



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

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS
LABORATORIOS DE QUÍMICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA DEL
INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR, ITUGS**

Ana Elizabeth Rodriguez Morales

Asesorado por la Inga. Elia Melina Monroy García

Guatemala, marzo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS
LABORATORIOS DE QUÍMICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA DEL
INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR, ITUGS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANA ELIZABETH RODRIGUEZ MORALES

ASESORADO POR LA INGA. ELIA MELINA MONROY GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, MARZO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Veliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Alvarez
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. Rodolfo Espinoza Smith
SECRETARIA	Inga. Hilda Marina Castellanos de Illescas

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:

DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR, ITUGS

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



Ana Elizabeth Rodríguez Morales

Guatemala, 25 de septiembre de 2013.

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón
Director
Escuela de Ingeniería Química

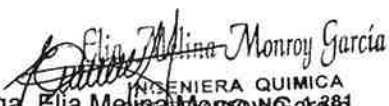
Estimado Ingeniero:

El motivo de la presente es para informarle que he revisado el informe final del trabajo de graduación de la Estudiante Ana Elizabeth Rodríguez Morales, con carné número 91-12705; titulado "DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR ITUGS".

Habiendo encontrado el informe final del trabajo de graduación satisfactorio, lo remito a su consideración para proceder a la respectiva revisión.

Agradeciendo la atención que se sirva dar a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,


INGENIERA QUÍMICA
Inga. Elia Melina Monroy García
Colegiado 1,281
Asesora del trabajo de Graduación



Guatemala, 22 de enero de 2014
Ref. EIQ.TG-IF.001.2014

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo 073-2012 le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Ana Elizabeth Rodríguez Morales**

Identificada con número de carné: **91-12705**

Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

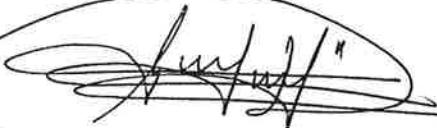
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR ITUGS

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Elia Melina Monroy García**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Jaime Domingo Carranza González
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Ref.EIQ.TG.020.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **ANA ELIZABETH RODRIGUEZ MORALES** titulado: "**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR, ITUGS**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.



Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, febrero 2014

Cc: Archivo
VMV/ote



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 Química, al trabajo de graduación titulado: **DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO GUATEMALA SUR, ITUGS**, presentado por la estudiante universitaria **Ana Elizabeth Rodríguez Morales**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, marzo de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mi Padre Celestial

Por todas las bendiciones, protección y guía que me ha dado para alcanzar esta meta.

Mi madre

Por todos los sacrificios que hizo para ayudarme a alcanzar mis metas y el ejemplo que siempre me ha motivado a ser una persona de bien.

Mis hermanos

Por ser un buen ejemplo a seguir y todo el apoyo que siempre me brindaron.

Mi esposo

Por todo el amor, la paciencia y apoyo incondicional que siempre me haz dado.

Mis hijos

Por ser mi motivación para ser mejor persona cada día y así poder ser un buen ejemplo para ustedes.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi familia

Por todo el apoyo que me ha dado cuando más lo he necesitado.

Mis amigos

Por sus muestras de afecto sincero y su apoyo de manera desinteresada.

Mi asesora y amiga

Por el tiempo dedicado en el trabajo realizado.

**Al personal docente y
administrativo del
ITUGS**

En especial a Inga. Sandra Ramírez, Licda. Dorcas Hernández, Licda. Ericka Beherens y al Ing. Francisco Gómez, por el apoyo y colaboración brindados para llevar a cabo esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS).....	3
2.2. Acreditación de carreras universitarias.....	3
2.2.1. Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería (ACAAI)	4
2.2.2. Requisitos de calidad ACAAI	5
2.3. Legislación ambiental	6
2.3.1. Legislación ambiental internacional	6
2.3.2. Tratados Internacionales para la Gestión Ambiental.....	7
2.3.3. Legislación nacional para gestión ambiental	11
2.3.4. Acuerdos de cooperación USAC	13
2.3.5. Normas aplicadas a los indicadores ambientales utilizados.....	13
2.4. Sistemas de Gestión Ambiental.....	15
2.4.1. Normas ISO 14000	17

2.4.2.	Requisitos de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA)	18
2.4.3.	Auditorías ambientales (Norma ISO 14010).....	19
2.5.	Indicadores ambientales	20
2.6.	Desarrollo sostenible.....	21
2.7.	Buenas prácticas ambientales en el laboratorio	24
2.7.1.	Buenas prácticas en la utilización de recursos.....	25
2.7.1.1.	Suministros.....	25
2.7.1.2.	Almacenaje.....	27
2.7.1.3.	Uso.....	28
2.7.1.3.1.	Uso de equipos e instrumentos de laboratorio	28
2.7.1.3.2.	Uso de materias y productos	29
2.7.1.3.3.	Uso de agua.....	30
2.7.1.3.4.	Uso de energía.....	30
2.7.1.4.	Mantenimiento.....	31
2.7.2.	Buenas prácticas en el manejo de desechos y residuos.....	32
2.7.3.	Clasificación de residuos.....	32
2.7.4.	Residuos asimilables urbanos.....	38
2.7.5.	Vertidos líquidos.....	38
2.7.6.	Etiquetado e identificación de los envases.....	40
3.	METODOLOGÍA	43
3.1.	Definición de las variables.....	43
3.1.1.	Variables independientes	44
3.1.2.	Variable dependiente	45

3.2.	Delimitación del campo de estudio	45
3.2.1.	Tipo de estudio	45
3.2.2.	Diseño general.....	46
3.2.3.	Universo de estudio	48
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	48
3.4.	Recursos materiales disponibles	49
3.4.1.	Equipo	49
3.4.2.	Instrumentos de laboratorio	49
3.5.	Técnica cuantitativa y cualitativa	50
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	50
3.6.1.	Indicador agua.....	50
3.6.2.	Indicador energía eléctrica.....	51
3.6.3.	Indicador papel	51
3.6.4.	Indicador de residuos y desechos químicos	52
3.6.5.	Indicador factores ambientales.....	54
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de información....	55
3.8.	Análisis estadístico	56
3.9.	Plan de análisis de los resultados	58
3.9.1.	Métodos y modelos de los datos según tipo de variables	58
3.9.2.	Programas a utilizar para el análisis de datos	59
4.	RESULTADOS.....	61
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	85
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES.....	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93

APÉNDICES.....97
ANEXOS.....101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura y funcionamiento de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA)	16
2.	Planificación estratégica del desarrollo sostenible	24
3.	Clasificación de disolventes halogenados.....	34
4.	Clasificación de disolventes no halogenados.....	35
5.	Pictogramas para etiquetado	41
6.	Diagrama de flujo del diseño general.....	47
7.	Análisis estadístico.....	56

TABLAS

I.	Variables involucradas en el estudio.....	44
II.	Consumo de papel	61
III.	Consumo de agua	61
IV.	Consumo de energía eléctrica	62
V.	Desechos y residuos de químicos líquidos	62
VI.	Desechos y residuos biológicos y químicos sólidos.....	63
VII.	Factores ambientales.....	63
VIII.	Plan de mejora línea de agua	64
IX.	Plan de mejora línea de energía eléctrica	65
X.	Plan de mejora línea de papel.....	67
XI.	Plan de mejora línea desechos y residuos químicos y biológicos.....	68
XII.	Plan de mejora factores ambientales	69

XIII.	Plan de mejora aplicando las 6 Rs a los componentes ambientales	70
XIV.	Programa ambiental indicador agua	72
XV.	Programa ambiental indicador energía eléctrica.....	74
XVI.	Programa ambiental indicador papel	76
XVII.	Programa ambiental indicador residuos y desechos químicos y biológicos.....	78
XVIII.	Programa ambiental indicador factores ambientales	81
XIX.	Plan de control y monitoreo	83
XX.	Plan de mejora.....	84
XXI.	Formato de etiquetado e identificación de residuos y desechos.....	84

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
COV/DIF	Compuestos orgánicos volátiles
dB	Decibeles
CO₂	Dióxido de carbono
°C	Grados Celsius
kg	Kilogramo
KWH	Kilowatt hora
L	Litro
m³	Metros cúbicos
CO	Monóxido de carbono
ppm	Partes por millón
PM10	Partículas menores a 10 micrones
%	Porcentaje

GLOSARIO

ACAAI	Es la Agencia Centroamericana de Acreditación que certifica la acreditación de las carreras de arquitectura e ingeniería, de las entidades educativas en Centroamérica.
Contaminación	Se refiere a la presencia extraña en el aire, agua, suelo o sonido, que afecte las características físicas o químicas de su composición.
COV/DIF	Compuestos Orgánicos Volátiles, a veces llamados DFI o COV (por sus siglas en español), son aquellos compuestos que se convierten fácilmente en vapores o gases.
Desechos	Toda materia considerada sobra o resto inservible sobrante de algo después de haber sido consumido o trabajado.
Gestión ambiental	Estrategia mediante la cual se organizan las actividades que afectan el medio ambiente, para lograr una adecuada calidad de vida previniendo o mitigando los problemas ambientales.
Impacto ambiental	Efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos.

Indicadores ambientales

Cualquier parámetro medible del medio natural que informe del estado de dicho medio o de aspectos relacionados con el.

Residuos

Materiales que por sus características representan un peligro para la salud humana y el ambiente, cuando son manejados o dispuestos de forma inadecuada.

SGA

Sistema de Gestión Ambiental.

RESUMEN

El trabajo de graduación consistió en el desarrollo de un programa ambiental en los Laboratorios del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS), ubicado en el kilómetro 45 Palín Escuintla. Se realizó una evaluación preliminar para determinar el potencial de mejora ambiental.

Se evaluó el consumo de recursos en cada uno de los laboratorios del área de producción alimentaria y el manejo de desechos, así se determinó el impacto ambiental que genera cada uno de los laboratorios y las prácticas realizadas en ellos.

De acuerdo con la información que se obtuvo se establecieron las acciones preventivas y correctivas como parte de un programa ambiental, el cual, a través de un plan de control y monitoreo así como de capacitar y concientizar a los futuros profesionales sobre las buenas prácticas ambientales, establece las normas y acciones necesarias para mitigar posibles impactos adversos que se estén generando.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un programa ambiental en los Laboratorios de Química, Biología y Microbiología del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur.

Específicos

1. Establecer el consumo de recursos en los Laboratorios de Química, Biología y Microbiología.
2. Evaluar los efectos ambientales que generan las prácticas de los Laboratorios y la capacidad de mejora ambiental.
3. Establecer un plan de acción y monitoreo dentro de los Laboratorios como parte del programa ambiental.
4. Apoyar en la formación y concientización de los estudiantes en el tema de las buenas prácticas ambientales.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación desarrolla las oportunidades del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur para reducir el impacto ambiental adverso que pueden generar las prácticas de los Laboratorios de Química, Biología y Microbiología, en el área en donde está ubicado, para ayudar de esta forma a conservar y proteger los recursos naturales de la zona.

La principal características de las prácticas que los estudiantes realizan en los Laboratorios es la generación de desechos sólidos y líquidos, residuos químicos, además el consumo de agua y energía, y la posible contaminación del ambiente con tóxicos o microorganismos. Estos acontecimientos despiertan el interés, en el ámbito profesional, del ingeniero químico, de implementar los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera para desarrollar un programa ambiental en dichos laboratorios para capacitar y concientizar a los estudiantes de tal manera que puedan aplicar estas herramientas en el futuro en las empresas en donde presten sus servicios profesionales.

1. ANTECEDENTES

Debido a la problemática ambiental muchos países han implementado sus propias normas ambientales, para maximizar esos esfuerzos se han creado indicadores universales que permitan a los países u organizaciones alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada. Estas normas ambientales internacionales fueron creadas por la Organización Internacional para la Estandarización ISO, conocidas como ISO 14000. En la actualidad industrias, universidades y varias organizaciones han adoptado estas normas a sus programas, siguiendo la tendencia a eliminar o mitigar la contaminación ambiental.

En Guatemala se creó el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en el 2000, como el organismo encargado de regir la Gestión Ambiental en el país. El MARN en conjunto con el Ministerio de Educación son los encargados de diseñar la Política Nacional de Educación Ambiental (Acuerdo Gubernativo 186 - 2001).

El Tratado de Libre Comercio entre los Estados Unidos de América, Centroamérica y República Dominicana (CAFTA-DR) fue ratificado por Guatemala en el 2005, dicho tratado contiene un capítulo ambiental que deben cumplir los países para permanecer en el tratado.

En enero del 2011 el decano de la Facultad de Ingeniería firmó una carta de entendimiento para la segunda fase en la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental SGA con el Programa de la Agencia de los Estados Unidos

para el Desarrollo Internacional USAID de excelencia Ambiental y Laboral conocido como el programa ELE CAFTA-DR.

La Facultad de Ingeniería y el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia (CGP+L), firmaron un convenio dentro del marco denominado Proyecto Universidades, con el fin de desarrollar e implementar actividades encaminadas a la temática de oficina verde y producción más limpia.

En el 2009, gracias a la cooperación del gobierno de Taiwán, abre sus puertas el Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS) con cinco carreras técnicas universitarias, en Palín, Escuintla. Actualmente el Instituto brinda la oportunidad de estudiar carreras técnicas que permiten a los estudiantes continuar su educación universitaria en la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos, ya que los primeros dos años son parte del área común de esta facultad. Sin embargo la misión es acreditar el Instituto para implementar una carrera completa.

Para alcanzar esta meta, el Instituto debe cumplir con los mismos estándares de calidad que la Facultad de Ingeniería, la cual actualmente está en el proceso de acreditación por la Agencia Centroamericana de Acreditación (ACAAI), acreditación que le dará la oportunidad a los profesionales egresados de esta facultad, entre otras muchas, de ser reconocidos internacionalmente.

Entre los requisitos o factores que el ACAAI evalúa para la acreditación se encuentra el Impacto de la Ingeniería sobre la sociedad y el ambiente: comprender el impacto que la ingeniería tiene sobre las aspiraciones de la sociedad, en los ámbitos ambiental, económico, social, de salud, de seguridad, legal y cultural, de las incertidumbres en la predicción de tales impactos y los conceptos de desarrollo sostenible y la gestión ambiental.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS)

El Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS) surge como una alternativa de educación superior en el sur del país; ubicado en el kilómetro 45 carretera antigua Palín, Escuintla. El ITUGS fue construido gracias a la colaboración del gobierno de Taiwán, en los alrededores de la zona boscosa El Chilar, zona protegida por la comunidad indígena Poqomam, por lo que el instituto tiene un gran compromiso ambiental con la comunidad para preservar los recursos naturales.

Este centro universitario abrió sus puertas en 2010 con 6 carreras técnicas de 3 años de duración, el primer año equivale a cualquier carrera de ingeniería de la Universidad San Carlos, lo que da la oportunidad de continuar con los estudios para obtener una licenciatura a través de las equivalencias respectivas. El objetivo del ITUGS es lograr acreditar el Instituto e implementar carreras completas.

2.2. Acreditación de carreras universitarias

La acreditación, es el proceso de evaluación basado en estándares y criterios de calidad previamente establecidos que es llevado a cabo por un organismo externo y que procura garantizar la calidad de una carrera o programa educativo. La acreditación se basa en un proceso evaluativo conformado por varias fases e incluso por distintas evaluaciones

independientes, pero relacionadas, que se aplica a las instituciones como un todo o a sus programas, carrera o servicios.

El propósito de los procesos de acreditación mejorar la calidad de las carreras que ofrecen las instituciones universitarias y garantizar públicamente la calidad de estos.

2.2.1. Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería (ACAAI)

La agencia acreditadora ACAAI, es un organismo regional sin ánimo de lucro, constituido por los sectores académicos, público y privado, profesional, gubernamental y empleador de la región con sede en la ciudad del Saber, Panamá; para conceder la acreditación de los programas de ingeniería y sus distintas especialidades, de las instituciones de educación superior que funcionen en cada país o en la región.

ACAAI es un Organismo Regional Centroamericano (la única agencia a nivel regional del mundo), no tiene fines de lucro, es auto regulable y totalmente independiente. Está constituida por el sector académico (universidades públicas y privadas), sector profesional de arquitectos, ingenieros y diseñadores; el sector gubernamental, las organizaciones de ciencia, tecnología y educación. Su misión es acreditar programas académicos de arquitectura e ingeniería de América Central para contribuir al aseguramiento de la calidad, la mejora continua y la pertinencia, coadyuvando así a la integración regional.

