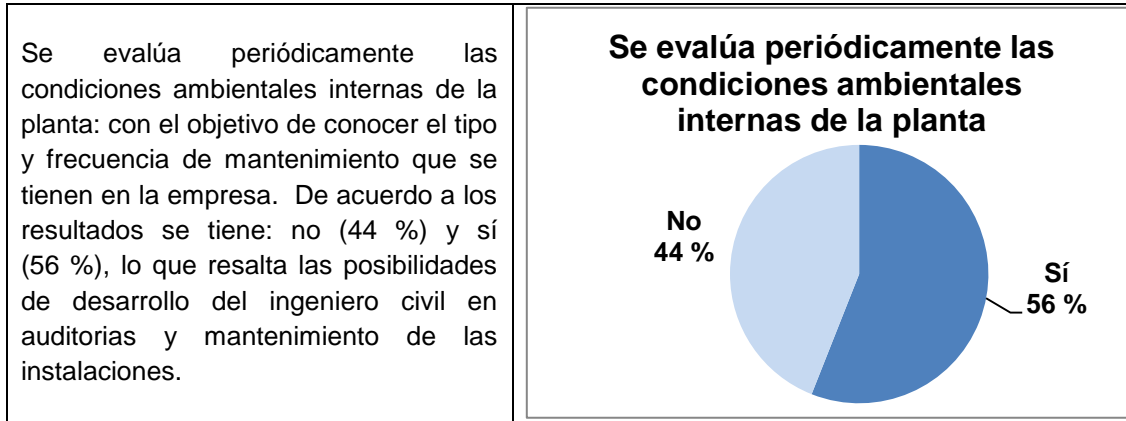
5.3.3. Resultados, información de la gestión ambiental

A continuación se presentan los resultados sobre la información del plan de gestión ambiental, manejo y disposición de desechos, entre otros.

Tabla XI. **Resultados, información de la gestión ambiental**

<p>Existe en la empresa un plan de gestión ambiental: es necesario para un buen manejo ambiental y evidencia la actividad desarrollada por la empresa en gestión ambiental. De acuerdo a los resultados, se tiene: no (72 %) y sí (28 %), lo que resalta las posibilidades de desarrollo del ingeniero civil en esta área.</p>	<p style="text-align: center;">Existe un plan de gestión ambiental</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sí</td> <td>28 %</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>72 %</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Sí	28 %	No	72 %
Respuesta	Porcentaje						
Sí	28 %						
No	72 %						
<p>La empresa gestiona y trata sus propios residuos: permite conocer el manejo y gestión de los residuos que se generan en la empresa. De acuerdo a los resultados se tiene: no (72 %) y sí (28 %), lo que resalta las posibilidades de desarrollo del ingeniero civil en la gestión y caracterización de residuos.</p>	<p style="text-align: center;">La empresa gestiona y trata sus residuos</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sí</td> <td>28 %</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>72 %</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Sí	28 %	No	72 %
Respuesta	Porcentaje						
Sí	28 %						
No	72 %						
<p>Cuentan con algún programa de recuperación, reciclamiento o reutilización de los desechos: la información refleja el tipo y cantidad de instalaciones existentes en la empresa para la gestión de los residuos. De acuerdo a los resultados se tiene: no (44 %) y sí (56 %), lo que resalta las posibilidades de desarrollo del ingeniero civil en esta área.</p>	<p style="text-align: center;">Cuentan con algún programa de recuperación, reciclamiento o reutilización de los desechos</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sí</td> <td>56 %</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>44 %</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Sí	56 %	No	44 %
Respuesta	Porcentaje						
Sí	56 %						
No	44 %						

Continuación de la tabla XI.

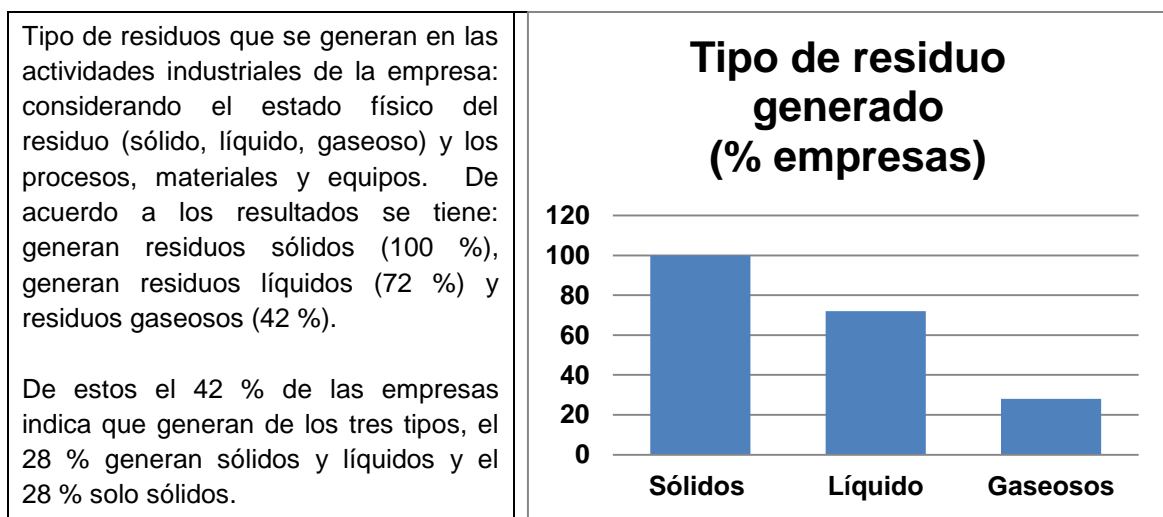


Fuente: elaboración propia.

5.3.4. Resultados, información de los residuos

A continuación se presentan los resultados de los tipos, composición, plan de gestión ambiental, manejo, tratamiento y disposición de los residuos.

