



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN BASADO EN  
LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ISO 17025:2005 Y BUENAS  
PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
DE INGENIERÍA**

**Astrid Lorena Poncio Rosales**

Asesorado por la Inga. Lidia Carolina Schaeffer Girón

Guatemala, mayo 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN BASADO EN  
LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ISO 17025:2005 Y BUENAS  
PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
DE INGENIERÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ASTRID LORENA PONCIO ROSALES**

ASESORADO POR LA INGA. LIDIA CAROLINA SCHAEFFER GIRÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO 2011

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	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN  
BASADO EN LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ISO 17025:2005  
Y BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL CENTRO DE  
INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**

Tema que me fuere asignado por la dirección de la escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 19 de octubre de 2009.

  
Astrid Lorena Poncio Rosales

Guatemala, 16 de Agosto de 2010

Ingeniero:

César Ernesto Urquizú Rodas

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial


Facultad de Ingeniería

Respetable ingeniero:

Por medio de la presente le informo que he procedido a revisar el trabajo de graduación elaborado por la estudiante: Astrid Lorena Poncio Rosales con carné 2003 13138 de la carrera de Ingeniería Industrial, cuyo título es: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN BASADO EN LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ISO 17025:2005 Y BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA.**

Considero que el trabajo presentado por la estudiante ha sido desarrollado cumpliendo con los reglamentos y siguiendo las recomendaciones de asesoría, por lo que doy mi aprobación y solicito tramite correspondiente.

Sin otro particular me suscribo de usted.

  
Lidia Carolina Schaeffer Girón  
Ingeniera Industrial  
Col. No. 7545

---

Lidia Carolina Schaeffer Girón

Asesora



REF.REV.EMI.016.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN BASADO EN LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ISO 17025:2005 Y BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**, presentado por la estudiante universitaria **Astrid Lorena Poncio Rosales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Nora Leonor Elizabeth García Tobar  
Ingeniera Industrial  
Colegiado No. 8121

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar  
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.047.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN BASADO EN LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ISO 17025:2005 Y BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**, presentado por la estudiante universitaria **Astrid Lorena Poncio Rosales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2011.

/mgp



DTG. 139.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN BASADO EN LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ISO 17025:2005 Y BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA**, presentado por la estudiante universitaria **Astrid Lorena Poncio Rosales**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 11 de mayo de 2011.



/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme el maravilloso regalo de la vida, por permitirme llegar hasta este momento tan importante en mi vida y estar siempre presente; gracias Señor.
- Mi mamá** Por su apoyo incondicional, amor y paciencia, gracias por creer en mí; esto va dedicado a ti por todo tu esfuerzo al sacarnos adelante.
- Mi papá** Aunque ya no estés físicamente sé que siempre me acompañas y el tiempo que estuviste a mi lado siempre me alentaste a seguir adelante, cumplí nuestro sueño, muchas gracias por todo.
- Mis hermanos** Walter, por tu apoyo y cariño, Marta Beatriz por todos los momentos compartidos, por animarme, ayudarme y sobre todo, brindarme tu cariño.
- Mi hija Jhoseline** Porque eres el motor de mi vida y por ser la persona que me anima a ser mejor y salir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos</b>	Por ser la cuna de mis estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Porque dentro de sus aulas conocí y aprendí todo sobre mi nueva profesión.
<b>Ingeniero Oswin Melgar</b>	Por la oportunidad de realizar las prácticas y mi trabajo de graduación con él, en el Centro de Investigaciones de Ingeniería.
<b>Ingeniera Lidia Schaeffer</b>	Por asesorar mi trabajo de graduación, por su apoyo y confianza.
<b>Mi familia</b>	Tía Victoria, mis primas: Nanci, Marta y Rosario, a mis abuelitas: Marta Felipa Toscano (q.e.p.d.) y Petronila Enriquez (q.e.p.d.) las llevo en mi corazón, a todos los miembros de la familia por el apoyo y cariño brindado siempre.
<b>Mis amigos</b>	Julio Pérez, Robin Sapón, Humberto Cristales, Jorge Ortega y Alicia Catú, por su amistad y apoyo incondicional.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI

### 1. MARCO TEÓRICO

1.1.	Antecedentes del Centro de Investigaciones de Ingeniería .....	23
1.1.1.	Políticas .....	24
1.1.2.	Objetivos y funciones .....	25
1.1.3.	Recursos humanos .....	26
1.1.4.	Cuerpo ejecutivo .....	27
1.1.5.	Ubicación .....	27
1.1.6.	Visión .....	28
1.1.7.	Misión.....	28
1.1.8.	Organigrama general .....	29
1.1.9.	Sección Gestión de la Calidad .....	30
1.1.9.1.	Antecedentes de la sección Gestión de la Calidad.....	30
1.1.9.2	Funciones .....	31
1.2.	Plan USAC 2022.....	33
1.2.1.	Enfoque y principios de la planificación estratégica en la USAC .....	33
1.2.2.	Ejes y áreas estratégicas .....	35

1.2.3.	Programación estratégica .....	35
1.2.3.1.	Área académica .....	36
1.2.3.1.1.	Eje investigación.....	36
1.2.3.1.2.	Eje docencia .....	36
1.2.3.1.3.	Eje extensión .....	37
1.2.3.2.	Área liderazgo institucional.....	37
1.2.3.2.1.	Eje investigación.....	37
1.2.3.2.2.	Eje docencia .....	38
1.2.3.2.3.	Eje extensión .....	38
1.2.3.3.	Área sistema de gobierno y administración.....	38
1.2.3.3.1.	Eje de investigación.....	38
1.2.3.3.2.	Eje docencia .....	39
1.2.3.3.3.	Eje extensión .....	39
1.3.	Iluminación industrial .....	40
1.3.1.	Generalidades.....	40
1.3.2.	Tipos de iluminación .....	41
1.3.3.	Niveles de iluminación .....	43
1.3.4.	Luminarias .....	46
1.3.4.1.	Clasificación de las luminarias.....	47
1.3.5.	Lámparas.....	48
1.3.5.1.	Clasificación de las lámparas .....	50
1.3.6.	Métodos de diseño.....	52
1.4.	Ventilación industrial.....	53
1.4.1.	Importación de la ventilación.....	54
1.4.2.	Sistemas de ventilación .....	55
1.4.2.1.	Ventilación natural .....	55
1.4.2.2.	Ventilación forzada o mecánica .....	57
1.4.2.2.1.	Inyectores .....	58
1.4.2.2.2.	Extractores .....	59
1.4.3.	Principios de la ventilación.....	59

1.4.4.	Extracción localizada.....	60
1.5.	Norma ISO 17025:2005.....	62
1.5.1.	Requerimiento de la norma apartado 5.3 sobre el entorno de trabajo.....	64
1.6.	Manual Buenas Prácticas de Laboratorio .....	64
1.6.1.	Requerimientos sobre condiciones ambientales en laboratorios .....	64
1.7.	Laboratorio de Química Industrial.....	65
1.7.1.	Descripción general.....	66
1.7.2.	Equipo utilizado .....	66
1.7.3.	Personal .....	67
1.7.4.	Ensayos realizados .....	67
1.7.5.	Descripción del ensayo a acreditar .....	68
1.7.5.1.	Requerimientos ambientales del ensayo ...	69
1.8.	Laboratorio de Microbiología .....	69
1.8.1.	Descripción general.....	70
1.8.2.	Equipo utilizado .....	74
1.8.3.	Personal .....	74
1.8.4.	Ensayos realizados .....	77
1.8.5.	Descripción del ensayo a acreditar .....	77
1.8.5.1.	Requerimientos ambientales del ensayo ...	79
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	
2.1.	Laboratorio de Química Industrial.....	81
2.1.1.	Descripción del área de trabajo.....	81
2.1.2.	Análisis de las condiciones actuales de iluminación ....	81
2.1.2.1.	Estado de las luminarias y lámparas.....	83
2.1.2.2.	Gráfica de la distribución actual .....	84
2.1.3.	Análisis del sistema de ventilación actual .....	85