Los procesos de acreditación de la calidad de carreras generan múltiples beneficios en los siguientes ámbitos.

- Por la función social que cumplen las universidades, para la región es fundamental que estas instituciones de educación superior se comprometan con la calidad, con el mejoramiento continuo y la superación permanente, adhiriéndose a los principios que rigen al órgano oficial de acreditación.
- La acreditación promueve la búsqueda de la excelencia académica.
- La revisión interna que realizan las carreras que aspiran a obtener la acreditación les permite crecer y desarrollarse acorde con sus características.
- Los beneficios que obtienen las carreras con la acreditación trasciende al resto de la universidad pues se generan transformaciones institucionales abocadas al mejoramiento continuo, lo que a la vez fortalece a toda la educación superior en centroamérica.

2.2.2. Requisitos de calidad ACAAI

Los requisitos de calidad son condiciones o umbrales mínimos de calidad que deben cumplir los componentes y categorías de análisis, en referencia a las pautas indicadas para mostrar la calidad de acreditable de un programa de arquitectura, ingeniería.

El sistema ha sido consensuado a través de reuniones de trabajo de comisiones técnicas y sesiones del Consejo de Acreditación en las que se han desarrollado categorías, componentes, pautas y estándares, con cualidades de suficiencia y equidad, pero que a la vez sean pertinentes y congruentes con las realidades particulares de cada uno de los países de la región en consistencia

con la visión de ACAAI de ser la agencia líder en América Central en la acreditación de los programas de ingeniería y arquitectura, con proyección, prestigio y reconocimiento a nivel internacional.

Entre los requisitos de calidad que ACAAI ha especificado para las carreras de Ingeniería se encuentran los siguientes:

- Responsabilidad profesional: comprender los roles y responsabilidades de un profesional de la Ingeniería en la sociedad, especialmente el rol primario de proteger a la población y el interés público.
- Impacto de la Ingeniería sobre la sociedad y el ambiente: comprender el impacto que la Ingeniería tiene sobre las aspiraciones de la sociedad, en los ámbitos económico, ambiental, social, de salud, de seguridad, legal y cultural, de las incertidumbres en la predicción de tales impactos y los conceptos de desarrollo sostenible y la gestión ambiental.

2.3. Legislación ambiental

Consiste en un sistema jurídico que norma las actividades del humano en su interacción con el ambiente natural, social y construido. Tiene como propósito aprovechar, mejorar, conservar, proteger, restaurar los ecosistemas en todo el planeta.

2.3.1. Legislación ambiental internacional

A finales de 1960 Naciones Unidas convocó a la conferencia de Naciones Unidas sobre medio humano, a realizarse en Estocolmo, Suecia en

1972. Como resultado de esa conferencia se crea el Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA).

Hoy en día, existen más de 300 convenios multilaterales que contemplan directa o indirectamente la protección del medio ambiente y de sus componentes. Desde el fin de los años 1980, paralelamente a la cooperación desarrollada a nivel universal, la cooperación entre los países mesoamericanos se ha intensificado, generando una serie de acuerdos regionales en materia ambiental cuya implementación está coordinada por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).

2.3.2. Tratados Internacionales para la Gestión Ambiental

El Programa 21 es un acuerdo de las Naciones Unidas (ONU) para promover el desarrollo sostenible, aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), que se reunió en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992. Este acuerdo se firmó junto con la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo y la Declaración de Principios Relativos a los Bosques. El programa es un plan detallado de acciones que deben ser acometidas a nivel mundial, nacional y local, por entidades de la ONU, los gobiernos de sus estados miembros y por grupos principales particulares en todas las áreas en las que ocurren impactos humanos sobre el medio ambiente.

El programa 21 ha tenido un estrecho seguimiento a partir del cual se han desarrollado ajustes y revisiones la más reciente, la Cumbre de Johannesburgo, reunida en esta ciudad de Sudáfrica del 26 de agosto al 4 de septiembre de 2002.

En 2007, en Guatemala estaban vigentes 75 tratados internacionales en materia ambiental; instrumentos que han apoyado el desarrollo de la agenda ambiental del país.

Año e Instrumento ratificado:

- 1979: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).
- 1988: Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (convenio de Ramsar), Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono.
- 1992: Convenio Centroamericano de Biodiversidad, Convenio Centroamericano de Bosques.
- 1994: Alianza para el Desarrollo Humano Sostenible (ALIDES).
- 1995: Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Convención Regional sobre Cambios Climáticos.
- 1999: Protocolo de Kioto, Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y Sequía (CNULD).
- 2000: Declaración del Milenio.

- 2001: Enmiendas al Protocolo de Montreal relativas a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono.
- 2002: Declaración sobre Desarrollo Sostenible, Johannesburgo.
- 2004: Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB.
- 2005: Convenio de Cooperación para la Protección y el Desarrollo Sostenible de las Zonas Marinas y Costeras del Pacífico Nordeste en Centroamérica, Convención Internacional para la Regulación de la Caza de la Ballena, Reglamento y Protocolo Plan Ambiental de la Región Centroamericana.
- 2005 – 2010: Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, Declaración de París sobre Eficacia de Ayuda al Desarrollo.
- 2006: Comisión Ballenera Internacional Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos de América (DR-CAFTA) Normativo de Reglas de Origen y Procedimientos de Origen en el Marco del DR-CAFTA, Normativo para la Presentación, Recepción y Consideración de las Comunicaciones a que se refiere el artículo 17.6.1 del Capítulo Ambiental del DR-CAFTA, Tratado de Budapest sobre el Reconocimiento Internacional del Depósito de Microorganismos a los Fines del Procedimiento en Materia de Patentes para la Aplicación del DR-CAFTA.

- 2007: Acuerdo entre los Gobiernos de Costa Rica, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Estados Unidos de América sobre Cooperación Ambiental Convenio para el Establecimiento de la Zona de Turismo Sustentable del Caribe, Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), Conferencia de Oslo sobre Responsabilidad Social y Ambiental.

En los últimos años, los espacios de influencia en las políticas ambientales han estado definidos por los acuerdos comerciales y espacios políticos relacionados (i.e. Tratado de Libre Comercio la entre la República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos de América (DR-CAFTA), Proyecto Mesoamérica -antes Plan Puebla Panamá-, Agenda para la Competitividad de Centroamérica en Materia Ambiental), a los que se deben sumar los movimientos ciudadanos de rechazo de actividades mineras y petroleras y restitución de tierras y beneficios sociales.

Los líderes mundiales firmaron el plan de implementación de Johannesburgo (JPIO) en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sustentable (2002). El capítulo 3 del plan está dedicado a la modificación de los patrones insustentables de consumo y producción y declara que: “para lograr el desarrollo sustentable a nivel mundial es indispensable introducir cambios fundamentales en la forma en que producen y consumen las sociedades. Todos los países deben promover modalidades sustentables de consumo y producción”.

Esta Cumbre estableció como uno de los objetivos del plan de acción la necesidad de modificar las prácticas no sustentables de producción y consumo, incrementando entre otras cosas, las inversiones en programas de producción más limpia y eco-eficiencia, a través de centros de producción más limpios. Por

su parte, los países de la región manifestaron en la Iniciativa Latinoamericana para el Desarrollo Sustentable (2002), presentada en la JPIO, la necesidad de incorporar conceptos de producción limpia en las industrias, crear centros nacionales de producción limpia y trabajar en pos de un consumo sustentable. Esto establece el marco a nivel internacional para definir políticas nacionales y desarrollar planes de acción en producción limpia.

Todo lo anterior, establece un marco amplio a nivel regional e internacional para la definición de políticas y planes de acción en producción más limpia. Lo cual se reflejó en el planteamiento estratégico del Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PARCA), donde la Producción más Limpia representa una de las áreas estratégicas de la línea temática de prevención y control de la contaminación.

2.3.3. Legislación nacional para gestión ambiental

La emisión de leyes ambientales en Guatemala ha sido un reflejo de la participación de diversos sectores a través de la historia política del país. Antes de los años ochenta había solo 21 normas, mientras que entre 1980 y 1990 se generaron 69 (IARNA/URL, 2006). Algunas de las normas emitidas durante los años ochenta fueron impulsadas por las convenciones y comisiones internacionales de carácter ambiental, y constituyen la base del marco legal ambiental en Guatemala, porque entre ellas se encuentran leyes de la más alta jerarquía que a su vez fueron la base para la creación de instituciones rectoras de algunos elementos del ambiente y los bienes naturales.

A partir del Decreto-Ley 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, se creó la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), que luego se elevó ministerio según el Decreto 90-2000.

La Constitución de 1985 sienta las bases jurídicas que determinan la estructura del estado y las normas que lo rigen, siendo el fundamento del marco político y legal ambiental.

El Decreto 68-86 regula la protección y mejoramiento del medio ambiente, así como el mantenimiento del equilibrio ecológico para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país, sentando las bases del resto de la normativa ambiental y de los elementos de política derivados de la misma. Los objetivos específicos de esta abarcan la protección, conservación y mejoramiento de los bienes naturales del país, la prevención, regulación y control de las causas que originan el deterioro, la contaminación y mal uso de los sistemas ecológicos, y la restauración del medio ambiente.

Además, esta ley busca orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población. Plantea el diseño de la política ambiental y la creación de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medioambiente.

En el 2008 el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) considera importante contar con un instrumento de política pública que oriente las acciones de las instituciones del estado y de los diferentes sectores de la sociedad en la temática, considerando trascendental impulsar la Política Nacional de Producción más Limpia, la cual se concretiza con la sanción del acuerdo gubernativo 258-210, en septiembre de este año. Esto se logró gracias al apoyo del Centro Guatemalteco de Producción más Limpia y el financiamiento de la Agencia delos Estados Unidos para el Desarrollo

Internacional (USAID) a través de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).

La importancia de esta política para el país radica en que es un instrumento importante para la política ambiental, con la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios, para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el deterioro ambiental, garantizando la calidad de vida a las generaciones presentes y futuras. Considerando la arista fundamental de la eficiencia energética en cada etapa de la transformación de los bienes y servicios ambientales.

2.3.4. Acuerdos de cooperación USAC

La Universidad San Carlos de Guatemala no se ha quedado al margen de los tratados para la Gestión Ambiental y con el objetivo de formar profesionales comprometidos con el medio ambiente, ha firmado acuerdos que permitan cumplir con los compromisos ambientales asumidos.

En el 2009 la Facultad de Ingeniería firmó un compromiso con el Programa de la Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional (USAID) de Excelencia Ambiental y Laboral para CAFTA-DR.

2.3.5. Normas aplicadas a los indicadores ambientales utilizados

Actualmente en Guatemala no hay normas para regular los factores ambientales tanto de confort como de calidad de aire, por lo que se utilizaron normas internacionales, algunas de ellas aunque no sean legalmente vinculantes, como las publicadas por la Sociedad Americana de Ingenieros de

Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento del Aire (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE). Se formularon para ayudar a los profesionales del acondicionamiento del aire en el diseño de sus instalaciones.

Las normas utilizadas son las siguientes:

- Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, esta norma establece la calidad del aire en el ambiente para la concentración de partículas menores de 10 micrones, PM₁₀. La norma establece como límite aceptable una concentración ≤ 120 microgramos/ metros cúbicos.
- La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional OSHA por sus siglas en inglés, estableció que el límite de exposición permisible (PEL o OSHA PEL) para el monóxido de carbono CO es ≤ 120 partes por millón.
- La norma ASHRAE estándar 62-1989, establece que el límite aceptable para el dióxido de carbono CO₂ es ≤ 1000 partes por millón.
- Para los compuestos orgánicos volátiles (COV) se utilizó la Norma 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990), la cual establece como límite aceptable ≤ 1000 partes por millón.
- La norma ANSI/ASHRAE 62.1-2004 establece que el rango estándar de valores del parámetro de humedad relativa recomendado para recintos cerrados, se debe encontrar entre el 30 y 65 por ciento.

- Para la temperatura de confort para recintos cerrados, la Norma ASHRAE 1991 establece que debe estar entre 20 a 24 grados celcius.
- En cuanto a las condiciones de iluminación en los centros de trabajo la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2005, establece la distinción moderada de detalles, niveles mínimos de iluminación es de 300 lux.
- Para el ruido la legislación colombiana en las resoluciones 8321 y 1792, expedidas por Ministerio de Salud y los Ministerios de Trabajo y Seguridad Social, establece valores límites permisibles para el ruido continuo por 3 horas el valor máximo es de 97decibeles.

2.4. Sistemas de Gestión Ambiental

El conjunto de acciones emprendidas por la sociedad, o parte de ella, con el fin de proteger el ambiente. Sus propósitos están dirigidos a modificar una situación actual a otra deseada, de conformidad a la percepción que sobre ella tengan los actores involucrados.

La gestión ambiental es un proceso permanente y de aproximaciones sucesivas, en el cual diversos actores públicos y privados y de la sociedad civil desarrollan un conjunto de esfuerzos específicos con el propósito de restaurar, preservar y utilizar de manera sostenible el ambiente. La gestión ambiental integra a todos los miembros de una organización en la tarea de alcanzar los objetivos y que dicho esfuerzo está regido por la alta dirección.

Un sistema de gestión ambiental debe incluir las siguientes actividades:

positivos. Así mismo, identifica e informa a las autoridades competentes los impactos generados desde el entorno hacia la empresa.

- **Mejoramiento continuo:** implementa y mantiene el Sistema de Gestión Ambiental, con el cual evalúa y mejora, de acuerdo con sus posibilidades tecnológicas y económicas.
- **Cumplimiento legal y compromisos:** más allá del cumplimiento de la normatividad ambiental vigente y aplicable, deben asumirse de manera voluntaria compromisos para contribuir al desarrollo sostenible.
- **Educación ambiental:** promover programas de sensibilización y formación ambiental entre la población (dirigentes, estudiantes, trabajadores), y comunidades que permitan la difusión de las políticas y del Sistema de Gestión Ambiental (SGA), así como fomentar las actitudes orientadas al mejoramiento continuo.
- **Participación en iniciativas globales:** vincular y adquirir compromisos para contribuir al desarrollo sostenible a nivel mundial.

2.4.1. Normas ISO 14000

La Norma ISO 14000 es un conjunto de estándares internacionales que definen los requisitos necesarios para el desarrollo e implementación de un sistema de gestión que asegure la responsabilidad ambiental de la entidad previniendo la contaminación pero considerando las necesidades socioeconómicas de la misma. Esta norma no tiene categoría de ley, es decir, su adopción no es de carácter obligatorio, sin embargo, la no adopción de esta norma limita a las empresas a competir únicamente en el mercado nacional,

debido a que internacionalmente es ya requisito contar con un sistema de gestión ambiental regido por el ISO 14000.

El proceso de implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) que permita alcanzar la certificación ISO 14000 puede desarrollarse en los mismos seis pasos que desarrollan el proceso de implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad y que vienen representados por seis palabras claves: idea, decisión, compromiso, actuación, control y mejora continua.

2.4.2. Requisitos de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

Todo Sistema de Gestión Ambiental, debe cumplir ciertos requisitos o procedimientos a seguir para su adecuada ejecución. A continuación se muestra otro modelo simplificado de implementación de un Sistema de Gestión Ambiental:

- Requisitos generales.
- Política ambiental
- Planificación
 - Aspectos ambientales
 - Requisitos legales y otros requisitos
 - Objetivos y metas y programas
- Implantación y funcionamiento
 - Estructura y responsabilidades
 - Formación, sensibilización y competencia profesional
 - Comunicación
 - Documentación del sistema de gestión ambiental
 - Control de la documentación

- Control operacional
- Planes de emergencia y capacidad de respuesta
- Comprobación y acción correctora
 - Seguimiento y medición
 - No conformidad, acción correctora y acción preventiva
 - Registros
 - Auditoría del sistema de gestión ambiental
- Revisión por la dirección (gerencia)

2.4.3. Auditorías ambientales (Norma ISO 14010)

La auditoría ambiental es un instrumento valioso para verificar y ayudar a mejorar el desempeño ambiental. Una auditoría ambiental se debe centrar en un tema objeto claramente definido y documentado. La parte (o partes), responsable por este tema también debe estar claramente identificada y documentada.