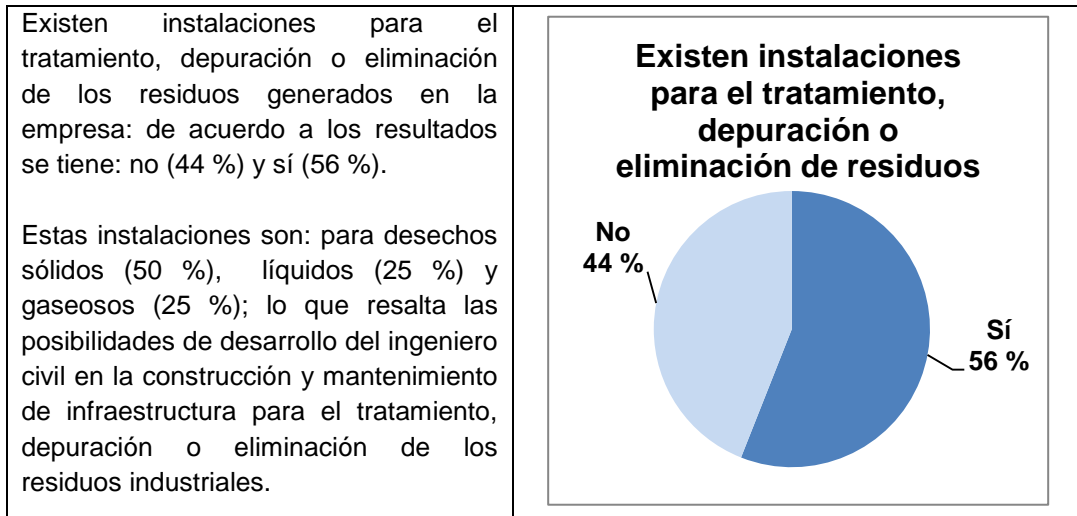
Tabla XII. Resultados, información de los residuos



Continuación de la tabla XII.

<p>Conoce la composición y las características de los residuos que se generan en la empresa: de acuerdo a los resultados se tiene: conocen sus residuos sólidos (100 %), conocen sus residuos líquidos (72 %) y conocen sus residuos gaseosos (42 %). Establecer una clasificación de residuos es complejo porque se hace en función no solo de su origen sino de su peligrosidad, composición o características, lo que resalta las posibilidades de desarrollo del ingeniero civil en el monitoreo y caracterización de los residuos industriales.</p>	<p style="text-align: center;">Tipo residuo</p> <table border="1"> <caption>Tipo residuo</caption> <thead> <tr> <th>Tipo residuo</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sólidos</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>Líquido</td> <td>72 %</td> </tr> <tr> <td>Gaseosos</td> <td>42 %</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo residuo	Porcentaje	Sólidos	100 %	Líquido	72 %	Gaseosos	42 %
Tipo residuo	Porcentaje								
Sólidos	100 %								
Líquido	72 %								
Gaseosos	42 %								
<p>Los residuos sólidos generados se almacenan selectivamente: se deben agrupar y almacenar los residuos de forma adecuada para optimizar su manejo, de acuerdo a criterios de compatibilidad y factibilidad de reutilización y reciclaje, y evitar la contaminación cruzada y degradación de los residuos y pérdida de posibilidad de recuperación de valor. De acuerdo a los resultados se tiene: no (28 %) y sí (72 %), lo que resalta las posibilidades de desarrollo del ingeniero civil en la construcción y mantenimiento de instalaciones para el manejo de residuos industriales.</p>	<p style="text-align: center;">Los residuos sólidos se almacenan selectivamente</p> <table border="1"> <caption>Los residuos sólidos se almacenan selectivamente</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sí</td> <td>72 %</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>28 %</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Sí	72 %	No	28 %		
Respuesta	Porcentaje								
Sí	72 %								
No	28 %								

Continuación de la tabla XII.

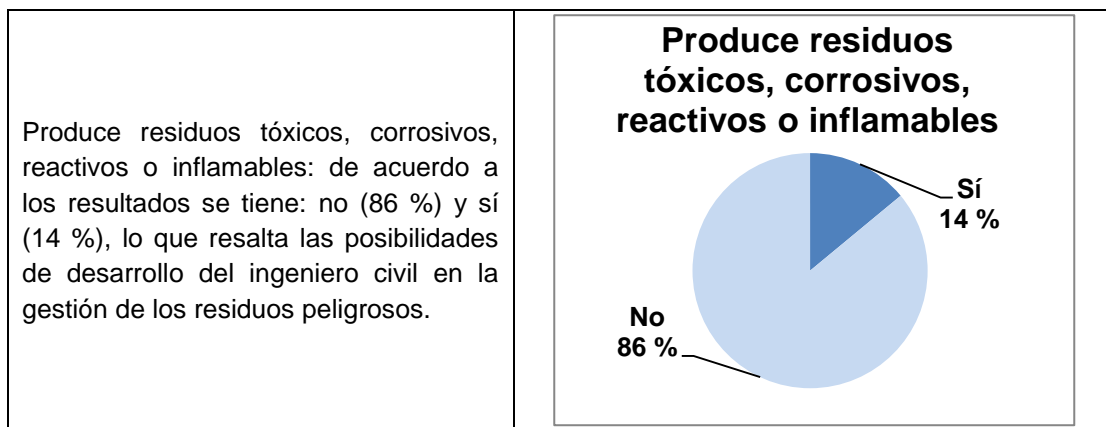


Fuente: elaboración propia.

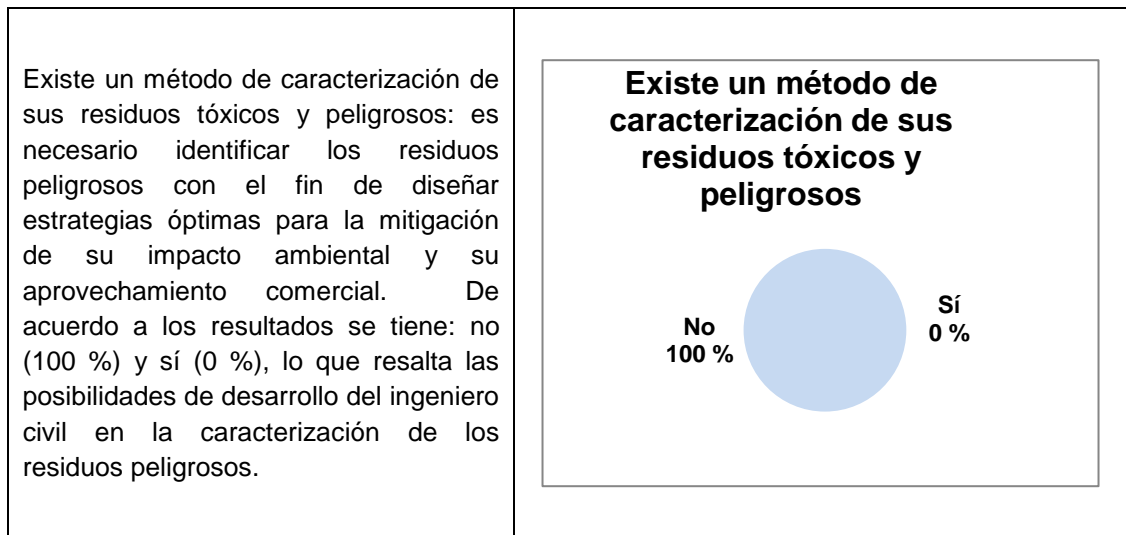
5.3.5. Resultados, información de los residuos peligrosos

A continuación se presentan las gráficas y análisis realizados, se incluyen tipos, manejo, tratamiento y disposición de los residuos peligrosos, entre otros.