2.2.	Laboratorio de Microbiología .....	86
2.2.1.	Descripción del área de trabajo .....	86
2.2.2.	Análisis de las condiciones actuales de iluminación ....	86
2.2.2.1.	Estado de las luminarias y lámparas .....	88
2.2.2.2.	Gráfica de la distribución actual.....	89
2.2.3.	Análisis del sistema de ventilación actual .....	90
3.	DISEÑO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA INDUSTRIAL Y MICROBIOLOGÍA	
3.1.	Laboratorio de Química Industrial.....	91
3.1.1.	Diseño de iluminación.....	91
3.1.1.1.	Factores que determinan el diseño de iluminación .....	91
3.1.1.2.	Método de diseño .....	92
3.1.1.2.1.	Iluminación natural.....	92
3.1.1.2.1.1.	Plano de distribución....	93
3.1.1.2.2.	Utilización o rendimiento.....	94
3.1.1.2.2.1.	Plano de distribución..	100
3.1.2.	Diseño de ventilación.....	101
3.1.2.1.	Factores que determinan el diseño de ventilación .....	101
3.1.2.2.	Métodos de ventilación .....	101
3.1.2.2.1.	Natural .....	101
3.1.2.2.2.	Forzada .....	104
3.2.	Laboratorio de Microbiología .....	111
3.2.1.	Diseño de iluminación.....	112

3.2.1.1.	Factores que determinan el diseño de Iluminación.....	112
3.2.1.2.	Método de diseño.....	112
3.2.1.2.1.	Iluminación natural.....	113
3.2.1.2.1.1.	Plano de distribución..	113
3.2.1.2.2.	Utilización o rendimiento .....	114
3.2.1.2.2.1.	Plano de distribución..	117
3.2.2.	Diseño de ventilación .....	118
3.2.2.1.	Factores que determinan el diseño de ventilación.....	118
3.2.2.2.	Métodos de ventilación .....	118
3.2.2.2.1.	Natural .....	118
3.2.2.2.2.	Forzada.....	120
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN	
4.1.	Instalación de los sistemas de iluminación y ventilación .....	127
4.2.	Mano de obra necesaria para la instalación .....	128
4.3.	Cronograma de la instalación .....	128
4.4.	Supervisión de las actividades de instalación.....	129
4.4.1.	Cuestionario de evaluación de cada instalación.....	130
4.4.2.	Evaluación del funcionamiento.....	132
4.5.	Capacitación del personal de mantenimiento .....	134
5.	CONTROL Y MANTENIMIENTO	
5.1.	Guía de control del buen funcionamiento del sistema .....	135
5.1.1.	Ficha de control.....	135
5.1.2.	Cronograma de revisiones .....	137

5.2.	Mantenimiento preventivo .....	137
5.2.1.	Plan de mantenimiento .....	137
5.2.1.1.	Frecuencia .....	138
5.2.1.2.	Actividades a realizar .....	138
	CONCLUSIONES.....	141
	RECOMENDACIONES .....	143
	BIBLIOGRAFÍA.....	145
	ANEXOS.....	147



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama general del CII .....	29
2.	Clasificación de luminarias por porcentaje de flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal.....	47
3.	Clasificación de luminarias, según el número de planos de simetría .....	48
4.	Organigrama laboratorio de Química Industrial .....	67
5.	Organigrama institucional Microbiología.....	75
6.	Organigrama del laboratorio unificado.....	76
7.	Gráfica dimensiones y ubicación de luminarias laboratorio Química Industrial.....	84
8.	Gráfica dimensiones y ubicación de luminarias laboratorio Microbiología .....	89
9.	Gráfica propuesta para la distribución, iluminación natural laboratorio Química Industrial.....	93
10.	Gráfica propuesta para la distribución, iluminación artificial laboratorio Química Industrial.....	100
11.	Gráfica propuesta para la distribución, iluminación natural laboratorio Microbiología .....	113
12.	Gráfica propuesta para la distribución, iluminación artificial laboratorio Microbiología .....	117

## TABLAS

I.	Recursos humanos del CII.....	26
II.	Porcentaje de reflectancia de algunos materiales .....	41
III.	Niveles de iluminación recomendados.....	44
IV.	Lámparas más utilizadas .....	49
V.	Características de la lámpara no halógena.....	51
VI.	Efectos de la concentración de oxígeno en los seres humanos .....	56
VII.	Volumen de aire necesario por persona $h/m^3$ .....	57
VIII.	Estado de iluminación actual Química Industrial .....	82
IX.	Estado de luminarias y lámparas Química Industrial .....	83
X.	Factores de mantenimiento .....	83
XI.	Sistema de ventilación actual Química Industrial.....	85
XII.	Estado de iluminación actual Microbiología .....	87
XIII.	Estado de luminarias y lámparas Microbiología.....	88
XIV.	Sistema de ventilación actual Microbiología .....	90
XV.	Porcentajes de área de piso para iluminación natural .....	92
XVI.	Porcentajes de reflectancia según el color .....	94
XVII.	Factores de peso de nivel de iluminación .....	95
XVIII.	Suma de los factores de peso .....	95
XIX.	Clasificación de las luminarias según el porcentaje de luz .....	96
XX.	Coefficiente de Utilización K .....	97
XXI.	Cálculo de coeficiente de utilización .....	98
XXII.	Altura de suspensión de lámparas.....	98
XXIII.	Renovación de aire en número de veces/hora .....	102
XXIV.	Coefficiente según dirección de viento.....	102
XXV.	Cálculo de cargas de enfriamiento Química Industrial .....	104
XXVI.	Cálculo de coeficiente de utilización .....	115

XXVII.	Cálculo de cargas de enfriamiento Microbiología.....	120
XXVIII.	Cronograma de instalación.....	129
XXIX.	Cronograma de revisiones y mantenimiento .....	137



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$	Btu por hora
$\text{Btu}/\text{lb}_{\text{aire seco}}$	Btu por libra de aire seco
<b>K</b>	Coefficiente de utilización
<b>C</b>	Coefficiente dirección de viento
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
$\text{gr}/\text{lb}$	Gramo por libra
$\frac{\text{h}}{\text{m}^3}$	Hora por metro cúbico
<b>lum</b>	Lúmenes
<b>m</b>	Metro
$\text{m}^2$	Metro cuadrado
$\text{m}^3$	Metro cúbico
$\frac{\text{m}}{\text{s}}$	Metro por segundo
<b>ft</b>	Pie

***ft<sup>2</sup>***

Pie cuadrado

***p<sup>3</sup>/lb***

Pie cúbico por libra

***p<sup>3</sup>/min***

Pie cúbico por minuto

**%**

Porcentaje

**w**

Watt

## GLOSARIO

<b>ASHRAE</b>	Sociedad Americana de Ingeniería en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.
<b>BTU</b>	<i>British Thermal Unit.</i> Unidad térmica inglesa. Es la cantidad de calor necesario que hay que sustraer a una libra de agua, para disminuir su temperatura a 1 °F. equivale a 0.252 Kca.
<b>Calidad</b>	Cualidad y propiedad inherente de las cosas que les permite satisfacer una necesidad.
<b>Carta psicométrica</b>	Representación gráfica de la relación entre las propiedades termodinámicas del aire atmosférico.
<b>CII</b>	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
<b>CSU</b>	Consejo Superior Universitario.
<b>Espectrofotómetro</b>	Aparato para comparar la intensidad de los colores correspondientes de dos espectros luminosos.

<b>Filamento</b>	Hilo en espiral que genera luz por acción de la temperatura en las lámparas incandescentes.
<b>Halógeno</b>	Elemento químico electronegativo capaz de formar sales haloideas al combinarse con un metal.
<b>Humedad</b>	Condición del aire con respecto a la cantidad de vapor de agua que contiene.
<b>Incandescencia</b>	Estado de un cuerpo en el que éste se convierte en luminoso por elevación de su temperatura.
<b>LUX</b>	Unidad derivada del sistema internacional de unidades para la iluminancia o nivel de iluminación.
<b>Misión</b>	Define la razón de ser de la empresa, condiciona sus actividades presentes y futuras, proporciona unidad, sentido de dirección y guía en la toma de decisiones estratégicas.
<b>Potenciómetro</b>	Aparato que se emplea para medir las diferencias de potencial.