La auditoría solo se debe emprender si, luego de consultar al cliente, el auditor jefe opina que:

- Existe información suficiente y apropiada sobre el tema objeto de la auditoría
- Existen recursos adecuados para respaldar el proceso de auditoría y
- Se cuenta con la adecuada cooperación por parte del auditado.

2.5. Indicadores ambientales

En una reunión celebrada el 31 de agosto de 2001 en Johannesburgo con motivo de la Cumbre Mundial sobre el desarrollo sostenible, se aprobó la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible (ILAC) que establece la posición de la región respecto del desarrollo sostenible. Las metas orientadoras y los propósitos indicativos concernientes a los indicadores en la ILAC son: desarrollar e implementar un proceso de evaluación para dar seguimiento al avance en el logro de los objetivos del desarrollo sostenible, incluyendo los resultados del plan de acción de Johannesburgo, adoptando sistemas de indicadores de sostenibilidad, a nivel nacional y regional, que respondan a las particularidades sociales, económicas y políticas de la región.

Se han emprendido esfuerzos para crear una cultura que propicie la formulación y la utilización de indicadores ambientales y de sostenibilidad para la vigilancia y la toma de decisiones en América Latina y el Caribe. La necesidad de evaluar y dar seguimiento a los avances en el logro de los objetivos del desarrollo sostenible, incluidos los resultados de los objetivos del milenio para el desarrollo y el plan de Johannesburgo, acentúa este desafío común que enfrenta la región. Sin embargo, los esfuerzos emprendidos a nivel local, nacional, subregional y regional no han podido hasta el momento producir un conjunto de indicadores comunes que sea utilizado por los países de la región para obtener información precisa aplicable a la toma de decisiones.

La agenda estratégica nacional ambiental y de recursos naturales 2000-2004, señala de manera general las estrategias, los ejes temáticos, los objetivos y las metas de corto, mediano y largo plazo para el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Esta agenda define en su numeral 4.3.4.2 a los

indicadores como estadísticas o parámetros que proporcionan información y/o tendencias sobre las condiciones y fenómenos ambientales.

Los indicadores deben proveer información que permita tener una medida de la efectividad de las políticas ambientales. Se define como prioridad para el país el avance del proceso de elaboración, registro y divulgación de información estadística basada en indicadores ambientales. Se definen indicadores distribuidos en los temas de agua de consumo, aire, desechos sólidos, energía, materia prima, lodos, agua residual, rutas de evacuación de desechos y reciclaje.

Es bajo este marco legal y conceptual que se definió como objetivo general, que se definieran indicadores bajo las siguientes consideraciones:

- Utilizar el sistema de Estado-Presión-Impacto-Respuesta (EPIR).
- Estar basado en el conocimiento vinculante entre ambiente y salud.
- El indicador debe ser sensitivo a cambios en las condiciones de interés.
- Ser consistente y comparable en todo tiempo y espacio.
- Ser enérgico y no afectarse por un cambio menor en la metodología o escala usada para su construcción.
- Tener credibilidad científica.
- Ser fácilmente entendible.
- Estar basado sobre datos de conocimiento y calidad aceptable.
- Ser selectivo para ayudar a priorizar la clave de los problemas.

2.6. Desarrollo sostenible

Se llama desarrollo sostenible aquel desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y

posibilidades de las futuras generaciones. Intuitivamente una actividad sostenible es aquella que se puede mantener.

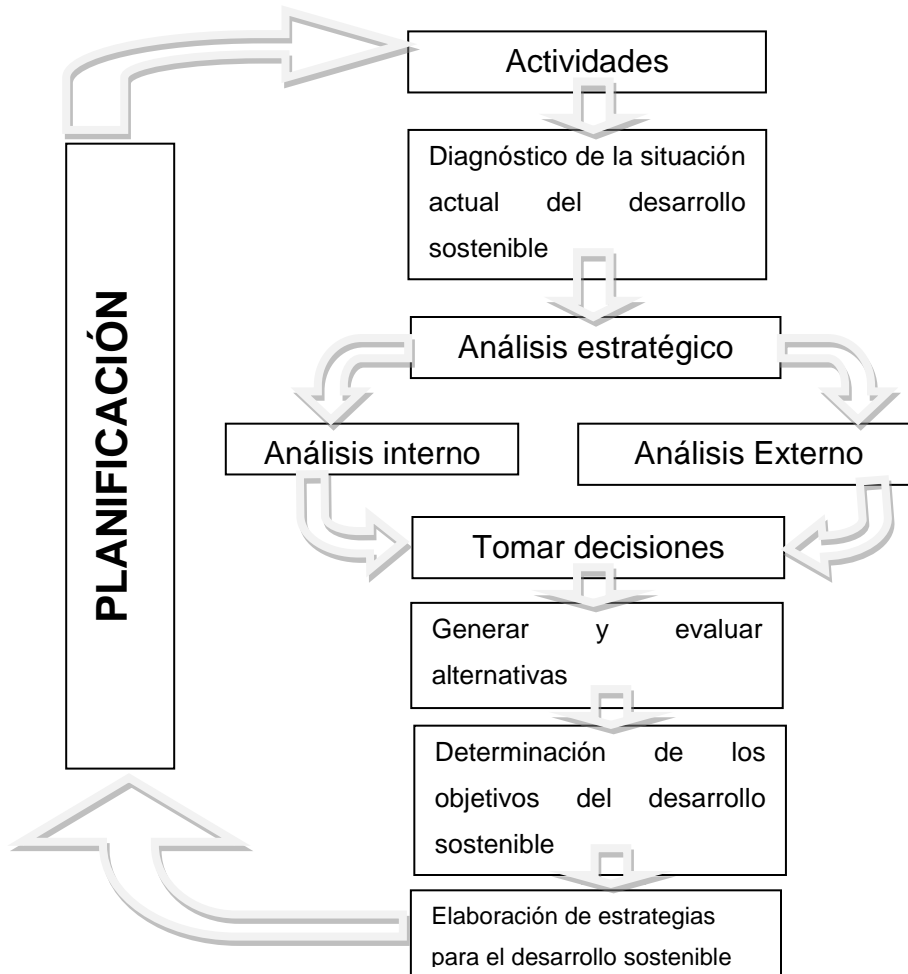
Para realizar programas y proyectos de desarrollo sostenible de corto, mediano y largo plazo, se deben desarrollar métodos, modelos o prácticas lo cual se llevan a cabo en tres pasos:

- La investigación es un proceso permanente que plantea el conocimiento de la relación dinámica entre la estructura de una región en relación con los ecosistemas que lo sustentan y sus efectos sobre la sostenibilidad. Debe llevarse a cabo en dos frentes: interno y externo. La mayoría de las organizaciones se refieren a la actividad de recolección de datos, como auditoría interna y auditoría externa. La Investigación se necesita a nivel interno, con el objeto de identificar debilidades y fortalezas claves. En cambio la investigación externa tiene como objetivo verificar o explorar la cantidad de información estratégica que se puede publicar en un tiempo dado. El proceso de recolectar y analizar información de investigación externa frecuentemente se denomina exploración experimental.
- El análisis, es la segunda actividad que se requiere en la formulación de una estrategia. La comparación de las debilidades y fortalezas internas de la región con las oportunidades y amenazas externas es esencial para la formulación de estrategias de desarrollo sostenible. La comparación o enfrentamiento significa realizar un cotejo entre factores internos y externos con el objeto de formular estrategias factibles. La herramienta analítica fundamental de comparación es la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas).

- Toma de decisiones, es una actividad dirigida a adoptar decisiones con respecto a los objetivos por fijar y las estrategias por seguir. Ninguna organización posee recursos ilimitados, por ello los gerentes deben escoger entre varias estrategias opcionales, que posiblemente darían mejores beneficios.

El objetivo de la planificación estratégica del desarrollo sostenible es proporcionar alternativas se lleva a cabo siguiendo los pasos metodológicos contemplados en la siguiente figura:

Figura 2. **Planificación estratégica del desarrollo sostenible**



Fuente: elaboración propia.

2.7. **Buenas prácticas ambientales en el laboratorio**

En los laboratorios se manejan elementos peligrosos, sustancias combustibles, corrosivas o tóxicas, reactivos, disolventes, limpiadores, material punzante o cortante, materiales infecciosos, contaminantes. Además se genera un volumen creciente de residuos, sobre todo plásticos, procedentes del

material de un solo uso y residuos peligrosos (en algunos laboratorios se generan también residuos sanitarios); todos estos residuos requieren una gestión adecuada para evitar daños ambientales y a las personas.

2.7.1. Buenas prácticas en la utilización de recursos

Optimizar los procesos, procedimientos y métodos de trabajo, organizar adecuadamente el almacenamiento de materias primas, de productos, de suministros, reduce las pérdidas de recursos, de tiempo y de energía, evitando la generación de residuos, vertidos y emisiones, minimizando los riesgos, tanto para la salud como para el medio ambiente.

2.7.1.1. Suministros

Todo laboratorio cuenta con determinado tipos de suministros para su funcionamiento, los cuales también deben ser analizados para minimizar sus efectos ambientales al ser utilizados en el laboratorio. A continuación se agrupan y enumeran los procedimientos que se deben realizar para prevenir los efectos ambientales adversos:

- Equipos y utensilios
 - Solicitar equipos que tengan los efectos menos negativos para el medio (con fluidos refrigerantes no destructores de la capa de ozono, con bajo consumo de energía y agua, baja emisión de ruido).
 - Adquirir adaptadores de corriente para evitar el uso de pilas.
 - Elegir los útiles más duraderos y con menos consumo, en su elaboración, de recursos no renovables y energía.

- Adquirir extintores sin halones (gases destructores de la capa de ozono).
- Materias y productos
 - Conocer el significado de los símbolos o marcas ecológicos como las ecoetiquetas de AENOR Medio Ambiente, Angel Azul, Certificación FSC (Consejo de Gestión Forestal), Distintivo de Garantía de Calidad Ambiental, Etiqueta ecológica de la Unión Europea, Cisne Escandinavo.
 - Elegir, en lo posible, materiales y productos ecológicos con certificaciones que garanticen una gestión ambiental adecuada.
 - Proponer la compra de pilas recargables o menos peligrosas (sin mercurio ni cadmio).
 - Utilizar, en lo posible, productos en envases fabricados con materiales reciclados, biodegradables y que puedan ser reutilizados o por lo menos retornados a los proveedores.
 - Evitar productos en aerosoles, los recipientes rociadores con otros sistemas son tan eficaces y menos dañinos para el medio.
 - Comprar evitando el exceso de envoltorios y de envases de la mayor presentación posible, que permita reducir la producción de residuos de envases.
- Productos químicos, de desinfección y limpieza
 - Conocer los símbolos de peligrosidad y toxicidad.
 - Comprobar que los productos están correctamente etiquetados, con instrucciones claras de manejo (seguridad y protección del medio ambiente, requisitos de almacenamiento, fechas de caducidad, actuaciones en caso de intoxicación).

- Elegir los productos químicos y de desinfección y limpieza entre los menos agresivos con el medio (detergentes biodegradables, sin fosfatos ni cloro; limpiadores no corrosivos, sin cromo).
- Papel:
 - Adquirir papel reciclado y sin blanqueadores a base de cloro.

2.7.1.2. Almacenaje

El almacenaje de suministros en los laboratorios, puede convertirse en un riesgo de contaminación si no se aplican buenas prácticas. A continuación se enumeran los procedimientos más importantes que se deben de llevar a cabo:

- Limitar la cantidad de productos peligrosos en los lugares de trabajo.
- Almacenar los productos y materiales, según criterios de disponibilidad, alterabilidad, compatibilidad y peligrosidad.
- Garantizar que los elementos almacenados puedan ser perfectamente identificados.
- Cerrar herméticamente y etiquetar adecuadamente los recipientes de productos peligrosos para evitar riesgos.
- Observar estrictamente los requisitos de almacenamiento de cada materia o producto.
- Aislar los productos (inflamables, cancerígenos, pestilentes) del resto, almacenándolos según las normas previstas para ello e intercalar productos inertes entre los incompatibles.
- Colocar los productos de forma que cada tipo de peligrosidad ocupe el espacio en vertical, así en el caso de rotura de envases se afectarían únicamente productos de similar peligrosidad.

- Actualizar los listados de materiales y productos almacenados y gestionar las existencias para evitar la caducidad de productos.

2.7.1.3. Uso

Debido a las características del trabajo que se lleva a cabo en un laboratorio, debe disponerse de instrucciones adecuadas para el uso de materiales químicos, equipo e instrumentos de laboratorio y de recursos como agua y energía, a continuación se describen los procedimientos adecuados para las buenas prácticas en el laboratorio:

- Conocer y aplicar las buenas prácticas medioambientales de laboratorio.
- Evitar la mala utilización y el derroche.
- Buscar, para cada producto, la idoneidad del uso también desde una perspectiva medioambiental y, en su caso, valorar las posibilidades de sustitución.
- Estar al día y proponer métodos alternativos de mejora desde el punto de vista ambiental.
- Elegir entre los métodos y técnicas oficiales los más respetuosos con el medio (que empleen productos menos tóxicos y menos peligrosos, y que consuman menor cantidad de energía o de agua).

2.7.1.3.1. Uso de equipos e instrumentos de laboratorio

Al trabajar en el laboratorio con equipo e instrumentos especiales, se deben de tomar todas las precauciones para evitar dañar el equipo, obtener resultados fiables y evitar cualquier tipo de riesgo para los estudiantes, por lo que se deben de seguir las siguientes reglas:

- Observar escrupulosamente las especificaciones técnicas y datos del fabricante, sobre instalación, uso y mantenimiento de los equipos e instrumentos del laboratorio.
- Calibrar cuidadosamente los equipos para evitar fallos que produzcan residuos.
- Tener en funcionamiento los equipos el tiempo imprescindible evitará la emisión de ruido.

2.7.1.3.2. Uso de materias y productos

Cuando se manejan compuestos químicos se está expuesto a reacciones químicas peligrosas si no se aplican buenas prácticas en el laboratorio, por lo que se debe tener en cuenta las siguientes normas:

- Comprobar que los productos están correctamente etiquetados, con instrucciones claras de manejo (seguridad y medio ambiente, requisitos de almacenamiento, fechas de caducidad, actuaciones en caso de intoxicación).
- Leer atentamente y seguir las instrucciones de uso de los productos.
- Cuidar la manipulación de reactivos y productos y también las muestras para evitar errores que hagan necesaria la repetición del procedimiento y por lo tanto el aumento de residuos.
- Conocer los riesgos y la peligrosidad para el medio ambiente de los productos químicos empleados.
- Identificar los riesgos de contaminación medioambiental derivados de la utilización incorrecta del instrumental y equipos de laboratorio.
- Aplicar las reglas de orden y limpieza para evitar riesgos ambientales.

- Emplear, en lo posible, los productos químicos más inocuos y cuidar la dosificación recomendada por el fabricante para reducir la peligrosidad de los residuos.
- Utilizar los productos hasta agotarlos por completo de forma que queden vacíos los envases para evitar contaminación.
- Reutilizar, en lo posible, las materias y también los envases.

2.7.1.3.3. Uso de agua

El agua es un recurso que tiene múltiples aplicaciones en el laboratorio, es uno de los recursos más valiosos y vitales, su uso eficiente dentro del laboratorio es un indicador importante para el programa ambiental, por lo que se debe cumplir las siguientes normas:

- No dejar correr el agua innecesariamente.
- Evitar el despilfarro de agua cerrando bien los grifos.

2.7.1.3.4. Uso de energía

El uso racional de la energía se debe promover dentro del laboratorio y concientizar al estudiante de la importancia de este recurso. Dentro de las normas que se deben cumplir en el laboratorio se encuentran siguientes:

- Al calentar, emplear recipientes adecuados al tamaño de las placas calefactoras. Tapar, cuando sea posible, los recipientes, si la placa calefactora es eléctrica se puede apagar unos minutos antes de acabar el calentamiento para aprovechar el calor residual.