Tabla XIII. Resultados, información de los residuos peligrosos



Continuación de la tabla XIII.



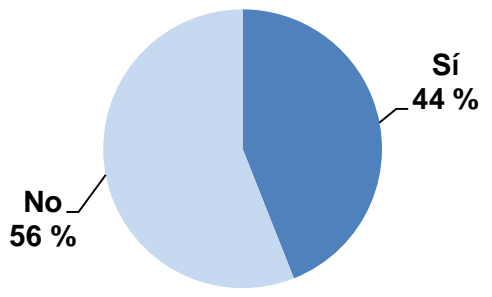
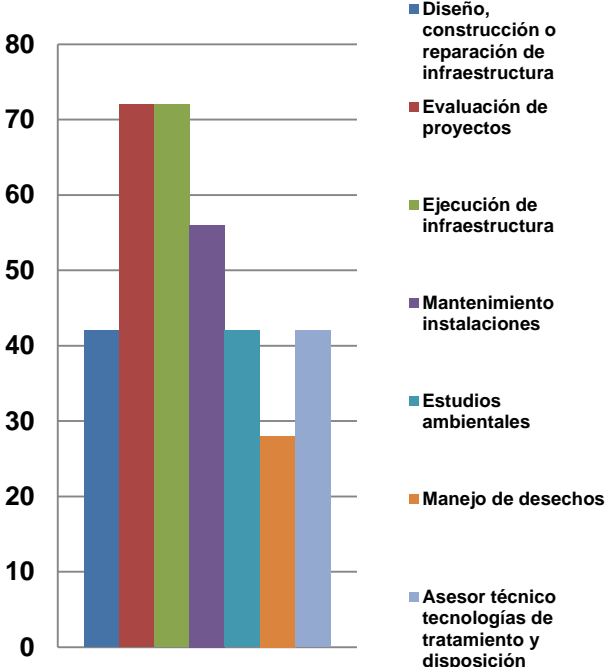
Fuente: elaboración propia.

- El tratamiento de los residuos en la empresa genera subproductos, de acuerdo a los resultados únicamente se refieren: lodos en planta de tratamiento de aguas residuales y filtros para reducir la contaminación atmosférica, lo que resalta las posibilidades de desarrollo del ingeniero civil en el tratamiento de los residuos peligrosos.

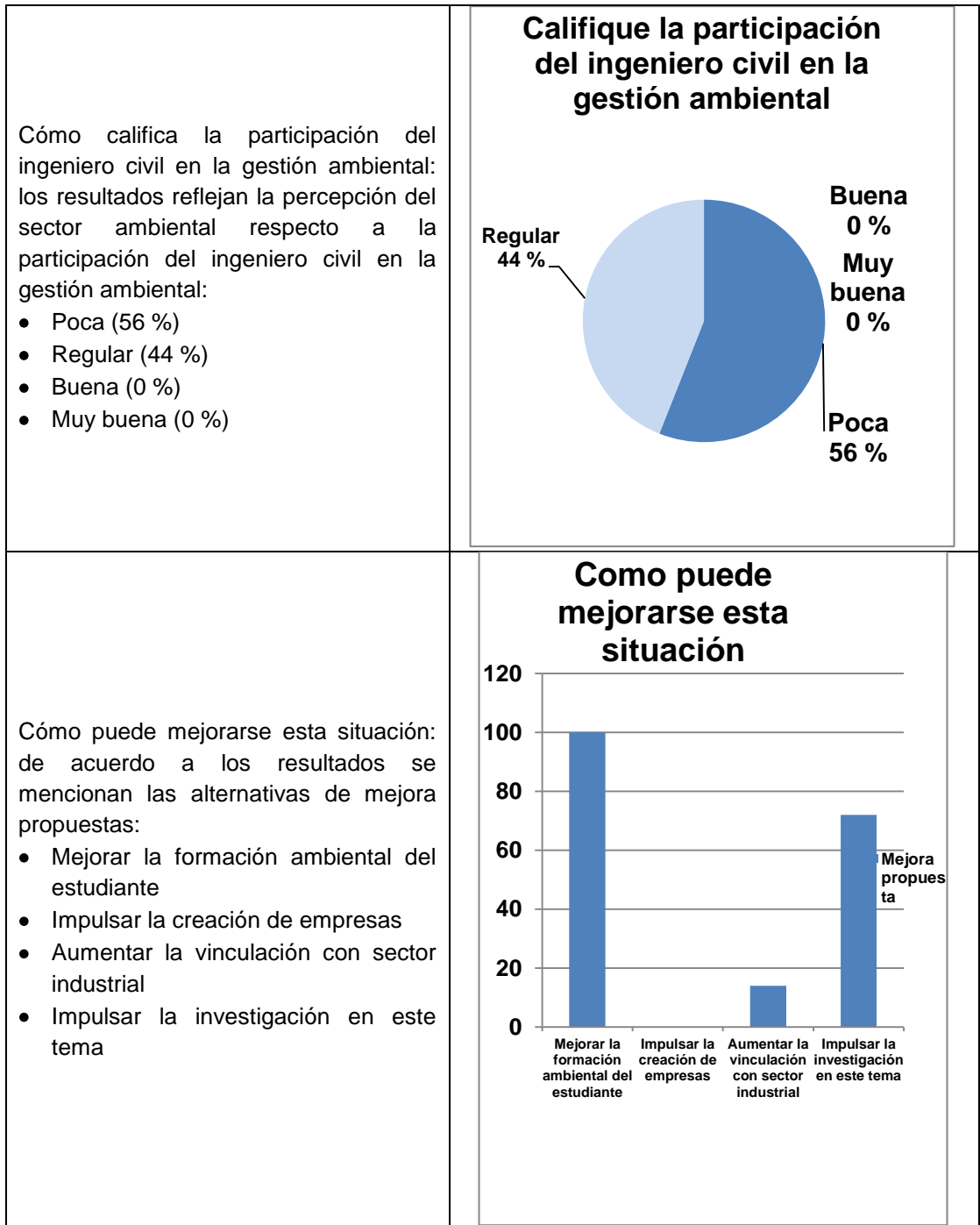
5.3.6. Resultados, información de la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental

A continuación se presenta el análisis de sobre la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental, así como las gráficas y análisis realizados. Se incluye la formación académica, áreas de desarrollo y participación, entre otros.