<b>Psicometría</b>	Ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el <i>comfort</i> humano.
<b>Reactivo</b>	Sustancia que interactúa con otra en una reacción química que da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta.
<b>Reflectancia</b>	Relación entre el rayo incidente y la radiación reflejada por éste en una superficie.
<b>Toxicidad:</b>	Capacidad o propiedad de una sustancia de causar efectos adversos sobre la salud.
<b>USAC</b>	Universidad de San Carlos de Guatemala.
<b>Visión</b>	Define y describe la situación futura que desea tener la empresa, el propósito de la visión es guiar, controlar y alentar a la organización en su conjunto para alcanzar el estado deseable de la organización.
<b>Wolframio</b>	También llamado tungsteno es un elemento químico de número atómico 74 que se encuentra en el grupo 6 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es W.



## RESUMEN

En el Centro de Investigaciones de Ingeniería, se está trabajando por lograr la acreditación de ensayos de laboratorio bajo la norma ISO 17025:2005, para lograrlo se debe contar con las condiciones adecuadas para realizar los ensayos.

El diseño de un sistema de iluminación y ventilación para los laboratorios de Química Industrial y Microbiología es un paso adelante para lograr la acreditación; ya que con la implementación de ellos mejorarán considerablemente las condiciones bajo las cuales se realizan los ensayos.

La importancia de la acreditación para los laboratorios está en que al obtenerla se demuestra que se tiene un sistema de gestión de calidad, cumplen con las condiciones ambientales, son competentes técnicamente y que los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos acreditados son válidos. La acreditación es un reconocimiento que brinda a los profesionales y a los estudiantes la tranquilidad de que el servicio que se presta en el CII es confiable.

Las condiciones de los laboratorios no son las adecuadas, por el deficiente funcionamiento de las luminarias, falta de mantenimiento y porque los ensayos deben de realizarse a cierta temperatura; para la cual se necesita un buen sistema de ventilación, viéndose en la necesidad de realizar un nuevo diseño.

Para el nuevo diseño de iluminación en los laboratorios, se utilizó el método de utilización o rendimiento, para el diseño de aire acondicionado se tomaron en cuenta las condiciones ambientales predominantes en Guatemala; carta psicométrica y se realizó un estudio de todos los factores generadores de calor en cada laboratorio; personas, equipo e infraestructura del lugar.

También se realizó un diseño propuesto de iluminación y ventilación natural, utilizando los métodos adecuados para esto; los cuales se podrán poner en práctica en el caso de que la estructura del edificio pueda ser modificada, o en caso de traslado del laboratorio construyendo un nuevo edificio con las características necesarias.

Como parte del seguimiento se describen actividades de instalación, así como mantenimiento preventivo; para evitar fallos en los equipos y una guía de control para verificar el buen funcionamiento del sistema.

# **OBJETIVOS**

## **GENERAL**

Proponer un sistema de iluminación y ventilación eficiente para los laboratorios de Microbiología y Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, para mejorar las condiciones en el área de trabajo.

## **ESPECÍFICOS**

1. Elaborar una guía práctica para diseñar un sistema de iluminación y ventilación en laboratorios de ensayo.
2. Realizar un diagnóstico de la situación actual del área de trabajo, tanto lo que se encuentra bien, como lo que se debe mejorar o reemplazar.
3. Diseñar un sistema de iluminación eficiente que proporcione una iluminación excelente en el desarrollo de las actividades en los laboratorios.
4. Diseñar un sistema de ventilación adecuado que ayude al correcto desempeño del personal.
5. Comparar la iluminación y ventilación actual con el diseño propuesto.
6. Elaborar una guía para la instalación del nuevo sistema de ventilación e iluminación.

7. Elaborar una guía para el control del buen funcionamiento del nuevo sistema como parte del seguimiento.
8. Realizar una guía de acciones mínimas como parte del mantenimiento preventivo.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el avance tecnológico y la presión que existe en un mundo de competencia, se han creado normas que definen los estándares mínimos que se deben cumplir para contar con el reconocimiento internacional.

La norma ISO 17025:2005 está enfocada en los requisitos específicos que debe de llenar un laboratorio para demostrar su calidad técnica, dando validez, a los resultados obtenidos.

En el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se está luchando por acreditar algunos de los ensayos que son realizados en distintos laboratorios de esta institución.

En la actualidad no se cuenta con las condiciones óptimas para obtener un resultado de conformidad con los parámetros especificados, para lo cual se ve en la necesidad de implementar mejoras en los laboratorios. Reacondicionar las condiciones de trabajo será de utilidad para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería y para los profesionales egresados de esta institución; ya que con ello se da un paso hacia la acreditación, la cual es importante para que los títulos de profesionales adquiridos en este país sean reconocidos y validados en otros países.





# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes del Centro de Investigaciones de Ingeniería

El Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) es una institución dedicada al apoyo y fomento del cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la Facultad de Ingeniería. Fue creado por Acuerdo del Consejo Superior Universitario de fecha 27 de julio de 1,963 y está integrado por todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La base para la construcción del Centro fue la unificación de los laboratorios de Materiales de Construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas en el año 1,959, y la subsiguiente adición a los mismos del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria en 1,962 en unión de otros laboratorios docentes de la Facultad de Ingeniería. En 1,965 se agregó al CII, el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Municipalidad de Guatemala.

En 1,977 se establecieron las unidades de Investigación en Fuentes no Convencionales de Energía y Tecnología de Construcción de la Vivienda. En 1,978 fue creado el Centro de Información para la Construcción (CICON), el cual se encuentra adscrito al CII. En 1980 unieron esfuerzos, la Facultad de Arquitectura y la Unidad de Tecnología de la Construcción de Vivienda, para organizar el Programa de Tecnología para los Asentamientos Humanos, del cual se obtuvieron relaciones nacionales e internacionales.

En 1,997 se adhirió al CII la Planta Piloto de Extracción Destilación, cuyo funcionamiento como apoyo, tanto a la investigación como a la prestación de servicios se inició en la década de los 90s. En esta misma década, se dio impulso al Laboratorio de Metrología Eléctrica, cuya formación data de muchos años y se consideró la ampliación del laboratorio de Metrología Eléctrica.

En el 2007 se inicia la ampliación en estructura del CII, con la construcción del 3er nivel del edificio T-5 y de un edificio en el área de prefabricados; además de la remodelación y modernización de los laboratorios de química en el edificio T-5, las cuales son inauguradas en el año 2008.

En el año 2009 se crea el Laboratorio de Investigación en Extractos Vegetales, LIXVE, antes Planta Piloto de Extracción-Destilación, como parte de la sección de Química Industrial. Así mismo se crea la Planta Piloto de Extracción de Biodiesel en dicho laboratorio, en el mes de agosto de 2009. Además, se hacen los trámites respectivos para la creación de la Sección de Tecnología de la madera, la cual está actualmente pendiente de ingresar a Junta Directiva para la aprobación de la misma.

### **1.1.1. Políticas**

El CII, básicamente da seguimiento a lo establecido por la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia como función primordial para la obtención de resultados positivos para el desarrollo del país, según está indicado en el Punto Segundo del Acta 48-91, de la sesión celebrada por el Consejo Superior Universitario con fecha 25 de octubre de 1,991.

Para el cumplimiento del programa de investigación se ha establecido una relación directa con el consejo coordinador e impulsor de la investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CONCIUSAC) cuyo ejecutor es la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI) y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT). Los programas de Docencia se ejecutan mediante prácticas de laboratorio, con apoyo a diferentes escuelas de la Facultad de Ingeniería y otras facultades y la promoción en la realización de trabajos de graduación, tanto para estudiantes de los niveles de pre-grado como para estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.

### **1.1.2. Objetivos y funciones**

Objetivos:

- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como un instrumento para la resolución de problemas de diversos campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.
- Prestar sus servicios preferentemente a las entidades participantes del CII y ofrecer los mismos a entidades y personas que mediante convenios específicos deseen participar en las actividades del Centro en forma cooperativa o bien utilizar sus recursos en la resolución de sus problemas técnicos específicos.
- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos mediante programas de docencia práctica y adiestramiento y la promoción de realización de trabajos de graduación en sus laboratorios y unidades técnicas.

## Funciones:

- Fomentar y contribuir a la realización de estudios e investigaciones en diferentes áreas de ingeniería, en especial aquellos que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país, y que estén orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.
- Realizar programas docentes en áreas de su competencia para colaborar en la formación de profesionales y técnicos y promover la realización de trabajos de graduación en sus laboratorios.
- Colaborar en el adiestramiento de técnicos de laboratorio y en la formación de operarios calificados, especialmente en los campos de la construcción y la ingeniería sanitaria.
- Colaborar con los servicios de extensión universitaria.
- Realizar análisis y ensayos de comprobación de calidad de materiales y productos de diversa índole, en áreas de su competencia.
- Realizar inspecciones, evaluaciones, expertaje y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en materia de su competencia.