- En el uso de frigoríficos, estufas y hornos cerrar bien las puertas, evitar abrir innecesariamente y evitar introducir productos aún calientes en los frigoríficos.
- Iluminación: aprovechar al máximo la luz natural, acabar las paredes en blanco, colocar temporizadores, emplear lámparas de bajo consumo, si se usan tubos fluorescentes no apagarlos y encenderlos con frecuencia, ya que el mayor consumo se produce en el encendido.

2.7.1.4. Mantenimiento

El mantenimiento de un laboratorio, se centra principalmente en la limpieza, orden y buen funcionamiento de las instalaciones y equipo del mismo, con el fin de que durante las prácticas no se desperdicien los recursos y se desarrollen correctamente, por lo que se deben cumplir las siguientes normas:

- Mantener los equipos e instrumentos de laboratorio siguiendo escrupulosamente las especificaciones técnicas y datos del fabricante, para optimizar el consumo de materias, agua y energía, minimizar la emisión de gases de los CFC (gases refrigerantes que destruyen la capa de ozono) y evitar la producción de residuos.
- Solicitar la limpieza periódica de las lámparas y luminarias.
- Mantener limpias las juntas de las puertas de los frigoríficos de forma que cierren herméticamente y solicitar que se limpien al menos una vez al año los serpentines.
- Controlar la acometida de agua para detectar fugas y evitar sobreconsumos de agua por averías y escapes.

2.7.2. Buenas prácticas en el manejo de desechos y residuos

Los residuos y desechos generados como consecuencia de la actividad de los laboratorios es uno de los problemas más difíciles de tratar, debido a la naturaleza de los mismos, esto hace fundamental la aplicación de las siguientes reglas para contribuir a una gestión ambientalmente correcta:

- Utilizar elementos que contengan materiales reciclados como plásticos y papel reciclados.
- Utilizar productos cuyos envases posean una elevada aptitud para ser reciclados.
- Manejar los residuos evitando daños ambientales y a la salud de las personas.
- Informándose de las características de los residuos y de los requisitos para su correcta gestión.
- Separar correctamente los residuos.
- Presentar por separado o en recipientes especiales los residuos susceptibles de distintos aprovechamientos o que sean objeto de recogidas específicas.
- Depositar los residuos en los contenedores determinados para ello.
- Seguir las pautas establecidas en el caso de residuos objeto de servicios de recogida especial.

2.7.3. Clasificación de residuos

La caracterización, selección e identificación de los residuos es básica en el programa de gestión de residuos para evitar riesgos debidos a una manipulación, transporte o almacenamiento inseguros; asimismo, facilita el tratamiento que debe efectuarse para su eliminación.

Los residuos generados en los laboratorios se pueden diferenciar en residuos no peligrosos (asimilables a urbanos) y residuos químicos peligrosos. En el caso de los laboratorios se han establecido los siguientes grupos de clasificación de los residuos químicos peligrosos, teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los mismos, las posibles reacciones de incompatibilidad en caso de mezcla y el tratamiento final de los mismos. Para el caso que nos ocupa, se realizó la siguiente clasificación:

- Grupo I, disolventes halogenados: son los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2 por ciento de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. También mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2 por ciento.

Figura 3. **Clasificación de disolventes halogenados**

Grupo	Disolventes
Hidrocarburos alifáticos	Cloroformo, cloruro de metileno, tricloroetileno, tetracloruro de carbono, triclorotrifluoretano, bromometano, iodometano
Hidrocarburos aromáticos	Clorobenceno, diclorobenceno, diclorofenol, diclorotolueno, bromobutano, bromotolueno, clorotolueno, iodobenceno, hexafluorobenceno
Alcoholes halogenados	Tricloroetanol, cloropropanol, alcohol clorobencilico, fluoroetanol
Aminas halogenadas	Bromoanilina, iodoanilina, clorobencilamina, dicloroanilina, tricloroanilina.
Amidas halogenadas	Bromoacetanilida, cloroacetamida,
Ésteres halogenados	Bromoacetatos, cloroacetatos, cloropropionatos, cloroformiatos

Fuente: Morrison R. Boyd. Química Orgánica. p.123.

- Grupo II, disolventes no halogenados: se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2 por ciento en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos. Es importante, dentro de este grupo, evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles ya que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento posterior.

Figura 4. **Clasificación de disolventes no halogenados**

Grupo	Disolventes
Hidrocarburos cíclicos	Ciclohexano, metilciclohexano
Derivado de hidrocarburos alifáticos	Pentano, hexano, decano, dimetilformamida
Hidrocarburos aromáticos	Benceno, tolueno, xileno, estireno, cumeno
Alcoholes	Metanol, etanol, isopropanol, butanol, etilenglicoles, polialcoholes, alcohol alílico, alcohol amílico
Cetonas	Acetona, metilbutilcetona, propanona, cetonas aromáticas, ciclohexilbutilcetona
Ésteres	Acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de butilo, acetato de amilo, acrilatos, lauratos
Aminas alifáticas	Butilamina, metilamina, trietilamina
Resinas no halogenadas	
Aminas aromáticas	Anilina, toluidina, nitroaliniina, metilaniina, fenilpiperacina, cloroanilina, fenilendiamina
Hidrocarburos aromáticos policiclicos	Antraceno, bifenilo, naftaleno, fluoreno, indeno, pireno
Compuestos sulfurados	Tiofenol, sulfuro de dialilo, sulfuro de dimetilo, difenilo disulfuro, etanotiol
Otros	Dimetilsulfoxido, sulfuro de carbono, dioxano, tetrahidrofurano, sulfato de metilo, sulfato de etilo

Fuente: Morrison R. Boyd. Química Orgánica. p.123.

- Grupo III, disoluciones acuosas: este grupo corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer subdivisiones, tal como se indica a continuación. Estas subdivisiones son necesarias, ya sea para evitar reacciones de incompatibilidad o por requerimiento de su tratamiento posterior, se presentan a continuación. Las soluciones acuosas inorgánicas están compuestas de lo siguiente:
 - Soluciones acuosas básicas: hidróxido sódico, hidróxido potásico

- Soluciones acuosas de metales pesados: níquel, plata, cadmio, selenio
 - Soluciones acuosas de cromo VI
 - Otras soluciones acuosas inorgánicas: sulfatos, fosfatos, cloruros
 - Soluciones de fijadores orgánicos: formol, fenol, glutaraldehído
 - Mezclas agua/disolvente: eluyentes de cromatografía, metanol/agua
-
- Grupo IV; ácidos: corresponden a este grupo los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen). Debe tenerse en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, debe realizarse una prueba con pequeñas cantidades y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

 - Grupo V, aceites: este grupo corresponde a los aceites minerales derivados de muestras analizadas, operaciones de mantenimiento, entre otros. En el caso que exista la sospecha de que los aceites estén contaminados con compuestos bifenilos policíclicos (PCB's) se recomienda recogerlos separadamente, para facilitar su eliminación.

 - Grupo VI, sólidos: se clasifican en este grupo los productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos. No pertenecen a este grupo los reactivos puros obsoletos en estado sólido (grupo VII). Se establecen los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de sólidos:

- Sólidos orgánicos: productos químicos de naturaleza orgánica o contaminados con productos químicos orgánicos como por ejemplo, carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
- Sólidos inorgánicos: productos químicos de naturaleza inorgánica, por ejemplo, sales de metales pesados.
- Material desechable contaminado: material contaminado con productos químicos, en este subgrupo se pueden establecer otros subgrupos de clasificación, por la naturaleza del material y la naturaleza del contaminante y teniendo en cuenta los requisitos marcados por el gestor autorizado.
- Grupo VII, especiales: este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados. Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos, se dan unos ejemplos a continuación:
 - Comburentes (peróxidos)
 - Compuestos pirofóricos (magnesio metálico en polvo)
 - Compuestos muy reactivos tales como ácidos fumantes
 - Cloruros de ácido (cloruro de acetilo)
 - Metales alcalinos (sodio, potasio)
 - Hidruros (borohidruro sódico, hidruro de litio)
 - Compuestos con halógenos activos (bromuro de benzilo)
 - Compuestos polimerizables (isocianatos, epóxidos)
 - Compuestos peroxidables (éteres)

- Restos de reacción, productos no etiquetados
- Compuestos muy tóxicos (tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, entre otros)
- Compuestos no identificados

2.7.4. Residuos asimilables urbanos

Estos residuos son objeto de recogida domiciliaria para lo que se depositarán en los contenedores o se observarán las normas que en cada caso de conformidad con la normativa legal vigente.

2.7.5. Vertidos líquidos

Para los vertidos que por sus características no causan efectos perjudiciales en colectores y estaciones depuradoras, ni riesgos para el personal de mantenimiento de la red, ni alteran los procesos de depuración biológica de las aguas residuales, conviene solicitar a la entidad titular del colector la autorización de vertido a las redes de saneamiento públicas.

En el caso que los vertidos generados sobrepasen los límites establecidos de contaminantes, se deben efectuar en las instalaciones de la actividad los pretratamientos necesarios para garantizar las limitaciones establecidas. Se deben instalar los dispositivos necesarios para toma de muestras y para medir el caudal de vertido.

Está prohibido verter a la red de colectores públicos:

- Materias que impidan el correcto funcionamiento o el mantenimiento de los colectores.

- Sólidos, líquidos o gases combustibles, inflamables o explosivos, irritantes, corrosivos o tóxicos.
- Microorganismos nocivos o residuos reactivos de forma que se infrinjan las reglamentaciones establecidas al respecto.
- Reducir los vertidos
 - Realizando los procesos cuidadosamente para evitar errores y repeticiones.
 - Estableciendo medidas para corregir situaciones de derrame.
 - Evitando la necesidad de limpieza.
 - Eligiendo los agentes de limpieza que permitan reducir la contaminación por vertido tanto en volumen como en peligrosidad.
 - Recogiendo los vertidos, segregándolos en origen, realizando pretratamientos antes de verterlos o entregándolos a gestores autorizados.
 - Reducir, en lo posible las emisiones.
 - COV: reducir las emisiones manteniendo cerrados los recipientes de los disolventes y usando las campanas extractoras adecuadamente.
 - CFC: reduciendo el uso del aire acondicionado, manteniendo adecuadamente los equipos de refrigeración que los contengan y evitando el uso de aerosoles.
 - Ruido: empleando equipos y utensilios menos ruidosos y manteniéndolos desconectados cuando no se estén utilizando.

2.7.6. Etiquetado e identificación de los envases

Todos los residuos y sus recipientes deberán estar identificados (indicación del productor) y correctamente etiquetados (indicación del contenido) de acuerdo con las disposiciones legales de cada país sobre clasificación, envasado y etiquetado.

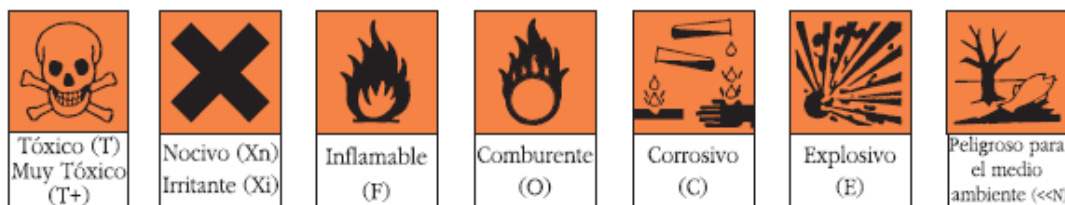
Debe tenerse en cuenta que un residuo es frecuentemente una sustancia o un preparado peligroso, y tiene que estar claramente advertido para que su manipulación pueda efectuarse en las condiciones de seguridad apropiadas.

La identificación de los residuos químicos peligrosos debe incluir los datos de la empresa productora, el nombre del responsable del residuo y las fechas de inicio y final de llenado del envase.

La función del etiquetado es permitir una rápida identificación del residuo así como informar del riesgo asociado al mismo, tanto al usuario como al gestor, por lo que la etiqueta identificativa, además de los datos anteriores, debería incluir lo siguiente:

- Pictogramas e indicaciones de peligro, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación vigente.
- Los riesgos específicos y consejos de prudencia que correspondan.
- Un espacio en blanco donde el productor hará constar el principal componente tóxico o peligroso del residuo (metanol, metales pesados, cromo, plomo, entre otros).

Figura 5. Pictogramas para etiquetado



Fuente: <http://www.sprl.upv.es>. [Consulta: septiembre de 2012]

Para facilitar la identificación del residuo, se propone asimismo la utilización de etiquetas de diferentes colores en función del grupo al que pertenezca el residuo químico peligroso.

- Grupo I: etiqueta de color naranja
- Grupo II: etiqueta de color verde
- Grupo III: etiqueta de color azul
- Grupo IV: etiqueta de color rojo
- Grupo VI: etiqueta de color amarillo
- Grupo VII: etiqueta de color lila

3. METODOLOGÍA

3.1. Definición de las variables

En esta sección se describen las variables independientes y las dependientes del marco metodológico. Entre los principios que se utilizarán en la metodología de investigación se encuentra el análisis de las seis R's del reciclaje:

- Antes del proceso
 - Rechazar: la materia prima en mal estado o que no cumple con los estándares.
 - Reducir: el consumo cotidiano de recursos (como la energía y el agua) y de productos nocivos.
- Durante la operación
 - Reparar: equipo, materiales o corregir procedimientos.
- Después del proceso, con los desechos
 - Reutilizar: sacarle el máximo partido a los productos y con un mínimo impacto sobre el ambiente, utilizándolos varias veces siempre que sea posible.
 - Reusar: emplear los desechos dándoles un uso diferente para el que fueron creados, cuando no es posible reutilizarlos.
 - Reciclar: consiste en el aprovechamiento de los residuos de ciertos materiales a través de una serie de procesos. Estos pueden ser desechos y luego vueltos a rehacer como nuevos. De este modo

pueden ser aprovechados nuevamente. Por ejemplo el papel, el vidrio, los diferentes plásticos reciclables en sus diferentes versiones (bolsas, garrafones, botellas).

3.1.1. Variables independientes

En el análisis del proceso se establecieron las variables involucradas en el problema a resolver, se determinaron las variables independientes las cuales se presentan en la tabla siguiente:

Tabla I. Variables involucradas en el estudio

VARIABLES	UNIDAD	Factor Potencial de Diseño	
		Constantes	Variables
Consumo de energía eléctrica	KWH		X
Consumo de agua	m ³		X
Consumo de papel	Kg		X
Desechos Sólidos	Kg		X
Desechos Líquidos	m ³		X
Iluminación	Lux		X
Ruido	dB		X
Temperatura ambiente	°C		X
Humedad Relativa	%		X
DFI	ppm		X
PM ₁₀	ppm		X

Continuación de la tabla I.

CO	ppm		X
CO₂	ppm		X

Fuente: elaboración propia

3.1.2. Variable dependiente

Se estableció que la variable dependiente es el desarrollo de un programa ambiental en los Laboratorios de Química, Biología y Microbiología del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El desarrollo e implementación de un programa ambiental se llevará a cabo en los Laboratorios de Química, Biología y Microbiología del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur ITUGS.

3.2.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio que se aplicará en el presente trabajo de graduación es el descriptivo, ya que se analizará cómo es y cómo se manifiesta el fenómeno y sus componentes, siendo en este caso el fenómeno el desarrollo de un programa ambiental en los laboratorios.

Su alcance es la implementación de un programa ambiental en los laboratorios y un plan de acción correctivo y preventivo para minimizar efectos

adversos en el medio ambiente. Se recopilarán los datos sobre la base de la hipótesis de las mejores opciones de reducción de los desechos para luego analizar minuciosamente los resultados, a fin de obtener generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento de las posibles mejoras ambientales.