Tabla XIV. **Resultados, información de la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental**

<p>Considera que la formación académica del ingeniero civil facilita su participación en proyectos relacionados con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales, de acuerdo a los resultados se tiene: no (56 %) y sí (44 %), esto refleja la percepción del sector ambiental respecto a la formación del estudiante de ingeniería civil y su poca participación en el área de la gestión ambiental.</p>	<p style="text-align: center;">Considera que la formación académica del ingeniero civil facilita su participación en proyectos relacionados con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sí</td> <td>44 %</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>56 %</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Sí	44 %	No	56 %										
Respuesta	Porcentaje																
Sí	44 %																
No	56 %																
<p>En qué áreas, relacionadas con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales; considera que el ingeniero civil puede desarrollarse profesionalmente; de acuerdo a los resultados se obtiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de proyectos (72 %) • Ejecución de infraestructura (72 %) • Mantenimiento instalaciones (56 %) • Diseño, construcción o reparación de infraestructura (42 %) • Estudios ambientales (42 %) • Asesor técnico tecnologías de tratamiento y disposición (42 %) • Manejo de desechos (28 %) 	<p style="text-align: center;">Áreas en las que el ingeniero civil puede desarrollarse profesionalmente</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Área</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diseño, construcción o reparación de infraestructura</td> <td>42 %</td> </tr> <tr> <td>Evaluación de proyectos</td> <td>72 %</td> </tr> <tr> <td>Ejecución de infraestructura</td> <td>72 %</td> </tr> <tr> <td>Mantenimiento instalaciones</td> <td>56 %</td> </tr> <tr> <td>Estudios ambientales</td> <td>42 %</td> </tr> <tr> <td>Manejo de desechos</td> <td>28 %</td> </tr> <tr> <td>Asesor técnico tecnologías de tratamiento y disposición</td> <td>42 %</td> </tr> </tbody> </table>	Área	Porcentaje	Diseño, construcción o reparación de infraestructura	42 %	Evaluación de proyectos	72 %	Ejecución de infraestructura	72 %	Mantenimiento instalaciones	56 %	Estudios ambientales	42 %	Manejo de desechos	28 %	Asesor técnico tecnologías de tratamiento y disposición	42 %
Área	Porcentaje																
Diseño, construcción o reparación de infraestructura	42 %																
Evaluación de proyectos	72 %																
Ejecución de infraestructura	72 %																
Mantenimiento instalaciones	56 %																
Estudios ambientales	42 %																
Manejo de desechos	28 %																
Asesor técnico tecnologías de tratamiento y disposición	42 %																

Continuación de la tabla XIV.



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La reducción o eliminación de los residuos se ha convertido en una de las principales preocupaciones en los países industrializados y en una prioridad para las empresas.
2. El tratamiento de desechos peligrosos en Guatemala está en una etapa incipiente, existe poca información sobre la cantidad generada y forma de manejarlos en las industrias nacionales.
3. A nivel internacional existen diferentes alternativas para el tratamiento y disposición final de los desechos peligrosos, algunas ya se utilizan en Guatemala.
4. En la actualidad gran parte de la actividad de la Ingeniería Civil resuelve directamente problemas ambientales: gestión del agua, gestión de residuos, construcción de equipamientos, obras de recuperación ambiental.
5. Es necesario incorporar la perspectiva medioambiental como un eje transversal en la formación del ingeniero civil. La capacitación y la gestión eficiente de la variable medioambiental puede significar una fuente de competitividad empresarial.

6. De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta, la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental es incipiente, situación que debe cambiar en el futuro. La gestión integral de los desechos industriales constituye una fuente de oportunidades para el desarrollo de los ingenieros civiles; participando en la formulación, evaluación y ejecución de proyectos relacionados con el manejo de residuos industriales.
7. Para un adecuado manejo de los desechos industriales es necesario que las empresas cuenten con datos estadísticos regulares, representativos y fiables sobre la generación, reciclado, reutilización y eliminación de residuos.
8. El manejo y disposición inadecuados de los residuos peligrosos ocasiona la pérdida de la fertilidad de los suelos, de su capacidad biodegradadora y de otras de sus funciones, además del deterioro creciente de las fuentes de abastecimiento de agua (subterránea o superficial).

RECOMENDACIONES

1. Promover la formación ambiental de los ingenieros civiles mediante cursos específicos, que permitan ampliar y mejorar sus competencias profesionales.
2. Difundir la información necesaria que permita determinar la cantidad y forma de manejo de los desechos industriales peligrosos generados en el país.
3. Continuar profundizando en el tema a nivel nacional, por ser de vital importancia para el desarrollo de las industrias y municipalidades.
4. Las autoridades deben impulsar la creación de rellenos sanitarios de seguridad para la disposición de los desechos industriales.
5. Impulsar en las empresas los programas de capacitación y asesoría en materia de manejo integral de los desechos peligrosos industriales.
6. Mejorar la comunicación entre los sectores académicos y gremiales, de manera que se facilite la implementación de las actividades planteadas.
7. Es necesaria la elaboración de una campaña de comunicación por parte de los responsables, en la que se explique de manera detallada las propuestas elaboradas.

8. Que el Gobierno central haga valer su poder coercitivo para que las industrias en el país se apeguen a los tratados y convenios internacionales en materia de un buen manejo de los desechos industriales peligrosos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALBORNOZ RAMOS, César M. y ESCUDERO PALMA, Francisco E. *Competencias profesionales en la formación del ingeniero civil acústico*. Chile: Universidad Austral de Chile, 2007. 108 p.
2. ALVARADO ESTRADA, Alicia Isabel. *Investigación del mercado profesional de ingenieros civiles egresados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 173 p.
3. American Society of Civil Engineers. *La Visión para la Ingeniería Civil en 2025. Cómo alcanzar la visión para la Ingeniería Civil en 2025*. España: ASCE, 2010. 99 p.
4. BARLUENGA BADIOLA, Gonzalo; HERNÁNDEZ OLIVARES, Francisco. *Materiales de última generación y materiales eficientes reciclaje de residuos de construcción y demolición y su aplicación a nuevos materiales*. España: Universidad de Alcalá de Henares, 2010. 60 p.
5. BENITO MORENO, Yolanda. *Módulo 4: Tecnologías para el tratamiento de los residuos. Gestión y tratamiento de residuos*. 3a. ed. Colombia: Ciemat, 2000. 120 p.