### 1.1.3. Recursos humanos

**Tabla I. Recursos humanos del CII**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>USAC</b>	<b>Municipalidad de Guatemala</b>	<b>TOTAL</b>
Operativo	6	2	8
Administrativo	10	1	11
Profesional	24	2	26
Técnico	27	4	31
<b>TOTALES</b>	<b>67</b>	<b>9</b>	<b>76</b>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Guatemala marzo 2010

#### **1.1.4. Cuerpo ejecutivo**

Para la ejecución de las actividades del CII, se cuenta con las siguientes secciones:

- Gestión de la Calidad
- Concretos, Agregados, Aglomerantes y Morteros
- Química y Microbiología Sanitaria
- Metrología Industrial
- Química Industrial
- Metales y Productos Manufacturados
- Mecánica de Suelos
- Tecnología de Materiales
- CICON (Centro de Información a la Construcción)
- Estructuras
- Topografía y Catastro
- Tecnología de la Madera
- Unidad de Seguridad Industrial Ocupacional (en formación)
- Oficina de Investigación en Tecnología de la Información y las Comunicaciones TIC'S (en formación)

#### **1.1.5. Ubicación**

Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII  
de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC  
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2.  
TEL. (502) 2418-9115  
Fax (502) 2418-9121

### **1.1.6. Visión**

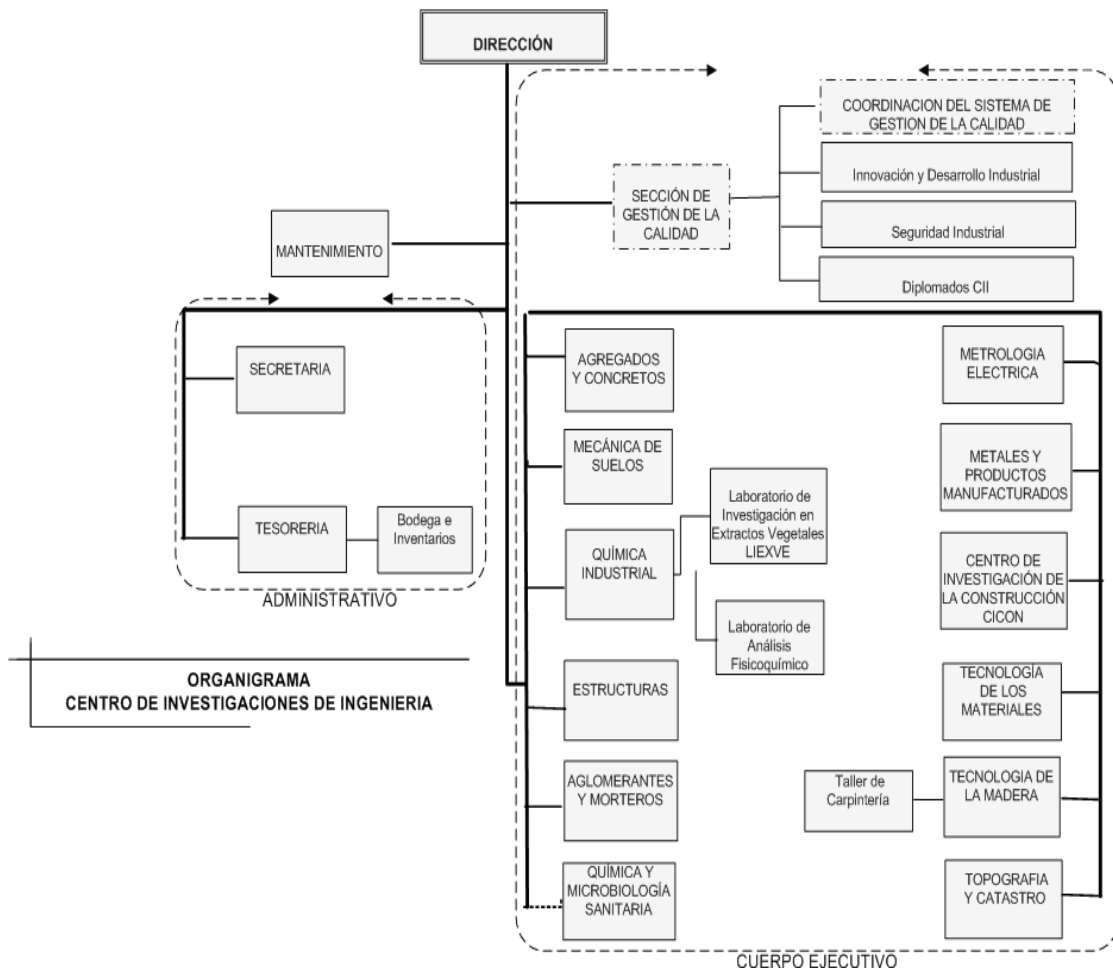
Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada al optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; impartir docencia de los recursos y laboratorios afines a las Escuelas de la Facultad de Ingeniería; contribuir al desarrollo de la prestación de servicios de Ingeniería de alta calidad científico tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; propiciar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la república de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mantener el liderazgo en todas las áreas de Ingeniería a nivel nacional e internacional y centroamericano, en materia de investigación, análisis y ensayos de control de calidad, expertaje, asesoría técnica y consultaría, formación de recurso humano, procesamiento y divulgación de información técnica y documental, análisis, elaboración y aplicación de normas.

### **1.1.7. Misión**

Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén orientados a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar estructuras y productos terminados de diferente índole; impartir cursos y laboratorios afines a las Escuelas de la Facultad de Ingeniería, desarrollar programas de formación profesional, técnicos de laboratorio y operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y divulgar información técnica y documental en las materias con la ingeniería.

### 1.1.8. Organigrama general

Figura 1. Organigrama general del CII



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Guatemala marzo 2010

### **1.1.9. Sección Gestión de la Calidad**

Es la encargada de velar el cumplimiento de las normas, así como asegurar la calidad en los procesos y ensayos que se llevan a cabo en Centro de Investigaciones de Ingeniería, también está a cargo de la innovación y desarrollo de la industria, la seguridad industrial y los diferentes diplomados que se imparten por parte del CII, tanto al personal como a personas particulares.

Presta servicio al estudiantado de la Facultad, realizando proyectos de trabajos de graduación, prácticas laborales y Ejercicio Profesional Supervisado, proponiendo y ejecutando proyectos de beneficio general basado en investigación y desarrollo de ideas novedosas.

#### **1.1.9.1. Antecedentes de la sección Gestión de la Calidad**

Metodología para organizar la sección de la calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería:

- Dividir o separar en partes el trabajo total que se tiene que hacer. Incluye la definición de los problemas a resolver y los objetivos que se persiguen.
- Definición de las líneas de autoridad y responsabilidades asociadas con cada puesto de trabajo.
- Definición de las relaciones que tendrán entre sí las partes en que se dividirá la sección.
- Descripción del trabajo específico de cada parte de la sección, teniendo cuidado de reducir a un mínimo prudencial los puntos de supervisión.



- Planeación de la calidad que se espera obtener.
- Establecimiento del organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería, donde se muestre claramente el lugar de la sección de la calidad.

Las decisiones tomadas por la sección de la calidad, deben de llegar directamente al Director del Centro; es decir, debe de poseer una independencia absoluta de las demás secciones adquiriendo de esta forma criterio único de decisión con responsabilidad completa. Así, las decisiones serán tomadas con mayor objetividad y estará en completa libertad de indicar cualquier actividad que esté entorpeciendo la obtención de una calidad especificada en las áreas de servicio.

Para una buena organización de la sección de la calidad y la ejecución del sistema de la calidad, es necesario hacer conciencia, en los jefes de las demás secciones, de la importancia de su esfuerzo individual.

### **1.1.9.2. Funciones**

#### Planeación

- Estará informado de los objetivos, de la política y de los planes del Centro.
- Desarrollará el sistema de la calidad del laboratorio de materiales de construcción, en el que estarán incluidos la política de la calidad, los objetivos, organizaciones, procedimientos y evaluaciones, así como la documentación y su distribución para promover el sistema de calidad.