3.2.2. Diseño general

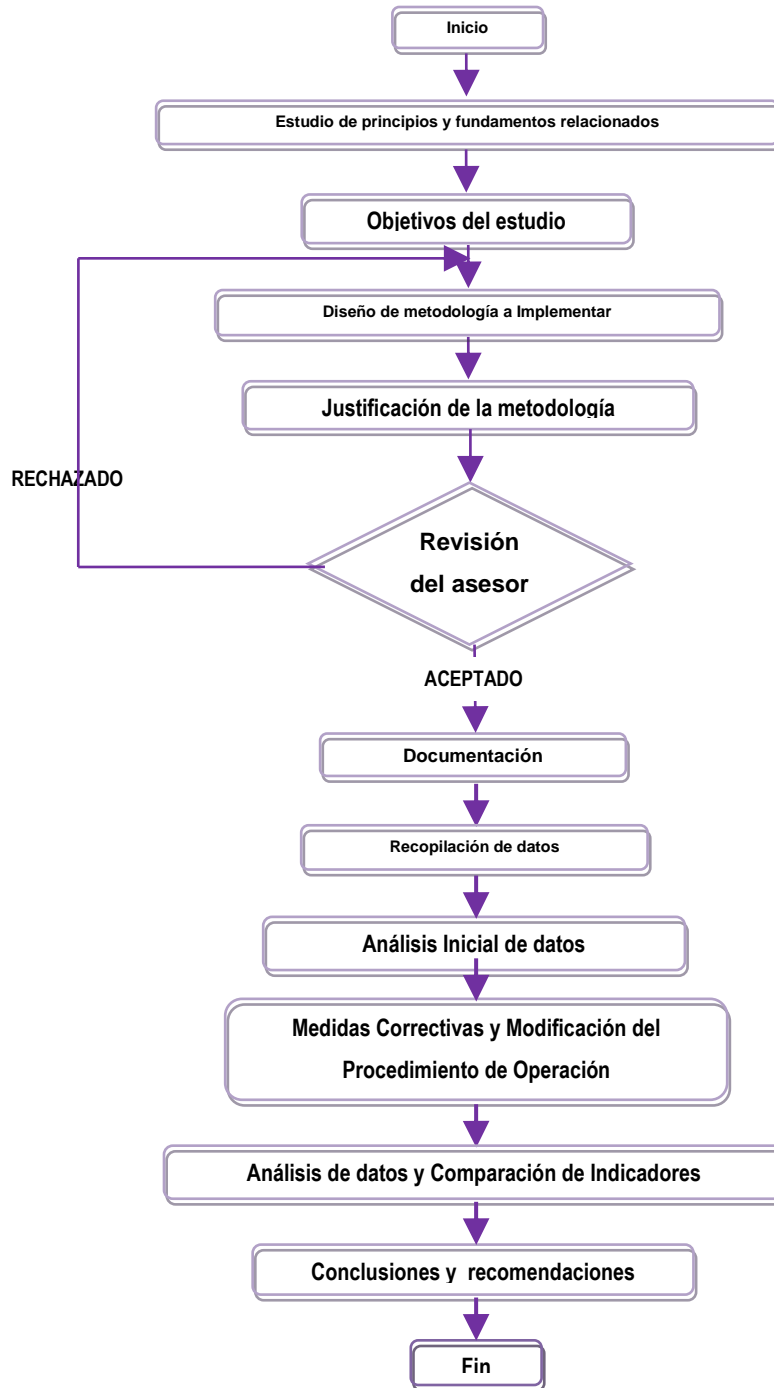
El tipo de diseño a aplicar en el presente trabajo de graduación es cuantitativo y cualitativo no experimental con un tipo de investigación transeccional.

Se utilizará el diseño no experimental ya que el propósito del mismo se basa en variables que se dan en la realidad sin la intervención directa del investigador.

El diseño elegido corresponde con el enfoque cuantitativo pues se busca el procesamiento de los datos recopilados a través de aplicaciones matemáticas, entre otras disciplinas, para la determinación de las oportunidades de reducción de consumo de recursos y de desechos al ambiente. Por medio de la aplicación de este tipo de diseño se evaluará el procedimiento actual que utilizan los laboratorios para el manejo de desechos y el consumo de recursos, para luego proponer las mejoras pertinentes hasta llegar al desarrollo del programa ambiental.

A continuación se presenta el diagrama simplificado del diseño a utilizar.

Figura 6. Diagrama de flujo del diseño general



Fuente: elaboración propia

3.2.3. Universo de estudio

El estudio se realizará en los Laboratorios de Química, Biología y Microbiología del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS), el cual se encuentra ubicado en el kilometro 45 Palín, Escuintla.

3.3. Recursos humanos disponibles

El recurso humano que intervendrá en la presente investigación son encuentran todos los involucrados de manera directa o indirecta en los laboratorios del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS).

- Investigadora
Ana Elizabeth Rodríguez Morales.

- Asesor
Ingeniera Química Elia Melina Monroy García Coordinadora del Área de Producción Alimentaria del ITUGS.

- Colaboradores
Técnicos del Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia, Instructores y catedráticos de los Laboratorios de Química, Biología y Microbiología del ITUGS.

Estudiantes del ITUGS de los Laboratorios de Química, Biología y Microbiología.

3.4. Recursos materiales disponibles

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación se hizo uso de los materiales y equipo disponible en los laboratorios del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, además se utilizó equipo especial que pertenece al Centro de Producción Más Limpia.

3.4.1. Equipo

A continuación se lista el equipo especial que pertenece al centro de Producción más Limpia, dicho equipo se utilizó para medir los parámetros de calidad de aire y factores ambientales.

- Luxómetro
- Decibelímetro
- Higrómetro
- Medidor de calidad de aire

3.4.2. Instrumentos de laboratorio

Se hizo uso de algunos instrumentos y equipo de laboratorio que sirvieron para medir el volumen, determinar el peso, medir el tiempo y el equipo de para llevar a cabo la investigación y desarrollar el presente trabajo.

- Termómetro de mercurio
- Balanza analítica
- Probetas de 20 ml
- Potenciómetro
- Beakers de 1000 ml

- Cronómetro
- Computadora
- Impresora

3.5. Técnica cuantitativa y cualitativa

El tipo de investigación que se aplicará en el estudio es transeccional, a nivel descriptivo con un enfoque epistemológico cualitativo y el tipo de investigación en aplicada.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Con el fin de establecer los puntos de monitoreo y control de las variables de interés se tomaron en cuenta los instructivos de cada uno de los laboratorios, se tomaron medidas, consumos y características fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas (de acuerdo al laboratorio) de los materiales consumidos y de los desechos producidos.

3.6.1. Indicador agua

Debido a que actualmente no se cuenta con medidores de flujo para los laboratorios, el consumo de agua se realizó recolectando el agua utilizada para lavado de manos y lavado de cristalería en un recipiente y se procedió a medir el volumen utilizado. A esto se le sumó la cantidad de agua que requería la práctica, según el instructivo. Esto se llevó a cabo con cada uno de los grupos de práctica y luego se hizo un promedio de lo utilizado por cada grupo para obtener el consumo de agua por una determinada práctica.

Al finalizar el semestre se hizo un promedio de consumo en todas las prácticas.

3.6.2. Indicador energía eléctrica

Actualmente no hay medidores de energía en ninguno de los laboratorios, por lo tanto el cálculo de la energía eléctrica se llevó a cabo tomando el consumo eléctrico de cada uno de los equipos que se utilizaron por práctica y se calculó el consumo total con el tiempo que se utilizó el equipo en cada práctica.

Adicional se calculó el consumo de energía eléctrica por iluminación sumando el consumo de cada una de las lámparas que estaban en uso para cada práctica. Se sumaron los datos anteriores y se hizo un promedio de todos los grupos que trabajaron en el laboratorio.

Al finalizar el semestre se hizo un promedio del consumo de cada una de las prácticas realizadas.

3.6.3. Indicador papel

Para calcular el consumo de papel se procedió a pesar el papel utilizado para el reporte de cada uno de los estudiantes, el papel de tareas adicionales entregadas y el utilizado para los exámenes. El total fue dividido dentro de la cantidad de estudiantes que realizaron las prácticas, para obtener un promedio semestral.

3.6.4. Indicador de residuos y desechos químicos

Para medir la cantidad de residuos y desechos químicos líquidos se procedió a medir la cantidad de desechos que generaron en cada práctica se midió su volumen en metros cúbicos y se anotó por cada grupo de práctica. Los químicos líquidos que actualmente generan son:

- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- Alcohol etílico al 70 por ciento
- Azul de toluidina
- Solución de lugol al 1 por ciento
- Sulfato de cobre
- Bicarbonato
- Glicerina
- Hierro en polvo

Otros materiales que utilizan para las prácticas son:

- Vino de naranja
- Infusión de Rosa de Jamaica
- Leche de vaca
- Plumas
- Café
- Sal
- Musgo
- Flores

- Clara de huevo
- Arena
- Indicador papel universal

Los residuos y desechos que generan están relacionados con los materiales antes mencionados o una mezcla de ellos, los cuales están descargando en los drenajes.

Los datos por práctica se obtuvieron a través de realizar un promedio de todos los datos obtenidos por grupo y al final del semestre, un promedio de todas las prácticas.

En el caso de los residuos y desechos sólidos, actualmente se utilizan materiales orgánicos como:

- Hojas de plantas
- Frutas
- Agar agar

Estos desechos y residuos se pesaron en cada práctica y por cada grupo de trabajo, para luego obtener el promedio por práctica y al final del semestre obtener un promedio de todas las prácticas realizadas. Estos desechos en la actualidad no tienen ningún tratamiento especial y son vertidos en los contenedores de basura.

3.6.5. Indicador factores ambientales

Para determinar los factores ambientales de confort tales como la iluminación adecuada, el nivel de ruido, el porcentaje de humedad relativa y la temperatura ambiente, se realizó el procedimiento siguiente:

- Iluminación: se solicitó al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia en calidad de préstamo el luxómetro SPER Scientific 84006. Se hizo la medición en cinco puntos diferentes dentro del laboratorio y se anotaron los valores y la hora de inicio de la medición. Al devolver el equipo al centro guatemalteco de Producción más Limpia se le indicó al técnico el horario en el que se utilizó el equipo y posteriormente se obtuvieron los datos.
- Ruido: se solicitó al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia en calidad de préstamo el decibelímetro, SPER Scientific 840013. Se hizo la medición en cinco puntos diferentes dentro del laboratorio y se anotaron los valores registrados.
- Humedad y temperatura: se solicitó al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia en calidad de préstamo el higrómetro Datalogger USB - WK057. El equipo se colocó en cinco puntos diferentes dentro del laboratorio, se registró la hora de inicio de la medición en cada punto donde se colocó el equipo por un tiempo de 5 minutos. Se devolvió el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia indicándole al técnico el horario en el que se utilizó el equipo y se obtuvieron las gráficas de temperatura y la humedad relativa.

Para medir la calidad de aire:

- Se solicitó al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia, en calidad de préstamo el medidor de calidad de aire, EVM SERIES. Se colocó el equipo en tres puntos diferentes dentro del laboratorio, registrando la hora de inicio de la medición. Por cada punto se colocó por un tiempo de 45 minutos. Se devolvió el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia indicándole al técnico el horario en el que se utilizó el equipo y se obtuvieron los valores de medición en función de PM10, CO (ppm), CO2 (ppm) y COV (ppm).

En los laboratorios que están en funcionamiento, se procederá a tomar las medidas cuando los alumnos estén corriendo las prácticas.

Se procederá posteriormente a la elaboración de un plan de acción e implementación del mismo para cada uno de los laboratorios. De acuerdo al plan elaborado se procederá a determinar e implementar los puntos de control que ayudaran a evaluar el buen funcionamiento de las acciones preventivas y correctivas recomendadas.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de información

Para el proceso de tabulación, ordenamiento y procesamiento de información, a continuación se describen las etapas para el proceso de la información obtenida en el estudio:

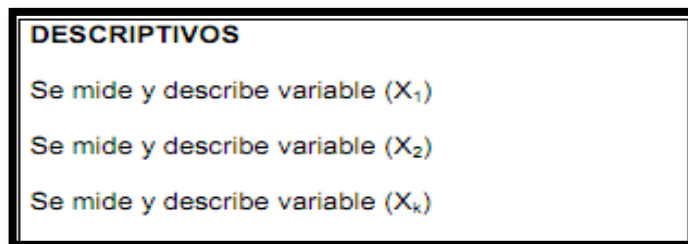
- Recopilar información sobre las prácticas realizadas por cada laboratorio y procedimientos de reporte y evaluación, horarios, densidad de población.
- Evaluar los procedimientos de los laboratorios e identificar los procesos críticos.

- Definir el enfoque del diagnóstico en base a los procesos críticos identificados.
- Elaborar balances de masa y energía para las prácticas del laboratorio.
- Identificar causas de ineficiencia en el uso de materia y energía y/o las causas de contaminantes.
- Plantear opciones de mejora.
- Seleccionar las opciones de mejora a ser evaluadas en términos técnicos y económicos.
- Seleccionar y presentar las opciones factibles.
- Establecer metas y preparar un plan de acción.
- Implementar las medidas recomendadas.
- Hacer seguimiento y evaluar los resultados de las medidas implementadas.
- Asegurar la continuidad del programa ambiental.

3.8. Análisis estadístico

Para el presente trabajo de investigación el análisis estadístico no aplica según el modelo de diseño general propuesto el cual es cuantitativo y cualitativo no experimental con un tipo de investigación transeccional.

Figura 7. Análisis estadístico



Fuente: elaboración propia.

Para el análisis del sistema de recuperación agua de lavadoras se hará uso de las herramientas estadísticas en las que se basa el control de un proceso. Dentro de las cuales se pueden mencionar:

- Promedio y desviación estándar:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad y \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{N}}$$

Donde:

\bar{x} = Promedio

σ = Desviación estándar

x_i = Serie de datos

N = Número de datos

- Límites de control

$$\text{Límite inferior} = \bar{X} - 3,09s \quad \text{Límite superior} = \bar{X} + 3,09s$$

Donde:

Límite inferior = Límite inferior de control

Límite superior = Límite superior de control

\bar{x} = Promedio

s = Desviación estándar

Estos límites surgen de la hipótesis de que la distribución de las observaciones es normal. En general se utilizan límites de 2 sigmas o de 3 sigmas alrededor del promedio. En la distribución normal, el intervalo de 3,09 sigmas alrededor del promedio corresponde a una probabilidad de 0,998.

3.9. Plan de análisis de los resultados

La primera parte del plan de análisis de los resultados, consiste en aplicar métodos y modelos para los datos y clasificar las variables, todo esta utilizando programas computarizados para el análisis de los resultados, como se describen a continuación:

3.9.1. Métodos y modelos de los datos según tipo de variables

En el desarrollo del presente documento se ha establecido el análisis de los estudios que tienen relación para alcanzar el objetivo general. En el estudio de consumo de materia y energía en los laboratorios se identifican variables como: consumo de materiales químicos y biológicos utilizados en las prácticas, consumo de energía utilizada tanto en la realización de la práctica como en el funcionamiento del laboratorio y el consumo de materiales que el laboratorio necesita para su funcionamiento. El estudio de los desechos generados en los laboratorios, tanto químicos como biológicos, sólidos o líquidos, generación de energía o humedad que representen un contaminante.

En las variables antes mencionadas se analizará variación temporal puesto que se tomaran muestras en diferentes intervalos de tiempo, dependiendo del funcionamiento del laboratorio. Los resultados para el estudio de reducción de desechos serán analizados matemáticamente.

Los resultados para el estudio de la implementación programa ambiental serán analizados gráficamente, debido a que de esta manera es posible analizar el comportamiento de los parámetros del sistema.

3.9.2. Programas a utilizar para el análisis de datos

Entre los programas computarizados a utilizar para el análisis de datos se encuentra Microsoft Excel para la tabulación y ordenamiento de los datos, Word para la elaboración del informe y Power Point para la elaboración de la presentación del informe, todos los programas son parte del paquete de Microsoft Office 2007.

4. RESULTADOS

Al obtener los datos de la investigación, se presentan a continuación las tablas con los resultados separados por laboratorio y su categoría, cada uno con una breve descripción de las condiciones actuales.

Tabla II. **Consumo de papel**

Laboratorio	Indicador (Kg/practica por persona)	Condiciones actuales
Química	0,055	Actualmente los reportes se entregan por alumno por práctica, siguiendo el formato establecido por el Departamento de Química, sin regulación de ningún tipo
Microbiología	0,04	
Biología	0,042	

Fuente. elaboración propia.

Tabla III. **Consumo de agua**

Laboratorio	Indicador (m³/practica)	Condiciones actuales
Química	2,2	No se cuenta con medidores de flujo para tener un dato exacto del consumo de agua por laboratorio. El agua se obtiene de un pozo que provee para todas las instalaciones y se usa sin limitaciones.
Microbiología	0,98	
Biología	1,2	

Fuente. elaboración propia.