6. CARRETERO PEÑA, Antonio. *Aspectos ambientales. Identificación y evaluación*. España: Aenor, 2007. 99 p.
7. *Contaminación ambiental por Rises y Riles*. [en línea]. <<http://html.rincondelvago.com/contaminacion-ambiental-por-rises-y-riles.html>>. [Consulta: junio de 2013].
8. *Definición de ingeniería civil*. [en línea]. <<http://ingenieria.cunoc.usac.edu.gt/index.php/menucarreras/6-artdefcivil>>. [Consulta: abril de 2013].
9. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. *Monografía sobre residuos de construcción y demolición*. España: Gobierno Vasco, 2004. 29 p.
10. Fundación Andrés Arboleda. *Concepto y clasificación de empresa*. [en línea]. <www.monografias.com/trabajos21/clasificacion-empresas>. [Consulta: mayo 2013].
11. Fundación Laboral de la Construcción. *Documento de síntesis. Estudio del sector de la construcción*. España: Fundación laboral de la Construcción, 2002. 196 p.
12. *Ingeniería civil*. [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_civil>. [Consulta: abril de 2013].
13. Instituto de Incidencia Ambiental. *Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2009. 343 p.

14. MÁRQUEZ ROMEGIALLI, Fernando. *Manejo seguro de residuos peligrosos*. Chile: Universidad de Concepción, 2011. 236 p.
15. PIÑEIRO GARCÍA, Pilar; GARCÍA-PINTOS ESCUDER, Adela. Prácticas ambientales en el sector de la construcción. El caso de las empresas constructoras españolas. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*. 15(2): 183-200, 2008.
16. Revista Ingeniería de Construcción. *Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción*, 25(2): 147-160, 2010.
17. ROCHA FELICES, Arturo. *Algunas reflexiones sobre la formación del ingeniero civil*. [en línea]. <<http://civilgeeks.com/2012/04/13/algunas-reflexiones-sobre-la-formacion-del-ingeniero-civil-dr-ing-arturo-rocha/>>. [Consulta: febrero de 2013].
18. *Situación y evaluación de la calidad ambiental en Guatemala. Diagnóstico y propuestas de solución*. Guatemala, 2001. 66 p.
19. Unión Europea. *Guía de buenas prácticas para la gestión de residuos industriales*. España: Fondo Social Europeo, 2007. 100 p.
20. VALENZUELA MÉNDEZ, Mario G. *Aplicación de una gestión ambiental en el sector industrial guatemalteco*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 136 p.

21. PÁEZ OVIEDO, Jesús Alberto. Valores para la formación profesional del ingeniero civil. *Revista Laurus*, 12, (número extraordinario): 249-260, 2006.

22. ZAROR ZAROR, Claudio Alfredo. *Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos*. Chile: Universidad de Concepción, 2000. 500 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cuestionario utilizado

Trabajo de Graduación
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos

No. de boleta: 1
 Fecha:

1. INFORMACIÓN ENTREVISTADO

i. Nombre: ISAHEL ORELLANA
 ii. Edad: 31 AÑOS
 iii. Estudios realizados: ING. CIVIL Y MBA
 iv. Puesto en la empresa: GERENTE GENERAL
 v. Tiempo de trabajar en la empresa: 10 AÑOS

2. INFORMACIÓN EMPRESA

2.1. General

i. Indique el sector productivo al que pertenece la empresa (alimentos, maquila, textil otros): MAQUILACIÓN DE CONCRETO
 ii. Indique la ubicación de la empresa (municipio, departamento): GUATEMALA, GUATEMALA
 iii. Indique el tiempo de operación de la empresa:
 1-5 años 5-15 años de 15 años
 iv. En la empresa trabajan ingenieros civiles: SI NO
 v. Si la respuesta anterior fue si, indique áreas en las que se ubican

- Diseño, construcción o reparación de infraestructura
- Mantenimiento instalaciones
- Producción
- Ventas/Asesores
- Gestión ambiental
- Otras

2.2. Procesos

i. Describa las principales actividades (procesos), que realizan en la empresa:
MAQUILACIÓN, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO
 ii. Identifique los materiales (materia prima) que utilizan en la empresa:

Tipo material	Cantidad mensual	Presentación (líquido, polvo, sólido, otro)
1. <u>CEMENTO</u>	<u>4,105 TON</u>	<u>POLVINO</u>
2. <u>AGREGADO GF</u>	<u>8,120 TON</u>	<u>SECO</u>
3. <u>ADITIVOS</u>	<u>4,199 LT.</u>	<u>LÍQUIDO</u>

i. ¿La empresa utiliza sustancias consideradas peligrosas (tóxicas, inflamables, corrosivas, reactivas)? SI NO

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
 Guatemala 2013
 1

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos

ii. Si la respuesta anterior fue si, cuáles
ADITIVOS, CEMENTO

iii. Identifique tipo de energía/combustible que utilizan en la empresa:

Tipo combustible	Si	No
1. Energía eléctrica	X	
2. Hidrocarburos	X	
3. Biomasa		X
4. Otros:	—	—

3. INFORMACIÓN GESTIÓN AMBIENTAL

3.1. General

i. ¿Existe en la empresa un plan de gestión ambiental? SI NO

ii. ¿La empresa gestiona y trata sus propios residuos? SI NO

iii. Cuentan con algún programa de recuperación, reciclamiento o reutilización de los desechos SI NO

iv. ¿Se evalúa periódicamente las condiciones ambientales internas de la planta? SI NO

4. INFORMACIÓN RESIDUOS

i. Señale el tipo de residuos que se generan en las actividades industriales de la empresa:
 Sólidos (SI NO) Líquidos (SI NO) Gaseosos (SI NO)

ii. ¿Se conoce la composición y las características de los residuos que se generan en la empresa?
 Sólidos (SI NO) Líquidos (SI NO) Gaseosos (SI NO)

iii. ¿Los residuos sólidos generados se almacenan selectivamente? (en función de sus características, propiedades, riesgo, vida activa, eliminación o tratamiento, manipulación, etc.). SI NO

iv. ¿Existen instalaciones para el tratamiento, depuración o eliminación de los residuos generados en la empresa (en función de sus propiedades, composición, manejo y riesgos, etc.)?
 Sólidos (SI NO) Líquidos (SI NO) Gaseosos (SI NO)

v. De acuerdo a la respuesta anterior identifique o describa el tipo de instalaciones existentes, para el tratamiento, depuración o eliminación de los residuos generados en la empresa

Planta de tratamiento de agua
 Instalaciones de almacenamiento de residuos sólidos no peligrosos
 Instalaciones para el manejo, almacenamiento y disposición final residuos peligrosos
 Sistema de tratamiento de gases y olores (filtros, chimeneas, otros)
 Otros _____