- Formulará los programas, estándares y técnicas necesarias para llevar a efecto los objetivos del sistema de la calidad y mediante su aprobación hacer que se cumplan tales programas.

## Organización

- Forjar una estructuración sólida para la ejecución de las actividades de los componentes del sistema de la calidad en todas sus fases.
- Establecer funciones en los componentes de control y dotarlas de personal capacitado, delegando la autoridad y responsabilidades necesarias y asegurar su funcionamiento.
- Instruir, aconsejar y revisar los trabajos con respecto a la calidad de las demás secciones del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

## Integración

- Cuidar de la utilización de los recursos que el Centro de Investigaciones de Ingeniería le asigne para el logro de los objetivos de manera efectiva y económica.
- Hacer que las personas que forman parte de las secciones del CII conozcan sus responsabilidades, su jerarquía y los límites de su autoridad, promoviendo unidad de esfuerzo para el bien común.
- Suministrar facilidades y el equipo para la inspección, pruebas y estimación de la calidad de los ensayos del Centro, así como la conservación del equipo

## Dirección

Conservar contacto con las secciones del laboratorio de materiales para asegurarse que los ensayos estén de acuerdo con las especificaciones impuestas por las normas y las necesidades de los clientes.

## Control

- Mantener contacto con los clientes para conocer de manera detallada las funciones que el laboratorio debe desempeñar, a fin de satisfacer al consumidor.
- Actuar de la forma más conveniente para el cumplimiento de sus obligaciones, siempre que tales actuaciones no lo aparten de la política establecida por el centro.

## **1.2. Plan USAC 2022**

Define las líneas estratégicas para el desarrollo de la investigación en la USAC, visualizado en el año 2022; ya que para ese momento se ve un mundo globalizado, en el cual existirán diversos tratados internacionales incluidos los que van orientados al uso adecuado de los avances en ciencia y tecnología como base del desarrollo.

### **1.2.1. Enfoque y principios de la planificación estratégica en la USAC**

El vínculo entre universidad y sociedad constituye el marco general considerado en el desarrollo e implementación del Plan Estratégico USAC-

2022, los objetivos están dirigidos a proporcionar respuestas a las necesidades de la sociedad guatemalteca.

Para el desglose analítico de las áreas estratégicas se toma en cuenta:

- Relación entre el Estado guatemalteco y la universidad
- Demandas de la sociedad civil a la universidad
- Rol de la USAC ante la problemática nacional e internacional
- Relación de la USAC con el sistema productivo
- Relación entre mercado laboral y formación universitaria

#### Enfoques

- Multicultural e intercultural
- Género
- Ambiental

#### Principios

- Ética
- Equidad
- Eficiencia
- Eficacia
- Sostenibilidad
- Participación

### **1.2.2. Ejes y áreas estratégicas**

Los ejes estratégicos de acción de la USAC:

- Investigación: actividad para descubrir comprender los fenómenos de la naturaleza y la sociedad.
- Docencia: actividad orientada a la búsqueda del conocimiento.
- Extensión: actividad orientada a la aplicación de los conocimientos.

Áreas estratégicas de intervención sobre los ejes:

- Académica: es el fin primordial de la universidad, en niveles de pre-grado, grado y post-grado.
- Liderazgo institucional: la posición académico-política para contribuir en la resolución de problemas de la nación.
- Sistema de gobierno y administración.

### **1.2.3. Programación estratégica**

Línea estratégica:

- Análisis y enriquecimiento del marco filosófico de la USAC: cada unidad académica deberá adueñarse del Marco Filosófico de la USAC tomándolo como referencia en la planificación de sus actividades y crear su propio marco filosófico.
- Enriquecimiento y vinculación con la misión, visión y el escenario futurible de la USAC: cada unidad académica deberá analizar la misión, la visión y el escenario futurible de la USAC y usarlos como referencia para elaborar sus propias metas.

### **1.2.3.1. Área académica**

Las unidades académicas deberá emprender la realización de su oferta de productos universitarios que incluye: programas académicos, egresados, investigaciones y trabajos de extensión y servicios universitarios.

Estudiar la demanda de productos universitarios que requiere la sociedad guatemalteca y que la USAC no los ofrece.

#### **1.2.3.1.1. Eje investigación**

Los institutos y centros de investigación que funcionan en las diferentes unidades académicas deben estar representados en el CONCIUSAC, de forma que participen en la construcción de la temática para cada área del conocimiento.

#### **1.2.3.1.2. Eje docencia**

La Dirección General de Docencia con las unidades académicas y el personal, promoverán la evaluación, de los diferentes programas pregrado, grado y postgrado de cada unidad, con el fin de ver la problemática y proponer correctivos pertinentes para mantener un alto nivel académico en los mismos.

La Dirección General de Docencia con las unidades académicas, promoverán la evaluación y formulación de diseños y rediseños curriculares en todas las unidades académicas.

Incluye la formación social humanística en todas las carreras, así también se dará un impulso especial al desarrollo de las ciencias básicas (filosofía, matemáticas, química, física, biología) con prácticas estudiantiles y Ejercicio

Profesional Supervisado, para que los profesionales egresados tengan la capacidad social humanística y científico-tecnológica que exige el mundo contemporáneo y dar respuestas viables y pertinentes a las demandas de la sociedad.

#### **1.2.3.1.3. Eje extensión**

Para el nivel macro de toda la USAC, bajo la tutela del rector, los directores generales deben fomentar la realización de actividades conjuntas que permitan el desarrollo de investigaciones en apoyo a la docencia y la extensión, la realización de actividades de extensión que realimenten la docencia, investigación y actividades de docencia tomando en cuenta los aportes de la investigación y la extensión.

#### **1.2.3.2. Área liderazgo institucional**

La Dirección General de extensión con las unidades académicas, de acuerdo con la misión y visión de la USAC, deben desarrollar los programas por medio de los cuales se logre la vinculación de la universidad con los sectores económico, social y político, para dar soluciones a la problemática nacional.

##### **1.2.3.2.1. Eje investigación**

Utilizar la investigación para fundamentar propuestas de iniciativas de ley y políticas en todos los ámbitos de la vida social, económica y política que demande el desarrollo del país y la región.

#### **1.2.3.2.2. Eje docencia**

Este eje está orientado a los procesos de enseñanza aprendizaje para conocimiento de la realidad nacional y sus relaciones internacionales.

#### **1.2.3.2.3. Eje extensión**

Fortalecimiento de las relaciones USAC-Estado, para el cumplimiento de:

- a) Constitución Política de la República
- b) Acuerdos de Paz
- c) Acuerdos nacionales y regionales
- d) Incidir en las políticas públicas.

#### **1.2.3.3. Área sistema de gobierno y administración**

Es la encargada de fortalecer el sistema de planificación para el desarrollo universitario.

#### **1.2.3.3.1. Eje de investigación**

La Dirección General de Investigación, deberá apoyar una amplia participación de las unidades académicas en el seno del consejo coordinador e impulsor de la investigación de la USAC, para ejecutar políticas de investigación correspondientes, especialmente en el área académica y en el área de liderazgo institucional.



La Dirección General de Investigación será la responsable de:

- a) Actualizar los programas universitarios de investigación tomando en cuenta los planteamientos presentados en las líneas estratégicas, especialmente en el área académica y en el área de liderazgo institucional.
- b) Realizar una propuesta para el estatuto de la carrera del investigador dentro de la USAC.
- c) Gestionar la ampliación de los recursos destinados a la investigación en la USAC.
- d) Asumir un papel protagónico ante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

#### **1.2.3.3.2 Eje docencia**

Las unidades académicas deben promover la creación de modalidades de docencia, en las cuales, la enseñanza aprendizaje se lleve a cabo en un ambiente real y propio de un proceso productivo y que además sea capaz de generar recursos adicionales al funcionamiento de la Universidad.

#### **1.2.3.3.3 Eje extensión**

La Dirección general de extensión consolidará el consejo de extensión y promoverá la creación y el funcionamiento de las coordinaciones de extensión en todas las unidades académicas. Como parte del sistema de extensión, se deberá generar información pertinente sobre los beneficios que representan a la sociedad guatemalteca la actividad de la USAC.