Tabla IV. **Consumo de energía eléctrica**

Laboratorio	Indicador (KWH/practica)	Condiciones actuales
Química	3,9	No se cuenta con contadores de energía eléctrica para determinar el consumo exacto de la misma. Las luces de los laboratorios permanecen encendidas durante todo el tiempo, aun cuando no se esté trabajando en ellos, a excepción del Laboratorio de Microbiología, el mayor consumo lo represente la iluminación.
Microbiología	46,5	
Biología	3,85	

Fuente. elaboración propia.

Tabla V. **Desechos y residuos de químicos líquidos**

Laboratorio	Indicador (m³/practica)	Condiciones actuales
Química	0,12	Actualmente los desechos y residuos de químicos líquidos son desechados en el drenaje
Biología	0,00	
Microbiología	0,00	

Fuente. elaboración propia.

Tabla VI. **Desechos y residuos biológicos y químicos sólidos**

Laboratorio	Indicador (Kg/practica)	Condiciones actuales
Química	0,015	Los residuos y desechos sólidos se tiran al contenedor de basura general, en donde todavía no tiene un sistema de separación de desechos. Estos residuos se almacenan en bolsas hasta conseguir de forma gratuita el medio para desecharlos apropiadamente.
Biología	0,03	
Microbiología	0,08	

Fuente. elaboración propia.

Tabla VII. **Factores ambientales**

Laboratorio	Iluminación lux	Ruido dB	Temperatura °C	Humedad %
Química	149	58	25,1	66,2
Biología	237	58	25,3	65,6
Microbiología	130	59	25,2	65,6
Limite	300 min ^a	97 max ^b	24 max ^c	65 max ^d
Laboratorio	CO ppm	CO ₂ ppm	PM10 mg/m ³	COV ppm
Química	0	485	0	0
Biología	0	457	0	0
Microbiología	0	453	0	0
Limite	50 max ^e	5000 max ^f	0,150 max ^g	1000 max ^h

^a Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2005

^b Legislación colombiana, valores límites permisibles para el ruido continuo resoluciones 8321 y 1792,

^c Norma ASHRAE 1991.

^d Norma ANSI/ASHRAE 62.12004

^e CO PEL-TWA (OSHA), aceptable ≤ 120 ppm;

^f CO₂ ASHRAE ESTÁNDAR 62-1989, aceptable ≤ 1000 ppm;

^g Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193, PM10, aceptable ≤ 120 microgramos/ m³; COV

^h NORMA 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990). aceptable ≤ 1000 ppm

Fuente. elaboración propia.

Tabla VIII. Plan de mejora línea de agua

Indicador		m ³ /por practica									
Metas		Optimizar el uso del recurso									
Propuestas de mejora		Análisis de las practicas a realizar					Concientización del uso adecuado del recurso				
Tareas	Instalar contadores de agua para cada laboratorio	Instalar contadores de agua para cada laboratorio	Analizar las prácticas, en donde se pueda reutilizar o reusar el agua	Definir en los instructivos el procedimiento de recolección, almacenamiento o uso que se le dará al agua	Coltar envases plásticos de 5 galones	Compra de envases	Planificar e impartir conferencias sobre el uso adecuado del agua	Coltización de rótulos sobre el uso adecuado del agua	Instalación de rótulos sobre el uso adecuado del agua		
	Cotizar contadores de agua	Departamento de mantenimiento del ITUGS	Catedráticos de los laboratorios	Catedráticos de los laboratorios	Tesista de los Programa ambientales para los laboratorios	Departamento de compras del ITUGS	Catedráticos de los laboratorios	Tesista de los Programa ambientales para los laboratorios	Departamento de mantenimiento del ITUGS		
Responsable de tareas											
Tiempo		Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Segundo semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	
Recursos necesarios		Tubería, accesorios, contadores	Instructivo de laboratorio	Computadora, internet	Teléfono, internet			Teléfono, internet	Rótulo de PVC y accesorios		
Costo		Q 450.00 por contador de ½", Q 280.00 en accesorios, Total Q 730.00 por laboratorio									Q.19.50 por rótulo, 8 rótulos por laboratorio, total Q 156.00, excepto en el laboratorio de microbiología que solo necesita 2, total Q 39.00
Indicador de seguimiento	Obtener el indicador de consumo de agua por laboratorio		Reducir el consumo de agua utilizada en las practicas por cada laboratorio						Reducir el consumo de agua en el lavado de cristalería y de manos		
Responsable de seguimiento	Auxiliar de laboratorio con el Vo. Bo. Del catedrático del laboratorio		Auxiliar de laboratorio con el Vo. Bo. Del catedrático del laboratorio						Auxiliar de laboratorio con el Vo. Bo. Del catedrático del laboratorio		

Fuente. elaboración propia.

Tabla IX. Plan de mejora línea de energía eléctrica

Indicador		KWH/por practica												
Metas		Optimizar el uso del recurso												
Propuestas de mejora		Analisis de las practicas a realizar					Concientización del uso adecuado del recurso							
Tareas	Instalar contadores de energía eléctrica para cada laboratorio	Analizar las practicas para reducir el tiempo de uso de equipo, tiempo de uso de laboratorios	Revisar los equipos para determinar si son eficientes.	Cotizar equipo de generación de energía eléctrica con recursos renovables (solar o eólica)	Instalar equipo de generación de energía eléctrica con recursos renovables (solar o eólica)	Planificar e impartir conferencias sobre el uso adecuado de la energía eléctrica	Cotización de rútilos sobre el uso adecuado de la energía eléctrica	Instalación de rútilos sobre el uso adecuado del agua	Responsable de tareas	Tesis de los Programa ambientales para los laboratorios	Catedráticos de los laboratorios	Departamento de mantenimiento del ITUGS	Primer semestre 2014	Rótulo de PVC y accesorios
	Cotizar contadores de energía eléctrica para cada laboratorio	Instalar contadores de energía eléctrica para cada laboratorio	Personal autorizado por Empresa Eléctrica de Guatemala	Catedráticos de los laboratorios de departamento de mantenimiento del ITUGS	Equipo de mantenimiento eléctrico	Segundo semestre 2014	Equipo de mantenimiento eléctrico							
Tiempo	Segundo semestre 2014	Primer semestre 2014	Segundo semestre 2014	Año 2017	Primer semestre 2018	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014	Primer semestre 2014
Recursos necesarios	teléfono, cables, accesorios, contadores	Instructor de laboratorio	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico	Equipo de mantenimiento eléctrico

Continuación de la tabla IX.

Costo		Q100.00 tramite de contador, mas materiales de conexión y mano de obra								Q 19.50 por rótulo, 9 rótulos por laboratorio, total Q 175.50, excepto en el laboratorio de microbiología que solo necesita 4, total Q 88.00
Indicador de seguimiento	Obtener el indicador de consumo de energía eléctrica por laboratorio	Reducir el indicador de energía eléctrica utilizada en las practicas por cada laboratorio								
Responsable de seguimiento	Auxiliar de laboratorio con el Vo. Bo. Del catedrático del laboratorio	Auxiliar de laboratorio con el Vo. Bo. Del catedrático del laboratorio	Auxiliar de laboratorio con el Vo. Bo. Del catedrático del laboratorio							

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Plan de mejora línea de papel**

Indicador	Kg/por estudiante	
Metas	Reducir el uso del recurso gradualmente hasta un 75% al finalizar el 2015	
Propuestas de mejora	Análisis de las practicas a realizar	
Tareas	Reglamentar el uso de ambos lados de las hojas en todos los reportes, exámenes y trabajos de investigación de los laboratorios y que el papel sea de tipo reciclado	Entregar reportes y hacer evaluaciones por internet
Responsable de tareas	Catedráticos de los laboratorios	Catedráticos de los laboratorios, departamento de sistemas del ITUGS
Tiempo	Primer semestre 2014	Primer semestre 2016
Recursos necesarios	Instructivo de laboratorio	Equipo de computación
Costo		
Indicador de seguimiento	Reducir el consumo de papel utilizado para los reportes de las practicas por cada laboratorio	
Responsable de seguimiento	Auxiliar de laboratorio con el Vo. Bo. Del catedrático del laboratorio	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Plan de mejora línea desechos y residuos químicos y biológicos

Residuos y desechos sólidos: Kg/por practica y líquidos m ³ /practica	
Indicador	Reducir la cantidad de residuos y desechos químicos y disponer correctamente de todo los desechos químicos
Metas	Almacenar adecuadamente los desechos químicos para proceder a su correcta disposición.
Propuestas de mejora	Análisis de las practicas a realizar
Tareas	<p>Analizar y establecer prácticas cuyos desechos o residuos se puedan reusar, reutilizar, reducir o cambiar los químicos utilizados a otros que sean menos contaminantes.</p> <p>Reestructurar las practicas laboratorio en base al análisis anterior y hacer el instructivo</p> <p>Clasificar los desechos y residuos de cada práctica según la naturaleza y características de los mismos.</p> <p>Cotizar los residuos químicos que no pueden ser tratados en el laboratorio</p> <p>Disponer en recipientes especiales, identificados con pictogramas que corresponda, todos los residuos que así lo requieran.</p> <p>Contratar los servicios de una empresa especializada en el tratamiento de desechos químicos</p>
Responsable de tareas	Catedráticos de los laboratorios
Tiempo	Segundo semestre 2014
Recursos necesarios	Instructivo de laboratorio
Costo	Etiquetas, recipientes de desecho especiales, teléfono, internet Q 1429.00 una extracción mensual Empresa Biotrash
Indicador de seguimiento	Instructivos de laboratorio y documentación de residuos tratados por Biotrash
Responsable de seguimiento	Auxiliar de laboratorio con el Vo. Bo. Del catedrático del laboratorio

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Plan de mejora factores ambientales**

Indicador	Iluminación, temperatura y porcentaje de humedad					
Metas	Mejorar la iluminación de los laboratorios		Reducir la temperatura y porcentaje de humedad de los laboratorios a un rango aceptable según las normas aplicadas			
Propuestas de mejora	Encender solamente las lámparas de las estaciones de trabajo que se están utilizando		Colocar ventiladores industriales de bajo consumo de energía eléctrica en los laboratorios			
Tareas	Determinar en cada práctica, el área del laboratorio que se utilizara y ubicar a los grupos de trabajo en un solo sector, sino es necesario utilizar todo el laboratorio.	Concientizar a los estudiantes para que enciendan las luces cuando inicia la práctica y apagarlas inmediatamente después de terminar	Cotizar ventiladores industriales de bajo consumo eléctrico para colocarlos en los laboratorios	Abrir las ventanas mientras se llevan a cabo las practicas	Compra de ventiladores industriales para cada uno de los laboratorios	Utilizar ventiladores industriales, si la temperatura está por arriba del límite aceptable, al iniciar la práctica y apagarlos inmediatamente cuando esta termine.
Responsable de tareas	Catedráticos y auxiliar de los laboratorios		Tesista de los Programa ambientales para los laboratorios	Estudiantes	Departamento de compras del ITUGS	Auxiliar y estudiantes de laboratorio
Tiempo	Primer semestre 2014		sep-13	Primer semestre 2014	Segundo semestre 2014	Segundo semestre 2014
Recursos necesarios	Teléfono, internet					
Costo	Q 975.00 por ventilador, uno por laboratorio, total 3 ventiladores Q 2925.00, proveedor Electricidad General Guatemala					
Indicador de seguimiento	Factores ambientales de temperatura de porcentaje de humedad dentro de los parámetros aceptables					
Responsable de seguimiento	Auxiliar de laboratorio con el Vo. Bo. Del catedrático del laboratorio					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Plan de mejora aplicando las 6 Rs a los componentes ambientales**

Componentes	Suelo	Aire	Agua
Rechazar	Rechazar materiales biológicos o químicos que generen una contaminación irreversible	Rechazar materiales químicos que generen gases nocivos, como los compuestos orgánicos volátiles	Rechazar materiales biológicos o químicos que generen una contaminación irreversible del agua. Rechazar los procedimientos o prácticas nocivas que no respeten o tomen en cuenta la oportunidad de hacer mejor uso del recurso.
Reducir	Reducir el consumo de papel utilizado en la elaboración de reportes, tareas y exámenes. Reducir el uso de materiales descartables en los laboratorios como las cajas Petri y utilizar de vidrio.	Reducir el uso de químicos que sean volátiles a temperatura ambiente.	Reducir al mínimo el uso inadecuado del recurso por medio de la capacitación continua de los estudiantes, catedráticos y personal administrativo sobre el ahorro del recurso en el lavado de manos, cristalería y limpieza del edificio. Analizar las practicas a realizar, para reducir el uso del recurso al reusar y reutilizar el agua utilizada en algunas de las practicas
Reparar	Reparar el autoclave para la correcta esterilización de los materiales de desecho de microbiología.	Revisar que las campanas de extracción estén funcionando adecuadamente antes de cada práctica. Revisar que el sistema de distribución del gas propano no tenga fugas. Revisar que el sistema de enfriamiento de los refrigerados no tengan fuga de gas	Reparar de forma inmediata cualquier fuga que se detecte en el sistema de distribución del agua.
Reusar	Analizar y establecer prácticas cuyos desechos o residuos se puedan reusar en prácticas posteriores, para analizar otras propiedades de los materiales	Analizar y establecer practicas cuyos materiales orgánicos puedan ser destilados y recuperados para su posterior uso, analizando otras propiedades de los materiales recuperados	Recolectar y adecuar el sistema para que el agua de lavado de manos y cristalería y reusarla para los servicios sanitarios

Continuación de la tabla XIII.

Reutilizar	Analizar y establecer prácticas cuyos materiales se puedan almacenar y reutilizarlos para la misma practica posteriormente.	Recuperar materiales orgánicos volátiles como solventes para ser reutilizados posteriormente para la misma práctica.	Establecer que el agua utilizada para baño maria o como medio de enfriamiento puede ser reutilizada en otra práctica.
Reciclar	Establecer formalmente el procedimiento de reciclaje de desechos orgánicos, metal y vidrio que actualmente están evaluando. Contratar a una empresa especializada en el desecho de material químico y biológico que necesita tratamiento especial.	Cuidar y mantener el área boscosa dentro y en los alrededores del instituto ya que a través de la fotosíntesis realizar el reciclado natural del aire. Evaluar la posibilidad de condensar los gases producidos en las prácticas que utilicen materiales orgánicos volátiles y que requieran calentamiento.	Programar a mediano plazo la construcción de una planta de tratamiento de agua para que el agua residual sea procesada y reciclada.

Fuente. elaboración propia.

Tabla XIV. Programa ambiental indicador agua

Programa ambiental Indicador ambiental agua	
Unidad: Laboratorios producción alimentaria	ITUGS-LPA-PA-IA
<p>Objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir el consumo de agua en los laboratorios de producción alimentaria 2. Concientizar a los estudiantes, catedráticos y auxiliares de laboratorio sobre el uso eficiente del agua 3. Desarrollar procedimientos para controlar y monitorear el consumo de agua 	
Procedimiento	Responsable
Instrucción continua para formar buenos hábitos sobre el uso adecuado del agua	Catedráticos de laboratorio
Instrucción continua sobre el lavado de cristalería	Auxiliar de laboratorio
Instrucción sobre el lavado eficiente de manos	Auxiliar de laboratorio
Recolectar el agua que se pueda reusar, como el agua de enfriamiento de las prácticas de intercambio de temperatura, en un recipiente adecuado y reusarla en el lavado de cristalería, de manos o para baño maría.	Estudiantes, auxiliar y Catedrático de laboratorio
Determinar el consumo de agua por práctica, por estudiantes por practica y el consumo semestral de agua del laboratorio	Auxiliar de laboratorio
Establecer metas de consumo en base al consumo inicial y el análisis de las prácticas y carga estudiantil	Catedrático de laboratorio
Monitorear y controlar el consumo de agua a través del formato de Control y Monitoreo ITUGS-LPA-CM, tomar la lectura del medidor de flujo al inicio y final de cada práctica y al inicio y final de cada semestre.	Auxiliar de laboratorio
Establecer y llevar a cabo acciones para la No conformidad, utilizando el modelo de Plan de Mejora ITUGS-LPA-PM	Catedrático y auxiliar de laboratorio

Continuación de la tabla XIV.