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
 Guatemala 2013
 2

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos

5. INFORMACIÓN RESIDUOS PELIGROSOS

i. ¿Produce residuos tóxicos, corrosivos, reactivos o inflamables?
SI NO

i. ¿Existe un método de caracterización de sus residuos tóxicos y peligrosos? (cantidad, propiedades físico-químicas, composición química, volumen, peso). SI NO

i. ¿El almacenamiento de residuos sólidos peligrosos se realiza en envases adecuados para evitar fugas y accidentes? SI NO

v. ¿El tratamiento de los residuos en la empresa genera subproductos (lodos, filtros, elementos de encapsulamiento de concreto, cenizas, otros)? SINO

v. Si la respuesta anterior fue si, indique de que manera se manejan:
NO SE TIENE

6. INFORMACIÓN PARTICIPACIÓN INGENIERO CIVIL GESTIÓN AMBIENTAL

i. De acuerdo a su experiencia, ¿considera que la formación académica del ingeniero civil facilita su participación en proyectos relacionados con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales? SI NO
Por que: _____

i. ¿En que áreas considera que el ingeniero civil puede desarrollarse profesionalmente, relacionadas con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales?

Diseño, construcción o reparación de infraestructura ✓
Evaluación de proyectos ✓
Ejecución de infraestructura ✓
Mantenimiento instalaciones ✓
Estudios ambientales ✓
Manejo de desechos ✓
Asesor técnico tecnologías de tratamiento y disposición ✓
Otras _____

De acuerdo a su experiencia, ¿cómo califica la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental?

Poca Regular Buena Muy buena

De acuerdo a la pregunta anterior, ¿cómo puede mejorarse esta situación?

Mejorar la formación ambiental del estudiante ✓
Impulsar la creación de empresas ✓
Aumentar la vinculación con sector industrial ✓
Impulsar la investigación en este tema ✓
Otras _____

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
Guatemala 2013
3

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos

No. de boleta: 2
 Fecha:

1. INFORMACIÓN ENTREVISTADO

i. Nombre: Pedro Mejía Alvarado
 ii. Edad: 37
 iii. Estudios realizados: Perseus en Ciencias Ing. Civil
 iv. Puesto en la empresa: Axiliar de Ingeniería
 v. Tiempo de trabajar en la empresa: 1.5 años

2. INFORMACIÓN EMPRESA

2.1. General

i. Indique el sector productivo al que pertenece la empresa (alimentos, maquila, textil, otros): Construcción
 ii. Indique la ubicación de la empresa (municipio, departamento): Zona 4 de Mixco
 iii. Indique el tiempo de operación de la empresa:
 1-5 años 5-15 años + de 15 años
 iv. En la empresa trabajan ingenieros civiles: SI NO
 v. Si la respuesta anterior fue si, indique áreas en las que se ubican

- Diseño, construcción o reparación de infraestructura
- Mantenimiento instalaciones
- Producción
- Ventas/Asesores
- Gestión ambiental
- Otras

2.2. Procesos

i. Describa las principales actividades (procesos), que realizan en la empresa:
construcción de viviendas en serie de concreto armado
 ii. Identifique los materiales (materia prima) que utilizan en la empresa:

Tipo material	Cantidad mensual	Presentación (liquido, polvo, sólido, otro)
1. <u>Acero Grado D</u>	<u>Aprox 5,000 kg</u>	<u>Varillas (sólido)</u>
2. <u>Cemento</u>	<u>5,000</u>	<u>Secos (polvo)</u>
3. <u>Arregados</u>	<u>5,000</u>	<u>TELARAS (sólido)</u>

i. ¿La empresa utiliza sustancias consideradas peligrosas (tóxicas, inflamables, corrosivas, reactivas)? SI (NO)

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
 Guatemala 2013
 1

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos

ii. Si la respuesta anterior fue si, cuáles

iii. Identifique tipo de energía/combustible que utilizan en la empresa:

Tipo combustible	Si	No
1. Energía eléctrica	X	
2. Hidrocarburos	X	
3. Biomasa		
4. Otros:		

3. INFORMACIÓN GESTIÓN AMBIENTAL

3.1. General

i. ¿Existe en la empresa un plan de gestión ambiental? SI NO

ii. ¿La empresa gestiona y trata sus propios residuos? SI NO

iii. Cuentan con algún programa de recuperación, reciclamiento o reutilización de los desechos SI NO

iv. ¿Se evalúa periódicamente las condiciones ambientales internas de la planta? SI NO

4. INFORMACIÓN RESIDUOS

i. Señale el tipo de residuos que se generan en las actividades industriales de la empresa:
 Sólidos SI NO Líquidos SI NO Gaseosos SI NO

ii. ¿Se conoce la composición y las características de los residuos que se generan en la empresa?
 Sólidos SI NO Líquidos SI NO Gaseosos SI NO

iii. ¿Los residuos sólidos generados se almacenan selectivamente? (en función de sus características, propiedades, riesgo, vida activa, eliminación o tratamiento, manipulación, etc.). SI NO

iv. ¿Existen instalaciones para el tratamiento, depuración o eliminación de los residuos generados en la empresa (en función de sus propiedades, composición, manejo y riesgos etc.)?
 Sólidos SI NO Líquidos SI NO Gaseosos SI NO

v. De acuerdo a la respuesta anterior identifique o describa el tipo de instalaciones existentes, para el tratamiento, depuración o eliminación de los residuos generados en la empresa

- Planta de tratamiento de agua
- Instalaciones de almacenamiento de residuos sólidos no peligrosos
- Instalaciones para el manejo, almacenamiento y disposición final residuos peligrosos
- Sistema de tratamiento de gases y olores (filtros, chimeneas, otros)
- Otros