### **1.3. Iluminación industrial**

Se refiere a las condiciones óptimas que el edificio debe de proporcionar en tema de iluminación para el correcto desarrollo de las actividades, así como obtener esta iluminación adecuada con el menor costo.

El tipo de iluminación y la forma en como se diseña esta varía significativamente según el tipo de actividad, la industria, los materiales que se manejan y las características del lugar.

Los objetivos de una buena iluminación:

- a) Contar con un adecuado ambiente visual que se lograra cumpliendo con los requerimientos de la tarea y del local.
- b) Debe de proveer confort general todo el tiempo.
- c) Observar cada detalle y todas las partes del local sin dificultad y una tarea visual debe de realizarse sin esfuerzo.

#### **1.3.1. Generalidades**

- La unidad utilizada para medir la iluminación es el pie-candela o LUX
- Intensidad luminosa: se refiere a la intensidad de la luz dentro de un pequeño ángulo en una dirección específica.
- Contraste: es la diferencia relativa en intensidad entre un punto de una imagen y sus alrededores.
- Reflectancia: capacidad que tiene cada color de poder reflejar la luz, estos porcentajes se definen en la siguiente tabla:

**Tabla II. Porcentaje de reflectancia de algunos materiales**

Reflejo de...	% de reflectancia
Vidrio	80-90%
Pintura blanca	75-90%
Esmalte de porcelana	60-90%
Pintura de aluminio	60-70%
Papel periódico	55%
Concreto	55%
Bronce	35%
Hierro colado	25%
Tinta de impresión	15%
Pintura negra	3-5%
Mobiliario y equipo	25-45%
Piso	20-40%

Fuente: Manual de Iluminación, Curso Ingeniería de Plantas Ingeniería USAC. Pag. 65 Guatemala mayo 2010

- Iluminancia: se refiere a cualquier objeto y es una medida del número de lúmenes por unidad de área que se dirige a una dirección particular.
- Brillantez: efecto que la iluminancia produce en el ojo y en el cerebro. Su unidad es el nit, entre más luz mas brillo.

### **1.3.2. Tipos de iluminación**

La iluminación puede ser

- a) Natural: este tipo de iluminación consiste en colocar ventanas u otras aberturas y superficies reflectantes, a fin de que durante el día, la luz natural ofrezca una eficaz iluminación interior. Se planea y diseña con la estructura del edificio en si, la iluminación natural además de proveer calidad y cantidad de luz tiene algunas ventajas:

- Es energía renovable, implica en términos de costos la mejor opción.
- La luz solar es dinámica, cambia al pasar el día y las estaciones lo cual es bueno para el ojo humano, ya que éste está desarrollado para este tipo de luz y esos cambios.

La iluminación natural bien diseñada debe de cumplir con los requerimientos del local, y debe de ser entre 60% y 80% del total de horas de luz natural que representa un ahorro en energía eléctrica en edificios en donde se trabaja jornada diurna.

La iluminación debe de ser abundante y uniformemente distribuida, con el fin de evitar proyección de sombras y contrastes, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Es muy importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas.
- Un lugar pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos.
- Los acabados brillantes permiten mayor reflexión de la luz y dan como resultado mejor iluminación.

La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas se divide en:

- Unilateral: cuando solo un lado del ambiente tiene ventanas
- Bilateral: cuando hay ventanas en las paredes laterales del ambiente
- Central: se da por medio de ventanas colocadas en el techo

b) Forzada

El diseño se basa en colocar lámparas a una distancia tal que la cobertura de luz de ellas no se cruce para aprovechar al máximo la luz artificial.

La altura a que se colocan las lámparas con respecto al suelo también influye en la intensidad de la luz sobre la superficie de trabajo.

### **1.3.3. Niveles de iluminación**

Para determinar el nivel de iluminación de los ambientes, se debe de tomar en cuenta los valores recomendados para cada una de las tareas y el entorno. La división general son tareas con requerimientos lumínicos mínimos, normales o exigentes.

Debido a que el usuario estándar no existe en una misma instalación puede existir diferentes impresiones dependiendo de la percepción de las personas.

**Tabla III. Niveles de iluminación recomendados**

	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Optimo
Tareas y clases de local			
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas y laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de procesos	450	500	750
Grandes oficinas	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750

**Continúa tabla III.**

Grandes superficies, supermercados	500	750	1000
Industria (general)			
Requerimientos visuales limitados	200	300	500
Requerimientos visuales normales	500	750	1000
Requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocina	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Fuente: Javier Garcia Fernandez, Oriol Boix <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint1.html>

#### **1.3.4. Luminarias**

Son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red de energía eléctrica a las lámparas, son responsables del control y la distribución de luz emitida por la lámpara.

La luminaria debe de ser de fácil instalación, mantenimiento y de buen material resistente a las condiciones en las cuales debe de trabajar, con el fin de mantener la temperatura de la lámpara entre los límites de funcionamiento.

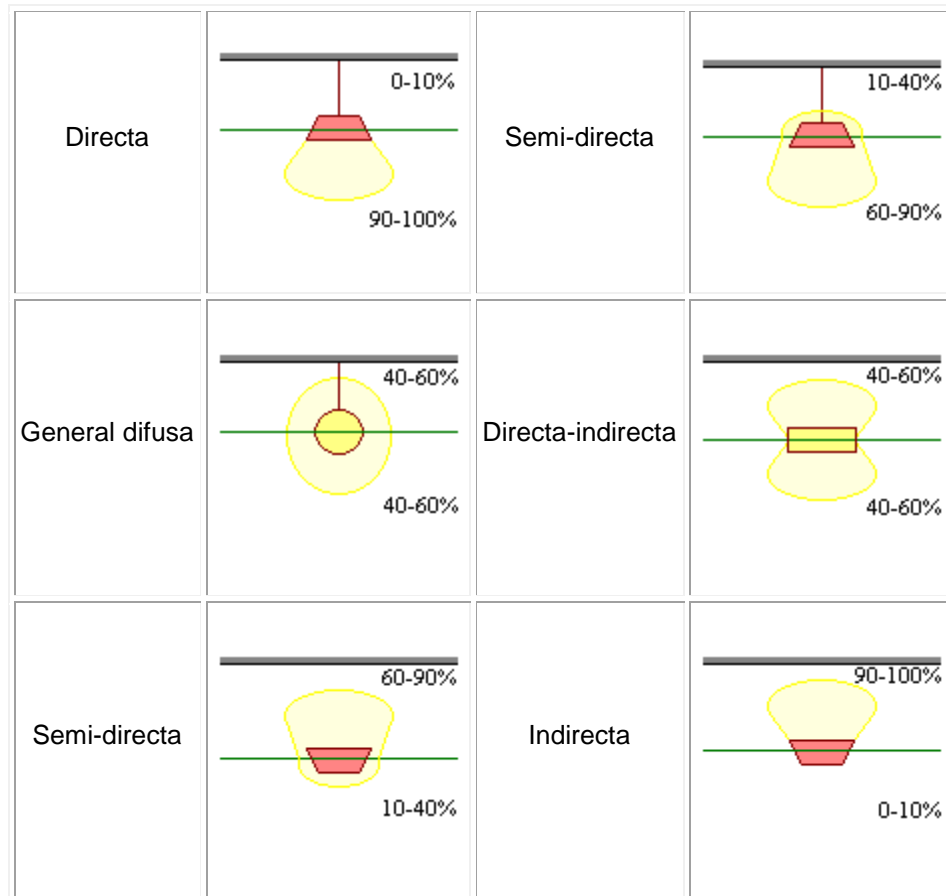
La elección de una luminaria depende de la lámpara a utilizar y el entorno de trabajo, entre las más usadas está:

- Las luminarias para lámparas incandescentes, se utilizan más en domicilios, y es por eso que importa más la estética.
- Las luminarias para lámparas fluorescentes, se utilizan en oficinas, centros educativos y en la industria en general debido a su economía y eficiencia luminosa.
- Las luminarias para lámparas de descarga a alta presión, se utilizan para colgar de grandes alturas por ejemplo en industrias grandes o techos muy altos.