Procedimiento para calcular el indicador ambiental agua	
1.	Tomar la lectura del medidor de flujo del laboratorio al iniciar la práctica.
2.	Tomar la lectura del medidor de flujo del laboratorio al finalizar la práctica.
3.	Restar el valor del inciso 2 menos el valor del inciso 1.
4.	Dividir el resultado dentro del número de grupos de estudiantes que realizaron la práctica, para determinar el consumo por práctica.
5.	Dividir la resta del inciso 3, dentro del número de estudiantes que realizaron la práctica, para tener el dato de comparación con respecto a la cantidad de estudiantes que realizan las prácticas.
6.	Tomar la lectura del medidor de flujo del laboratorio al inicial el semestre
7.	Tomar la lectura del medidor de flujo del laboratorio al finalizar el semestre.
8.	Restar el valor del inciso 7 menos el valor del inciso 6, para obtener el valor del consumo de agua por semestre en el laboratorio.
$IAp = \frac{m^3}{Práctica}$	
$IAe = \frac{m^3}{Práctica- estudiante}$	
$IAs = \frac{m^3}{semestre}$	
IAp = Indicador agua por práctica	
IAe = Indicador agua por estudiantes por práctica	
IAs = consumo de agua por semestre	
m^3 = metros cúbicos	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Programa ambiental indicador energía eléctrica**

Programa ambiental Indicador ambiental energía eléctrica	
Unidad: Laboratorios producción alimentaria	ITUGS-LPA-PA-IE
<p>Objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir el consumo de energía eléctrica en los laboratorios de producción alimentaria. 2. Concientizar a los estudiantes, catedráticos y auxiliares de laboratorio sobre el uso eficiente de la energía eléctrica. 3. Desarrollar procedimientos para controlar y monitorear el consumo de energía eléctrica. 	
Procedimiento	Responsable
Instrucción continua para formar buenos hábitos sobre el consumo adecuado la energía eléctrica utilizada para la iluminación.	Auxiliar de laboratorio
Instrucción continua sobre el uso adecuado del equipo que utiliza energía eléctrica para su funcionamiento	Auxiliar de laboratorio
Revisar que el equipo a utilizar este en buenas condiciones, no tenga fugas, que los termostatos funcionen bien, etc.	Estudiantes y Auxiliar de laboratorio
Determinar el consumo de energía eléctrica por práctica, por estudiantes por practica y el consumo semestral de energía eléctrica del laboratorio	Auxiliar de laboratorio
Establecer metas de consumo de energía eléctrica en base al consumo inicial y el análisis de las prácticas y carga estudiantil	Catedrático de laboratorio
Monitorear y controlar el consumo de energía eléctrica a través del formato de Control y Monitoreo ITUGS-LPA-CM, tomar la lectura del medidor de energía al inicio y final de cada práctica y al inicio y final de cada semestre.	Auxiliar de laboratorio
Establecer y llevar a cabo acciones para la No conformidad, utilizando el modelo de Plan de Mejora ITUGS-LPA-PM	Catedrático y auxiliar de laboratorio

Continuación de la tabla XV.

Procedimiento para calcular el indicador ambiental energía eléctrica
<ol style="list-style-type: none">1. Tomar la lectura del medidor de energía del laboratorio al iniciar la práctica.2. Tomar la lectura del medidor de energía del laboratorio al finalizar la práctica.3. Restar el valor del inciso 2 menos el valor del inciso 1.4. Dividir el resultado dentro del número de grupos de estudiantes que realizaron la práctica, para determinar el consumo por práctica.5. Dividir la resta del inciso 3, dentro del número de estudiantes que realizaron la práctica, para tener el dato de comparación con respecto a la cantidad de estudiantes que realizan las prácticas.6. Tomar la lectura del medidor de energía del laboratorio al inicial el semestre7. Tomar la lectura del medidor de energía del laboratorio al finalizar el semestre8. Restar el valor del inciso 7 menos el valor del inciso 6, para obtener el valor del consumo de energía eléctrica por semestre en el laboratorio.
$IEp = \frac{\text{KWH}}{\text{Práctica}}$
$IEe = \frac{\text{KWH}}{\text{Práctica- estudiante}}$
$IEs = \frac{\text{KWH}}{\text{semestre}}$
<p>IEp = Indicador energía por práctica IEe = Indicador energía por estudiantes por práctica IEs = consumo de energía por semestre KWH = Kilowatt hora</p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Programa ambiental indicador papel

Programa ambiental Indicador ambiental papel	
Unidad: Laboratorios producción alimentaria	ITUGS-LPA-PA-IP
<p>Objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir el consumo de papel en los laboratorios de producción alimentaria. 2. Concientizar a los estudiantes, catedráticos y auxiliares de laboratorio sobre el uso eficiente del papel 3. Desarrollar procedimientos para controlar y monitorear el consumo de papel. 	
Procedimiento	Responsable
Instrucción continua para formar buenos hábitos sobre el consumo adecuado del papel	Auxiliar de laboratorio
Cumplir con las reglas sobre el uso de papel para realizar reportes, que se especifican en el instructivo del laboratorio	Estudiantes del laboratorio
Recolectar el papel utilizado en los reportes, exámenes, tareas, investigaciones, etc. Pesar el papel utilizado en cada práctica.	Estudiantes y Auxiliar de laboratorio
Vender para reciclaje el papel recolectado en el laboratorio	Auxiliar de laboratorio
Determinar el consumo de papel por estudiante por práctica y el consumo semestral de papel en el laboratorio	Auxiliar de laboratorio
Establecer metas de consumo de papel en base al consumo inicial	Catedrático de laboratorio
Monitorear y controlar el consumo de papel a través del formato de Control y Monitoreo ITUGS-LPA-CM	Auxiliar de laboratorio
Establecer y llevar a cabo acciones para la No conformidad, utilizando el modelo de Plan de Mejora ITUGS-LPA-PM	Catedrático y auxiliar de laboratorio

Continuación de la tabla XVI.

Procedimiento para calcular el indicador ambiental papel
<ol style="list-style-type: none">1. Recolectar el papel utilizado en cada práctica para los reportes, exámenes, tareas.2. Pesar el papel recolectado por práctica.3. Dividir el valor del inciso 2 dentro del número de estudiantes que realizaron la práctica.4. Sumar el consumo total de papel utilizado en cada una de las prácticas, para establecer el consumo de papel por semestre.
$IPe = \frac{\text{kg}}{\text{Práctica- estudiante}}$
$IPs = \frac{\text{kg}}{\text{semestre}}$
IPe = Indicador papel por estudiantes por práctica IPs = consumo de papel por semestre kg = kilogramos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Programa ambiental indicador residuos y desechos químicos y biológicos**

Programa ambiental	
Indicador ambiental residuos y desechos químicos y biológicos	
Unidad: Laboratorios producción alimentaria	ITUGS-LPA-PA-IR
<p>Objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir la generación de desechos y residuos químicos y biológicos en los laboratorios de producción alimentaria. 2. Concientizar a los estudiantes, catedráticos y auxiliares de laboratorio sobre el uso adecuado y tratamiento de los desechos y residuos químicos y biológicos generados en los laboratorios. 3. Clasificar los residuos y desechos de los laboratorios. 4. Almacenar adecuadamente los residuos y desechos químicos y biológicos que necesitan un tratamiento especial. 5. Desarrollar procedimientos para controlar y monitorear los residuos y desechos químicos y biológicos de los laboratorios. 	
Procedimiento	Responsable
Instrucción continua para formar buenos hábitos sobre uso de químicos y material biológico.	Auxiliar de laboratorio
Incluir en los instructivos la correcta disposición de los residuos y desechos químicos y biológicos	Catedrático del laboratorio
Clasificar los residuos y desechos químicos y biológicos.	Estudiantes y Auxiliar de laboratorio
Verificar que los residuos y desechos químicos y biológicos sean colocados en los recipientes correctos y que estén debidamente identificados con la etiqueta ITUGS-LPA-EI	Auxiliar de laboratorio
Esterilizar los cultivos en agar, los portaobjetos y en el autoclave a 121 °C por 30 minutos	Auxiliar de laboratorio
Establecer procedimientos para el tratamiento de residuos y desechos químicos generados en el laboratorio que se puedan tratar fácilmente, como la neutralización de ácidos y bases para su posterior dilución	Auxiliar y Catedrático de laboratorio
Recolección mensual de residuos y desechos químicos y biológicos que necesiten tratamiento especial por medio de la empresa especializada,	Auxiliar de laboratorio, personal de la empresa contratada

Continuación de la tabla XVII.

Medir la cantidad de residuos y desechos químicos y biológicos líquidos que se generan en el laboratorio de fácil tratamiento, en cada practica	Estudiantes y auxiliar de laboratorio
Medir la cantidad de residuos y desechos químicos y biológicos líquidos que necesitan un tratamiento especial en cada practica antes de colocarlos en los recipientes especiales	Estudiantes y auxiliar de laboratorio
Pesar los residuos y desechos químicos y biológicos solidos de fácil tratamiento en cada practica	Estudiantes y auxiliar de laboratorio
Pesar los residuos y desechos químicos y biológicos solidos que necesitan tratamiento especial en cada practica	Estudiantes y auxiliar de laboratorio
Monitorear y controlar la cantidad de residuos y desechos químicos y biológicos a través del formato de Control y Monitoreo ITUGS-LPA-CM	Auxiliar de laboratorio
Establecer y llevar a cabo acciones para la No conformidad, utilizando el modelo de Plan de Mejora ITUGS-LPA-PM	Catedrático y auxiliar de laboratorio
Procedimiento para calcular el indicador ambiental residuos y desechos químicos y biológicos	
<p>Solidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pesar los residuos y/o desechos sólidos generados en el laboratorio por cada práctica. 2. Dividir el resultado anterior dentro del número de grupos que realizaron la práctica. 3. Sumar el consumo total de residuos y desechos sólidos generados en cada practica en el semestre y dividirlo dentro del número de estudiantes inscritos en el curso. 4. Las mediciones anteriores se hace por clasificación, residuos sólidos de fácil tratamiento y tratamiento especial y desechos sólidos de fácil tratamiento y de tratamiento especial $IRSp = \frac{\text{kg}}{\text{Práctica}}$ $IRSs = \frac{\text{kg}}{\text{Semestre}}$	

Continuación de la tabla XVII.

$$\text{IRSe} = \frac{\text{kg}}{\text{Estudiante- Semestre}}$$

IRSp = Indicador residuos/desechos químicos sólidos por práctica

IRsS = Indicador residuos/desechos químicos sólidos por semestre

IRSe = Indicador residuos/desechos químicos sólidos por estudiante por semestre

Kg = kilogramos

Líquidos

1. Medir los residuos y/o desechos líquidos generados en el laboratorio por cada práctica.
2. Dividir el resultado anterior dentro del número de grupos que realizaron la práctica.
3. Sumar el consumo total de residuos y desechos líquidos generados en cada practica en el semestre y dividirlo dentro del número de estudiantes inscritos en el curso.
4. Las mediciones anteriores se hace por clasificación, residuos líquidos de fácil tratamiento y tratamiento especial y desechos líquidos de fácil tratamiento y de tratamiento especial

$$\text{IRLp} = \frac{\text{L}}{\text{Práctica}}$$

$$\text{IRLs} = \frac{\text{L}}{\text{Semestre}}$$

$$\text{IRLe} = \frac{\text{L}}{\text{Estudiante- Semestre}}$$

IRLp = Indicador residuos/desechos líquidos por práctica

IRLs = Indicador residuos/desechos líquidos por semestre

IRLe = Indicador residuos/desechos líquidos por estudiante por semestre

L = litros

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Programa ambiental indicador factores ambientales

Programa ambiental Indicador ambiental factores ambientales	
Unidad: Laboratorios producción alimentaria	ITUGS-LPA-PA-IFA
Objetivos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantener los parámetros de temperatura, porcentaje de humedad, calidad de aire, nivel de ruido y de iluminación dentro de los rangos que establecen las normas que rigen estos factores 2. Desarrollar procedimientos para la medición de los factores ambientales. 3. Verificar y monitorear que los factores ambientales se mantengan dentro de los rangos establecidos por las normas que rigen estos factores. 	
Procedimiento	Responsable
Medir los factores ambientales por lo menos una vez por semestre	Estudiantes de laboratorio
Verificar que el factor ambiental este dentro del rango adecuado según las normas.	Auxiliar del laboratorio
Monitorear y controlar los factores ambientales a través del formato de Control y Monitoreo ITUGS-LPA-CM	Auxiliar de laboratorio
Establecer y llevar a cabo acciones para la No conformidad, utilizando el modelo de Plan de Mejora ITUGS-LPA-PM	Catedrático y auxiliar de laboratorio
Procedimiento para calcular el indicador factores ambientales	
Calidad de aire: CO, CO ₂ , PM ₁₀ , COV <ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitar al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, en calidad de préstamo el medidor de calidad de aire, EVM SERIES 2. Colocar el equipo en tres puntos diferentes dentro del laboratorio 3. Registrar la hora de inicio de la medición 4. Por cada punto donde se colocó el equipo darle un tiempo de 45 minutos 5. Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia indicándole al técnico el horario en el que se utilizó el equipo. 6. Leer los valores de medición en función de PM₁₀, CO (ppm), CO₂ (ppm) y COV (ppm) 7. Comparar los datos obtenidos con las siguientes normas internacionales: <ol style="list-style-type: none"> a. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193, PM₁₀, aceptable ≤ 120 microgramos/ m³; 	

Continuación de la tabla XVIII.

- b. CO PEL-TWA (OSHA), aceptable ≤ 120 ppm;
- c. CO₂ ASHRAE ESTÁNDAR 62-1989, aceptable ≤ 1000 ppm;
- d. COV NORMA 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990). aceptable ≤ 1000 ppm

Temperatura y Porcentaje de humedad relativa:

1. Solicitar al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia en calidad de préstamo el higrómetro Datalogger USB - WK057
2. Colocar el equipo en cinco puntos diferentes dentro del laboratorio
3. Registrar la hora de inicio de la medición
4. Por cada punto donde se colocó el equipo darle un tiempo de 5 minutos
5. Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia indicándole al técnico el horario en el que se utilizó el equipo.
6. Leer las gráficas de temperatura y la humedad relativa
7. Comparar los datos obtenidos con las siguientes normas internacionales
 - a. Norma ANSI/ASHRAE 62.12004 establece que el rango estándar de valores del parámetro de humedad relativa recomendado para recintos cerrados, se debe encontrar entre 30 % a 65 %.
 - b. La Norma ASHRAE 1991 establece que la temperatura de confort para recintos cerrados debe estar entre 20 °C a 24 °C.

Iluminación:

1. Solicitar al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia en calidad de préstamo el luxómetro SPER Scientific 84006
2. Hacer la medición en cinco puntos diferentes dentro del laboratorio y anotar los valores.
3. Anotar la hora de inicio de la medición
4. Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia indicándole al técnico el horario en el que se utilizó el equipo
5. Comparar los datos obtenidos con la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2005, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Distinción moderada de detalles, niveles mínimos de iluminación: 300 lux.

Ruido:

1. Solicitar al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia en calidad de préstamo el decibelímetro, SPER Scientific 840013
2. Hacer la medición en cinco puntos diferentes dentro del laboratorio y anotar los valores registrados

Continuación de la tabla XVIII.

- | |
|---|
| <p>3. Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia</p> <p>4. Comparar los datos obtenidos con la legislación colombiana, valores límites permisibles para el ruido continuo resoluciones 8321 y 1792, expedidas por Ministerio de Salud y los Ministerios de Trabajo y Seguridad Social. Para 3 horas el valor límite es de 97 dB</p> |
|---|

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Plan de control y monitoreo**

ITUGS-LPA-CM: Control y Monitoreo					
Indicador ambiental:					
Unidad:					
Fecha	Medición	Conformidad con meta (si/No)	Observaciones	Acciones correctivas	Responsable
Meta:					


Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Plan de mejora**

Plan de Mejora ITUGS-LPA-PM	
Unidad	
Fecha	
Indicador	
Metas	
Propuestas de mejora	
Tareas	
Responsable de tareas	
Tiempo	
Recursos necesarios	
Costo	
Indicador de seguimiento	
Responsable de seguimiento	

Fuente. elaboración propia.