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
Guatemala 2013

2

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación	
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos	
5. INFORMACIÓN RESIDUOS PELIGROSOS	
i.	¿Produce residuos tóxicos, corrosivos, reactivos o inflamables? SI <input type="radio"/> NO <input checked="" type="radio"/>
ii.	¿Existe un método de caracterización de sus residuos tóxicos y peligrosos? (cantidad, propiedades físico-químicas, composición química, volumen, peso). SI <input type="radio"/> NO <input checked="" type="radio"/>
iii.	¿El almacenamiento de residuos sólidos peligrosos se realiza en envases adecuados para evitar fugas y accidentes? SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>
iv.	¿El tratamiento de los residuos en la empresa genera subproductos (lodos, filtros, elementos de encapsulamiento de concreto, cenizas, otros)? <input type="radio"/> SI <input checked="" type="radio"/> NO
v.	Si la respuesta anterior fue si, indique de que manera se manejan: <u>Fedres de bales en PTDR</u>
6. INFORMACIÓN PARTICIPACIÓN INGENIERO CIVIL EN GESTIÓN AMBIENTAL	
i.	De acuerdo a su experiencia, ¿considera que la formación académica del ingeniero civil facilita su participación en proyectos relacionados con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales? SI <input type="radio"/> NO <input checked="" type="radio"/> Por que: <u>Porque no he visto cursos con este tipo de estudio</u>
ii.	¿En que áreas considera que el ingeniero civil pueda desarrollarse profesionalmente, relacionadas con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales? <ul style="list-style-type: none">• Diseño, construcción o reparación de infraestructura• Evaluación de proyectos• Ejecución de infraestructura• Mantenimiento instalaciones• Estudios ambientales• Manejo de desechos• Asesor técnico tecnologías de tratamiento y disposición• Otras
iii.	De acuerdo a su experiencia, ¿cómo califica la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental? Poca <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Buena <input type="radio"/> Muy buena <input type="radio"/>
iv.	De acuerdo a la pregunta anterior, ¿cómo puede mejorarse esta situación? <ul style="list-style-type: none">• <u>Mejorar la formación ambiental del estudiante</u>• Impulsar la creación de empresas• Aumentar la vinculación con sector industrial• <u>Impulsar la investigación en este tema</u>• Otras
Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería Guatemala 2013	
3	

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos

No. de boleta: 3
 Fecha:

1. INFORMACIÓN ENTREVISTADO

i. Nombre: José Morano.
 ii. Edad: 62
 iii. Estudios realizados: Universitario
 iv. Puesto en la empresa: Gerente
 v. Tiempo de trabajar en la empresa: + 20 años

2. INFORMACIÓN EMPRESA

2.1. General

i. Indique el sector productivo al que pertenece la empresa (alimentos, maquila, textil, otros): Producción de hielo en bloques
 ii. Indique la ubicación de la empresa (municipio, departamento): Guatemala - Guatemala
 iii. Indique el tiempo de operación de la empresa:
 1-5 años 5-15 años + de 15 años
 iv. En la empresa trabajan ingenieros civiles: SI NO
 v. Si la respuesta anterior fue si, indique áreas en las que se ubican

- Diseño, construcción o reparación de infraestructura
- Mantenimiento instalaciones
- Producción
- Ventas/Asesores
- Gestión ambiental
- Otras

2.2. Procesos

i. Describa las principales actividades (procesos), que realizan en la empresa:
1. Mantimiento agua 2. Producción de hielo 3. Mercadeo productos terminados
2. Producción de hielo.
 ii. Identifique los materiales (materia prima) que utilizan en la empresa:

Tipo material	Cantidad mensual	Presentación (líquido, polvo, sólido, otro)
1. <u>Agua.</u>		<u>líquido</u>
2. <u>Productos de limpieza</u>		<u>gas y líquido</u>
3. <u>Bolsas plásticas</u>		<u>Sólido</u>

i. ¿La empresa utiliza sustancias consideradas peligrosas (tóxicas, inflamables, corrosivas, reactivas)? SI NO

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
Guatemala 2013

1

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos

ii. Si la respuesta anterior fue si, cuáles
Amorrico

iii. Identifique tipo de energía/combustible que utilizan en la empresa:

Tipo combustible	Si	No
1. Energía eléctrica	✓	
2. Hidrocarburos		
3. Biomasa		
4. Otros:		

3. INFORMACIÓN GESTIÓN AMBIENTAL

3.1. General

i. ¿Existe en la empresa un plan de gestión ambiental? SI NO

ii. ¿La empresa gestiona y trata sus propios residuos? SI NO

iii. Cuentan con algún programa de recuperación, reciclamiento o reutilización de los desechos? SI NO

iv. ¿Se evalúa periódicamente las condiciones ambientales internas de la planta? SI NO

4. INFORMACIÓN RESIDUOS

i. Señale el tipo de residuos que se generan en las actividades industriales de la empresa:
 Sólidos SI NO Líquidos SI NO Gaseosos SI NO

ii. ¿Se conoce la composición y las características de los residuos que se generan en la empresa?
 Sólidos SI NO Líquidos SI NO Gaseosos SI NO

iii. ¿Los residuos sólidos generados se almacenan selectivamente? (en función de sus características, propiedades, riesgo, vida activa, eliminación o tratamiento, manipulación, etc.) SI NO

iv. ¿Existen instalaciones para el tratamiento, depuración o eliminación de los residuos generados en la empresa (en función de sus propiedades, composición, manejo y riesgos, etc.)?
 Sólidos SI NO Líquidos SI NO Gaseosos SI NO

v. De acuerdo a la respuesta anterior identifique o describa el tipo de instalaciones existentes, para el tratamiento, depuración o eliminación de los residuos generados en la empresa

- Planta de tratamiento de agua
- Instalaciones de almacenamiento de residuos sólidos no peligrosos
- Instalaciones para el manejo, almacenamiento y disposición final residuos peligrosos
- Sistema de tratamiento de gases y olores (filtros, chimeneas, otros)
- Otros _____

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
 Guatemala 2013
 2

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación	
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos	
5. INFORMACIÓN RESIDUOS PELIGROSOS	
i.	¿Produce residuos tóxicos, corrosivos, reactivos o inflamables? SI NO
ii.	¿Existe un método de caracterización de sus residuos tóxicos y peligrosos? (cantidad, propiedades físico-químicas, composición química, volumen, peso). SI NO
iii.	¿El almacenamiento de residuos sólidos peligrosos se realiza en envases adecuados para evitar fugas y accidentes? SI NO
iv.	¿El tratamiento de los residuos en la empresa genera subproductos (lodos, filtros, elementos de encapsulamiento de concreto, cenizas, otros)? SI NO
v.	Si la respuesta anterior fue si, indique de que manera se manejan:
<hr/>	
6. INFORMACIÓN PARTICIPACIÓN INGENIERO CIVIL GESTIÓN AMBIENTAL	
i.	De acuerdo a su experiencia, ¿considera que la formación académica del ingeniero civil facilita su participación en proyectos relacionados con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales? SI NO Por que: <u>Manejo de cursos, instalación equipo multidisciplinarios</u>
ii.	¿En que áreas considera que el ingeniero civil puede desarrollarse profesionalmente, relacionadas con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales?
	<ul style="list-style-type: none">• Diseño, construcción o reparación de infraestructura ✓• Evaluación de proyectos ✓• Ejecución de infraestructura ✓• Mantenimiento instalaciones ✓• Estudios ambientales ✓• Manejo de desechos ✓• Asesoría en tecnologías de tratamiento y disposición ✓• Otras
iii.	De acuerdo a su experiencia, ¿cómo califica la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental? Poca Regular Buena Muy buena
iv.	De acuerdo a la pregunta anterior, ¿cómo puede mejorarse esta situación?
	<ul style="list-style-type: none">• Mejorar la formación ambiental del estudiante ✓• Impulsar la creación de empresas• Aumentar la vinculación con sector industrial• Impulsar la investigación en este tema ✓• Otras
Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería	
Guatemala 2013	
3	