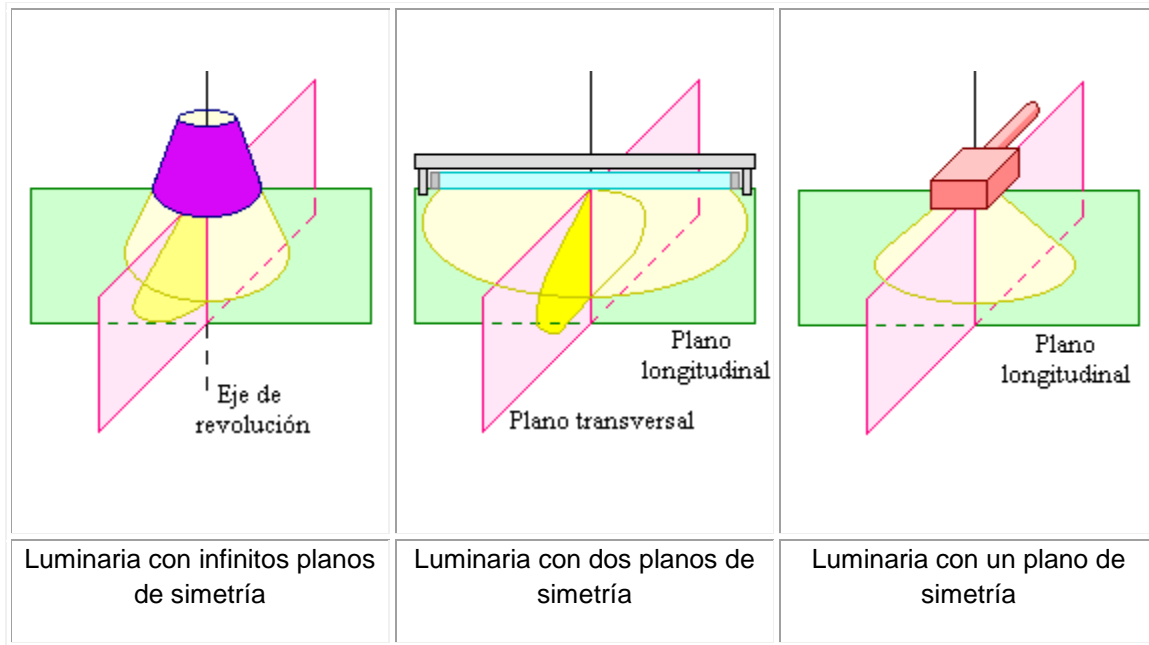
### 1.3.4.1. Clasificación de las luminarias

**Figura 2 Clasificación de luminarias por porcentaje de flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal**



Fuente: Javier Garcia Fernandez, Oriol Boix. <http://edison.upc.edu/curs/lum/lamparas/luminar1.html>,

**Figura 3. Clasificación de luminarias según el número de planos de simetría**



Fuente: Javier Garcia Fernandez, Oriol Boix. <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/luminar1.html>, mayo 2010

### 1.3.5. Lámparas

Son los aparatos que se colocan en las luminarias y son los encargados de la producción de luz.

Las lámparas utilizadas en iluminación de interiores son diversas, por lo que la elección de éstas dependen de las características tales como: fotometría, consumo energético, economía etc. que mejor se adapte a las necesidades y requerimientos de cada actividad.

**Tabla IV. Lámparas más utilizadas**

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incandescente</li> <li>• Fluorescente</li> <li>• Halógenas de baja potencia</li> <li>• Fluorescentes compactas</li> </ul>
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alumbrado general: fluorescentes</li> <li>• Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión</li> </ul>
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incandescentes</li> <li>• Halógenas</li> <li>• Fluorescentes</li> <li>• Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos</li> </ul>
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los tipos</li> <li>• Luminarias situadas a baja altura (<math>\leq 6</math> m): fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura (<math>&gt; 6</math> m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores</li> <li>• Alumbrado localizado: incandescentes</li> </ul>
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión</li> </ul>

Fuente: Javier Garcia Fernandez, Oriol Boix. <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint1.html>.  
 mayo 2010

### 1.3.5.1. Clasificación de las lámparas

- **Incandescentes**

Su funcionamiento es la base de una corriente eléctrica que pasa por un filamento hasta que éste llega a una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles al ojo humano, por lo que mientras más alta sea la temperatura mayor será la energía emitida.

La incandescencia se puede obtener de dos maneras: 1. Por combustión de alguna sustancia sólida, líquida o gaseosa; 2. Pasando una corriente eléctrica por un hilo conductor muy delgado.

#### Partes de la lámpara

Las más comunes están formadas de un hilo de wolframio que al llegar a una temperatura alta emite luz visible, este hilo se rodea de una ampolla de vidrio para evitar que se quemara al entrar en contacto con el aire.

Existen dos tipos de lámparas incandescentes:

#### Halógenas

En las lámparas con el paso del tiempo se produce una reducción del flujo luminoso, que se debe al ennegrecimiento de la ampolla por la evaporación de las partículas del filamento.

Para el buen funcionamiento de éstas lámparas, se requiere de temperaturas muy altas para que sea posible realizar el ciclo del halógeno.

Son más pequeñas que las lámparas normales y la ampolla es fabricada de un cristal especial de cuarzo con el cual se impide su manipulación y su deterioro por contacto.

No halógenas

Entre estas se incluyen las rellenas con gas y las lámparas de vacío, la presencia de gas implica un aumento en la eficiencia luminosa porque se dificulta la evaporación del filamento y el aumento en la temperatura del mismo.

Las lámparas incandescentes poseen una duración normalizada de 1000 horas con una potencia entre 25 y 2000 W.

**Tabla V. Características de la lámpara no halógena**

	Lámparas con gas	Lámparas de vacío
Temperatura del filamento	2500 °C	2100 °C
Eficacia luminosa de la lámpara	10-20 lm/W	7.5-11 lm/W
Duración	1000 horas	1000 horas
Pérdidas de calor	Convección y radiación	Radiación

Fuente: Javier Garcia Fernandez, Oriol Boix. <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>, mayo 2010

- **Fluorescentes**

Estas lámparas funcionan con base a la emisión de radiación ultravioleta producida por mercurio, éste al chocar con las sustancias fluorescentes se transforma en energía luminosa visible.

- **De descarga**

La luz que emite este tipo de lámpara se logra con la excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos, dependiendo del gas que contenga y la presión a la cual esté sometido, se obtendrá diferentes tipos de lámparas.

### **1.3.6. Métodos de diseño**

Para el diseño de iluminación forzada existen varios métodos, entre los más importantes están:

- **Utilización o rendimiento**

Es un método muy sencillo para iluminación de interiores, para el cálculo se siguen los siguientes pasos:

- a) Determinar la tarea, características del lugar para encontrar el nivel lumínico.
- b) Encontrar el nivel lumínico para esto se toman en cuenta los factores: velocidad, exactitud y reflectancia.
- c) Calcular el coeficiente de utilización K, si no aparecen los valores exactos se debe interpolar.

- d) Evaluar el mantenimiento y darle un valor: malo=0.5, regular=0.6, bueno=0.8.
- e) Calcular el espaciamiento entre luminarias
- f) Cálculo del número de luminarias
- g) Distancia entre pared luminaria
- h) Calcular flujo lumínico total
- i) Calcular flujo lumínico por lámpara
- j) Calcular número de tubos por luminaria

- **Cavidad zonal**

La teoría básica de este método de cálculo de iluminación es que la luz producida por una lámpara es reflejada por todas las superficies del área.

En este método existen tres cavidades importantes para el diseño que son:

- Cavidad del techo (HCC): es el área medida desde el plano de las luminarias al techo.
- Cavidad de local (HRC): es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior de la luminaria.
- Cavidad de piso (HFC): se considera desde el piso a la parte superior del plano de trabajo o bien el nivel donde se realiza la tarea especial.

#### **1.4. Ventilación industrial**

La ventilación industrial se define como un conjunto de técnicas utilizadas para neutralizar o eliminar agentes contaminantes.

En toda actividad se necesita una buena ventilación de manera que sea de buena calidad para no interferir en la salud de las personas. Dicha calidad se determina según los agentes contaminantes contenidos en él.

La ventilación se ve alterada por las actividades, la maquinaria, sistema eléctrico y las personas.

Temperatura:

Debido a la interacción de todos los factores mencionados muchas veces los trabajadores se encuentran expuestos a calor, el intercambio de calor entre el cuerpo y el entorno se representa por la siguiente ecuación:

$$S = M \pm C \pm R - E$$

Donde:

M= aumento de calor por el metabolismo.

C= aumento de calor por convección.