Tabla XXI. **Formato de etiquetado e identificación de residuos y desechos**

ITUGS-LPA-EI				
Unidad				
Tipo de desecho/residuo				
Fecha				
Cantidad kg/L				
Tipo de tratamiento	Especial		Laboratorio	
Pictograma (Encerrar en un círculo los pictogramas que apliquen)				
Nombre y firma de responsable				

Fuente. elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del estudio realizado en los Laboratorios de Producción Alimentaria del ITUGS, demuestran que hay oportunidades de mejora con respecto a los indicadores ambientales que se seleccionaron, como se describe a continuación:

Con respecto al indicador de agua, el Instituto utiliza agua extraída de un pozo mecánico y no cuenta con medidor de flujo que permita establecer el consumo real de agua en el instituto. Para este indicador no existe ningún tipo de instrucción o capacitación para evitar malgastar este recurso. Actualmente la carga estudiantil es mínima y el recurso de agua abundante, pero a medida que se incrementa el número de estudiantes, si no se controla el uso de agua y se concientiza a los estudiantes el recurso puede agotarse.

Se observó que en el lavado de manos puede ahorrarse hasta un 50 por ciento del consumo actual, si se capacita sobre la forma correcta de hacerlo. También se puede reducir el consumo de agua al reusar el agua de algunas de las prácticas, como las de baño térmico y de enfriamiento de los intercambiadores de calor, en el lavado de cristalería o lavado de manos.

En cuanto al indicador de energía eléctrica, el instituto no cuenta con un contador ya que se paga una cuota fija, sin importar el consumo, el cálculo de consumo de energía se realizó tomando como base las especificaciones de consumo de cada equipo por el tiempo promedio que funciona en cada practica y el consumo de energía de cada una de las lámparas que se utiliza en la iluminación.

Es importante colocar contadores de consumo de energía en cada uno de los módulos para tener un dato exacto y tomar las medidas preventivas y correctivas adecuadas. También se observó que se puede ahorrar energía al capacitar a los estudiantes sobre el uso adecuado del recurso, como apagar las luces cuando no son necesarias o desconectar el equipo cuando no se está utilizando. Actualmente no se tiene ninguna medida de ahorro de energía.

Para el indicador de papel, el Instituto cuenta con un programa de reciclaje del papel, que es recolectado durante el semestre y luego vendido para su reciclaje, para dicho programa no cuentan con un espacio especial para almacenar el papel recolectado y utilizan una parte del laboratorio, lo cual no es adecuado. Se calculó que el consumo de papel puede reducirse hasta un 40 por ciento si se regula el uso de ambos lados de las hojas en los reportes. Este porcentaje puede aumentar hasta un 75 por ciento si se utilizan medios electrónicos para la entrega de los reportes de las prácticas, tareas o investigaciones.

Se observó que para los residuos y desechos químicos y biológicos no se cuenta con un programa o plan de tratamiento de los mismos y son desechados a través del drenaje o contenedores de basura. En Microbiología y Biología se hizo el desecho a través de una donación informal por ser una cantidad muy pequeña de desecho. Debido a la falta de químicos y medios de cultivo las prácticas que realizan en los laboratorios son mínimas y básicas, por lo que la producción de residuos y desechos químicos, en estas condiciones, se puede descartar en el laboratorio siguiendo los procedimientos de neutralización y dilución.

Los factores ambientales que miden la calidad de aire, están dentro de los parámetros establecidos por normar internacionales, (se consultaron normas

internacionales debido a que en Guatemala no se cuentan con normas que regulen los parámetros medidos). Para mantener esta calidad de aire es importante que cuando en los laboratorios se lleven a cabo las prácticas se sigan las indicaciones de los instructivos en cuanto al uso y manejo de los materiales y el uso de las campanas de extracción.

Para los indicadores ambientales que se refieren al confort, como el nivel de ruido, porcentaje de humedad relativa y temperatura, debido a la localización del instituto en la costa sur del país, que es una zona de alto porcentaje de humedad y altas temperaturas, están fuera del rango, por lo que se necesitaran ventiladores industriales de bajo consumo de energía.

El estudio realizado ha permitido desarrollar un plan de mejora para cada uno de los indicadores, así como un programa ambiental que permita prevenir, corregir y reducir el impacto negativo sobre el ambiente. Es también importante llevar a cabo el plan de monitoreo desarrollado para la mejora continua con el fin de preservar el ambiente.

CONCLUSIONES

1. El programa ambiental desarrollado por medio de este trabajo de investigación, para esta etapa de desarrollo del ITUGS, representa la oportunidad de prevenir la contaminación ambiental en lugar de corregir acciones dañinas para el medio ambiente.
2. Se creó un plan de acción y monitoreo dentro de los laboratorios de ITUGS, que asegura la mejora continua.
3. Se determinó que con una adecuada capacitación el consumo de agua para el lavado de manos puede reducirse hasta un 50 por ciento, con lo que se demuestra que implementar capacitaciones sobre el uso de recursos generara ahorro en el uso de los mismos y por lo tanto menos efectos dañinos en el ambiente.
4. Se desarrolló un programa ambiental que permita reducir, a través de la medición de los indicadores ambientales, el impacto negativo sobre el ambiente al hacer más eficiente el uso de recursos.

RECOMENDACIONES

1. Implementar la capacitación continua a los estudiantes y catedráticos de los laboratorios sobre el uso adecuado y eficiente de todos los recursos que utilizan.
2. Colocar los medidores de energía eléctrica como prioridad para validar si el pago de la cuota fija de energía eléctrica es el adecuado.
3. Realizar monitoreo de los indicadores ambientales dos veces por semestre.
4. Evaluar y actualizar el programa ambiental periódicamente para garantizar que se cubren todos los puntos críticos que podrían constituirse en un riesgo ambiental.
5. Seleccionar prácticas para los cursos que representen el menor riesgo ambiental y en lo posible que generen desechos que puedan ser reutilizables.
6. Asignar los recursos necesarios para desarrollar el programa ambiental en los laboratorios del ITUGS.

BIBLIOGRAFÍA

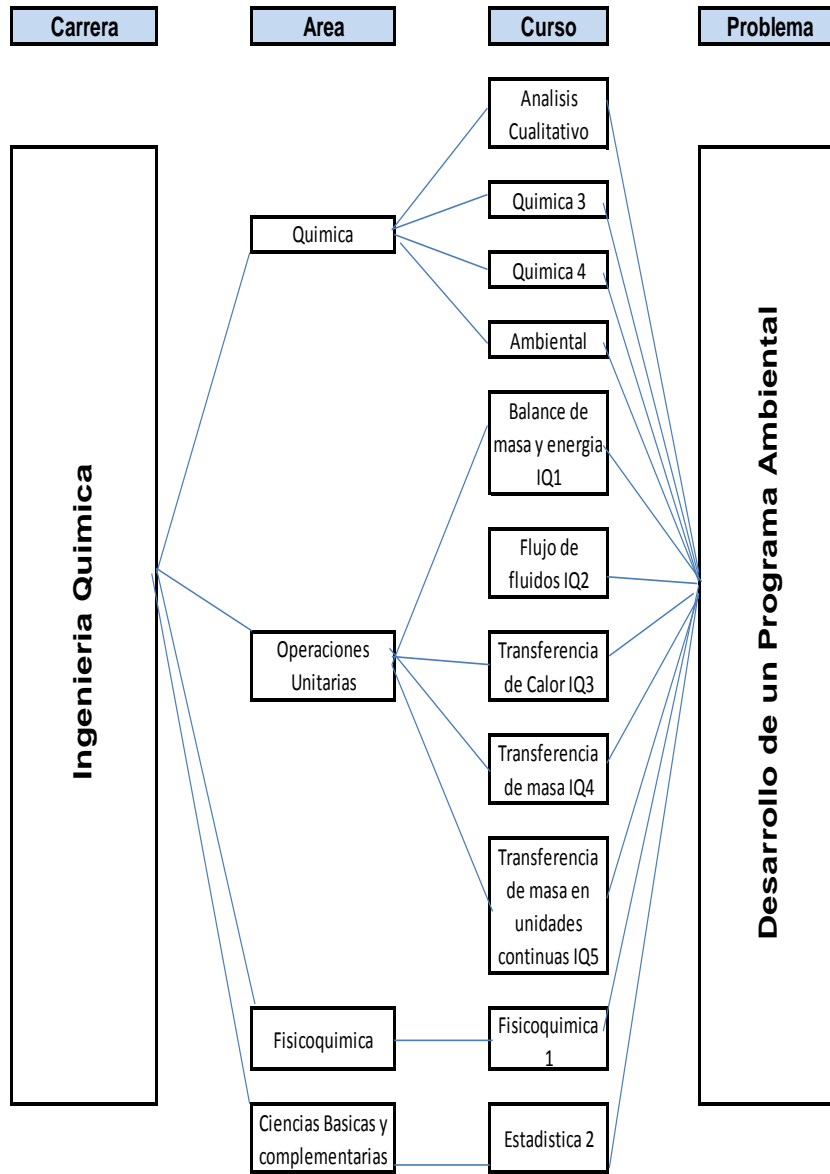
1. ALVAREZ MEJIA, Williams G. *La Cooperación Ambiental de los Estados Unidos hacia Centroamérica*. Facultad de Ingeniería Química, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2011. 5 p.
2. *Analista de laboratorio manual de buenas prácticas ambientales*. [en línea]. Argentina. <www.ambiente.gov.ar/archivos/>. [Consulta: 12 noviembre 2012].
3. CLEMENTS, R. B. *Guía Completa de las Normas ISO 14000*. [en línea]. España. <http://iso.org/iso/en/pdf.iso900014000/articles/pdf/viewpoint_201.pdf>. [Consulta: 3 enero 2013].
4. *Contaminación acústica políticas de reducción y control*. [en línea]. España. <<http://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=8243083113639210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnnextchannel=f5e9b1cc11b6a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>>. [Consulta: 3 enero 2013].
5. *Descripción de los requisitos de calidad manual de acreditación ACAAI*. [en línea]. Panamá. <<http://acaai.org.gt/files/2011/12/PARTE-II.B.DESCRIPCION-DE-REQUISITOS-DE-CALIDAD.pdf>>. [Consulta: 2 agosto 2012].

6. ESPINOZA, Carlos; VALDIVIA, Eduardo; GLARIA, Jaime. *Medición de humedad ambiental*. [en línea]. Chile. <<http://profesores.elo.utfsm.cl/~jgb/ESPINOZAc.pdf>>. [Consulta: 13 abril 2013].
7. *Estudios de capacidad y habilidad del proceso*. [en línea]. México. <<http://www.calidad.com.mx/articulos/58.htm>>. [Consulta: 13 noviembre 2012].
8. *Higiene laboral, la importancia de la iluminación*. [en línea]. Argentina. <<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=371>>. [Consulta: 13 septiembre 2012].
9. HIMMELBLAU, David. *Principios básicos y cálculos en Ingeniería Química*. 6a ed. Texas: Prentice Hall Latinoamérica. 749 p.
10. HOOF, Bart van; MONROY, Néstor; SAER, Alex. *Producción más Limpia: paradigma de gestión ambiental*. Universidad de los Andes, Facultad de Administración, Colombia: Alfaomega Colombia, 2009. 280 p.
11. Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM. Normas IRAM-ISO Serie 14000. [en línea]. Argentina. <<http://www.iram.org.ar>>. [Consulta: 25 agosto 2012].
12. *Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur*. [en línea]. Guatemala. <<http://itugs-usac.blogspot.com>>. [Consulta: 25 agosto 2012].

13. *La gestión ambiental en Guatemala*. [en línea]. Guatemala. <<http://www.infoiarna.org.gt/media/file/publicaciones/compartidas/g eo2009/Capitulo5.pdf>>. [Consulta: 25 agosto de 2012].
14. *Plan de desarrollo Palín, Escuintla*. [en línea]. Guatemala. <www.segeplan.gob.gt>. [Consulta: 13 septiembre 2012]
15. SAMPIERY, Roberto. *Metodología de la Investigación*. 4a ed. McGraw-Hill. 265 p.

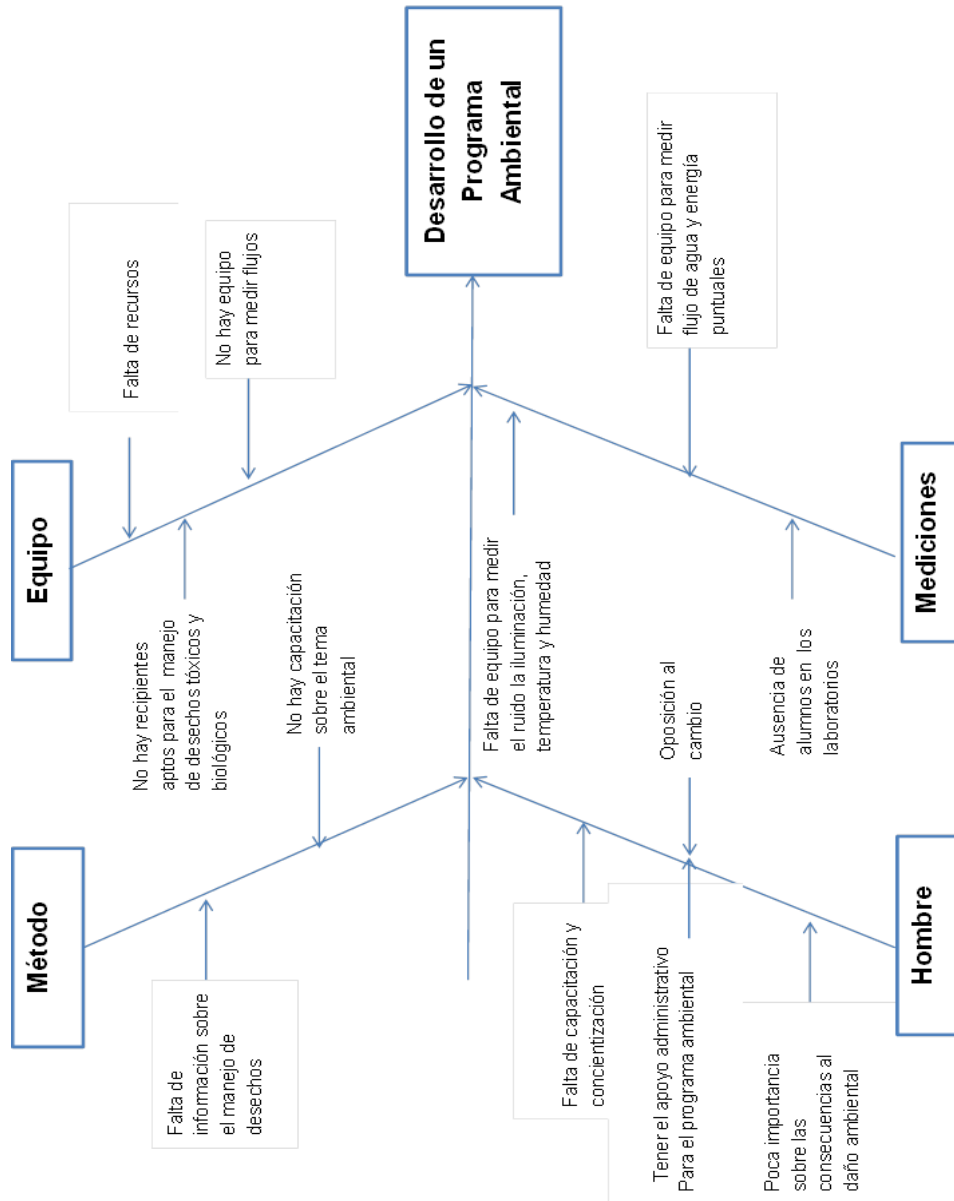
APÉNDICES

Figura 8. **Tabla de requisitos académicos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1.

Temas propuestos para la capacitación de estudiantes y personal docente y administrativo del ITUGS

1. Lavado eficiente de manos.
2. Uso de químicos de limpieza biodegradables para el lavado de cristalería y equipo.
3. Buenas prácticas ambientales .
4. Ahorro de energía.
5. Manejo de desechos químicos y biológicos.
6. Clasificación y reciclaje de desechos de laboratorio.
7. Normas ISO 14000.
8. Desarrollo sostenible.
9. Sistemas de gestión ambiental.
10. Energía renovable.