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación

El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos

No. de boleta: 4

Fecha: _____

1. INFORMACIÓN ENTREVISTADO

i. Nombre: Susana Lorena Lizama

ii. Edad: 24

iii. Estudios realizados: Ingeniería química, _____

iv. Puesto en la empresa: Gestor de Calidad

v. Tiempo de trabajar en la empresa: 3 años

2. INFORMACIÓN EMPRESA

2.1. General

i. Indique el sector productivo al que pertenece la empresa (alimentos, maquila, textil, otros): alimentos

ii. Indique la ubicación de la empresa (municipio, departamento):
Villa Nueva, Guatemala

iii. Indique el tiempo de operación de la empresa:
1-5 años 5-15 años **+ de 15 años**

iv. En la empresa trabajan ingenieros civiles: **SI NO**

v. Si la respuesta anterior fue si, indique áreas en las que se ubican

- Diseño, construcción o reparación de infraestructura
- Mantenimiento instalaciones
- Producción
- Ventas/Asesores
- Gestión ambiental
- Otras

2.2. Procesos

i. Describa las principales actividades (procesos), que realizan en la empresa:
Producción de alimentos básicos

ii. Identifique los materiales (materia prima) que utilizan en la empresa:

Tipo material	Cantidad mensual	Presentación (líquido, polvo, sólido, otro)
1. Arroz en Granza	4000 toneladas	Sólido
2. Avena en Hojuela	4000 qq	Sólido
3. Frijol Negro	2500 qq	Sólido

i. ¿La empresa utiliza sustancias consideradas peligrosas (tóxicas, inflamables, corrosivas, reactivas)? **SI NO**

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
Guatemala 2013

1

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos

ii. Si la respuesta anterior fue si, cuáles
 ___Plaguicidas___

iii. Identifique tipo de energía/combustible que utilizan en la empresa:

Tipo combustible	Si	No
1. Energía eléctrica	x	
2. Hidrocarburos	x	
3. Biomasa	x	
4. Otros:		

3. INFORMACIÓN GESTIÓN AMBIENTAL
3.1. General

i. ¿Existe en la empresa un plan de gestión ambiental? **SI NO**

ii. ¿La empresa gestiona y trata sus propios residuos? **SI NO**

iii. Cuentan con algún programa de recuperación, reciclamiento o reutilización de los desechos **SI NO**

iv. ¿Se evalúa periódicamente las condiciones ambientales internas de la planta? **SI NO**

4. INFORMACIÓN RESIDUOS

i. Señale el tipo de residuos que se generan en las actividades industriales de la empresa:
 Sólidos **(SI NO)** Líquidos **(SI NO)** Gaseosos **(SI NO)**

ii. ¿Se conoce la composición y las características de los residuos que se generan en la empresa?
 Sólidos **(SI NO)** Líquidos **(SI NO)** Gaseosos **(SI NO)**

iii. ¿Los residuos sólidos generados se almacenan selectivamente? (en función de sus características, propiedades, riesgo, vida activa, eliminación o tratamiento, manipulación, etc.). **SI NO**

iv. ¿Existen instalaciones para el tratamiento, depuración o eliminación de los residuos generados en la empresa (en función de sus propiedades, composición, manejo y riesgos, etc.)?
 Sólidos **(SI NO)** Líquidos **(SI NO)** Gaseosos **(SI NO)**

v. De acuerdo a la respuesta anterior identifique o describa el tipo de instalaciones existentes, para el tratamiento, depuración o eliminación de los residuos generados en la empresa

- Planta de tratamiento de agua
- **Instalaciones de almacenamiento de residuos sólidos no peligrosos**
- Instalaciones para el manejo, almacenamiento y disposición final residuos peligrosos
- Sistema de tratamiento de gases y olores (filtros, chimeneas, otros)
- Otros _____

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería
Guatemala 2013
 2

Continuación del apéndice 1.

Trabajo de Graduación	
El Ingeniero civil en la gestión ambiental de los residuos peligrosos	
5. INFORMACIÓN RESIDUOS PELIGROSOS	
i.	¿Produce residuos tóxicos, corrosivos, reactivos o inflamables? SI NO
ii.	¿Existe un método de caracterización de sus residuos tóxicos y peligrosos? (cantidad, propiedades físico-químicas, composición química, volumen, peso). SI NO
iii.	¿El almacenamiento de residuos sólidos peligrosos se realiza en envases adecuados para evitar fugas y accidentes? SI NO
iv.	¿El tratamiento de los residuos en la empresa genera subproductos (lodos, filtros, elementos de encapsulamiento de concreto, cenizas, otros)? SI NO
v.	Si la respuesta anterior fue si, indique de que manera se manejan: _____
6. INFORMACIÓN PARTICIPACIÓN INGENIERO CIVIL GESTIÓN AMBIENTAL	
i.	De acuerdo a su experiencia, ¿considera que la formación académica del ingeniero civil facilita su participación en proyectos relacionados con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales? SI NO Porque: <u>Porque poseen poco conocimiento sobre gestión ambiental</u>
ii.	¿En qué áreas considera que el ingeniero civil puede desarrollarse profesionalmente, relacionadas con la gestión ambiental y el manejo de residuos industriales? <ul style="list-style-type: none">• Diseño, construcción o reparación de infraestructura• Evaluación de proyectos• Ejecución de infraestructura• Mantenimiento instalaciones• Estudios ambientales• Manejo de desechos• Asesor técnica tecnologías de tratamiento y disposición• Otras
iii.	De acuerdo a su experiencia, ¿cómo califica la participación del ingeniero civil en la gestión ambiental? Poca Regular Buena Muy buena
iv.	De acuerdo a la pregunta anterior, ¿cómo puede mejorarse esta situación? <ul style="list-style-type: none">• Mejorar la formación ambiental del estudiante• Impulsar la creación de empresas• Aumentar la vinculación con sector industrial• Impulsar la investigación en este tema• Otras
Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería	
Guatemala 2013	
3	

Fuente: elaboración propia.