R= aumento de calor por radiación.

E= pérdida de calor a través de sudor.

Cuando  $S = 0$  entonces se consigue la neutralidad térmica, la zona de comodidad térmica en trabajos de actividad media en jornada de 8 horas se encuentra entre 18 y 26 grados centígrados.

#### **1.4.1. Importación de la ventilación**

La ventilación se lleva la humedad y el aire contaminado al exterior, lo que reduce la posibilidad de condensación y el crecimiento de moho.



Mejora la calidad del aire en el interior. La ventilación también genera oxígeno suficiente para los trabajadores y los aparatos que se utilicen.

#### **1.4.2. Sistemas de ventilación**

Para lograr una buena ventilación se debe de escoger muy bien el sistema de ventilación. Este sistema dependerá de los objetivos planteados y sobre todo del entorno, que es muy importante en el caso de una mejora, porque se debe adaptar a un diseño de inmueble ya existente.

##### **1.4.2.1. Ventilación natural**

Es la realizada por la adecuada utilización del viento aprovechando la depresión o sobre presión del viento en el edificio.

Se consigue regularmente con la apertura en muros exteriores opuestos que contribuyen a la formación de corrientes de aire cruzado, para que la ventilación sea óptima, los muros abiertos deben de ser orientados hacia la zona de viento dominante.

Los ventanales de un edificio deben ser colocados, tanto longitudinalmente como frontalmente si se desea una buena ventilación. Para la distribución de ventanas se deben aprovechar las zonas de presión y de vacío, colocando ventanas de entrada y salida respectivamente de tal manera que la acción combinada de ambos efectos produzca ventilación cruzada dentro del edificio, evitando así los bolsones de aire dentro del mismo.

El área de ventanas aceptable para una buena ventilación natural es de 25% - 30% de la superficie total.

Existen tres riesgos básicos:

- Deficiencia de oxígeno
- Combustión por trabajar en superficies cerradas
- Toxicidad por trabajar en superficies cerradas

**Tabla VI. Efectos de la concentración de oxígeno en los seres Humanos**

% de oxígeno	Calidad del aire
21	Aire normal
20	Norma mínima de seguridad
19	
18	
17	Dificultad para respirar
16	
15	
14	
13	Pérdida de la conciencia
12	

Fuente: Manual de Ingeniería de Plantas, Ingeniería USAC, junio 2010

La ventilación natural se mide por el número de veces que cambia el volumen de aire por hora, siendo éste aire exclusivamente destinado para ventilación. El número de renovaciones por hora está en función del número de personas, maquinaria y el proceso.

**Tabla VII. Volumen de aire necesario por persona  $h/m^3$**

Hospitales, salas generales	60
Hospitales, salas de heridos	100
Hospitales, salas de enfermedades	150
Talleres	60
Industrias insalubres	100
Teatros y salas de reunión	50
Escuela de niños	15
Escuela de adultos	30
Estancias ordinarias	10

Fuente: Manual de Ingeniería de Plantas, Ingeniería USAC, junio 2010

#### **1.4.2.2. Ventilación forzada o mecánica**

Es un sistema que permite el intercambio de aire con el exterior por medio de aparatos mecánicos. Esta ventilación se logra al crear presiones o sobrepresiones en conductos de distribución del aire.

Entre los tipos de ventilación se encuentran:

- Ventilación por presión positiva

Se logra introduciendo aire fresco, siendo éste en mayor volumen del que sale, creando con esto una presión positiva dentro del edificio.

- Ventilación por presión negativa

Se trata de extraer o succionar al aire del interior del edificio al exterior. Se logra con un método mecánico que provoca una corriente de aire por ejemplo, con ventilador.

Ventajas de la ventilación forzada:

- Crea ambiente interior seguro
- Acelera la remoción de agentes contaminantes
- Sirve como suplemento de la ventilación natural

Cuando se debe de usar la ventilación forzada:

- Cuando la estructura del edificio no permite una buena ventilación natural.
- Cuando el área sea muy grande y contaminado que la ventilación natural sea ineficiente.

#### **1.4.2.2.1. Inyectores**

Son aparatos que se encargan de introducir aire fresco.

#### **1.4.2.2.2. Extractores**

Son aparatos mecánicos que sirven para extraer el aire que se encuentra en el interior, con el fin de renovarlo por medio de un sistema de inducción. Dicha extracción se realiza por medio de ventiladores o ductos.

Ventiladores: aparatos que ponen en movimiento el aire, un ventilador a una velocidad constante suministra un mayor caudal de aire mientras menor sea la presión.

Tipos de ventiladores:

- a) Helicoidales
- b) Centrifugos
- c) Tangenciales

Ductos: son los que distribuyen el aire tratado por un climatizador, generalmente por medio de una red de conducción.

#### **1.4.3. Principios de la ventilación**

- Asegurarse previamente de que la ventilación forzada es técnicamente imposible.
- Tener en cuenta que puede aplicarse a contaminantes diversa clasificación.
- El personal debe de estar alejado de los focos emisores.
- Forzar un flujo general de las zonas limpias a las zonas contaminadas.
- Hacer que pase el máximo de aire por las zonas contaminadas.
- Evitar las zonas de flujo muerto.

- Compensar las salidas de aire por las correspondientes entradas de aire.
- Evitar corrientes de aire.
- Utilizar una instalación con introducción y extracciones mecánicas.
- Utilizar preferentemente extracción mecánica y entrada natural.
- No se debe considerar un sistema de ventilación general para resolver problemas con materiales particulados.

#### **1.4.4. Extracción localizada**

Es la que capta el agente contaminante antes de que llegue al área de trabajo, la ventaja de este método es el menor requerimiento de aire y que no contribuye a la expansión del contaminante.

Un sistema de extracción localizada está formado por:

- Campana

Estructura que fue diseñada para encerrar total o parcialmente una operación generadora de un contaminante. Es un punto de entrada de aire contaminado al sistema.

El valor de una instalación será nulo si el contaminante no es captado y arrastrado dentro de la campana.

- Conducto

Traslada el aire contaminado desde la campana, que se encuentra junto al foco contaminante, al punto en que se ha ubicado el separador y la descarga.

Aspectos importantes para los conductos:

- En la extracción de polvo, la velocidad del conducto tiene que ser suficientemente alta para evitar que el polvo sedimente y atasque la tubería.
- Para la extracción de gases y vapores, la velocidad en el conducto se obtendrá por medio de un balance entre costo del conducto, ventilador, el motor y la potencia del mismo.

- Separador

Recoge el contaminante del aire antes de que éste vuelva a la atmósfera.

Existen varios tipos de separadores depende según la técnica empleada y el contaminante que debe separarse.

- Ventilador

Dispositivos que dan energía al sistema para el movimiento del aire en el interior del mismo.

- Aire acondicionado

Es lo más completo en cuanto al proceso de ventilación, ya que regula las condiciones de temperatura, humedad, limpieza.

Existen dos tipos de aire acondicionado:

- Autónomo: producen calor o frío y tratan el aire.
- Centralizados: cuentan con un o unos centralizadores que sólo se encargan de tratar el aire y obtiene la energía térmica de un sistema centralizado.

Funciones que debe de cumplir el aire acondicionado: en verano; enfriamiento y de humectación, en invierno; calentamiento y humectación

Para las dos épocas debe de encargarse también de ventilación, filtrado y circulación. Todo este proceso debe de realizarse de modo que no emita ruidos molestos, con el mínimo de consumo energético y automáticamente

## **1.5 Norma ISO 17025:2005**

Esta norma tiene todos los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayos si desean demostrar que poseen:

- ✓ Un sistema de calidad
- ✓ Son técnicamente competentes
- ✓ Capaces de generar resultados técnicamente válidos

Reseña histórica de la norma

La norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17025:2005 cancela y reemplaza la primera edición (ISO/IEC 17025:1999, la cual se desarrolló como resultado de la extensa experiencia de la implementación de la guía ISO/IEC 25 y la Norma EN45001, las cuales se reemplazaron).



Esta norma contiene todos los requisitos que los laboratorios de ensayo y calibración tienen que reunir si quieren demostrar que operan un sistema de gestión, son técnicamente competentes y capaces de generar resultados técnicamente válidos.

En esta norma se ha incorporado todos aquellos requisitos de las Normas COGUANOR NGR/ISO 9001, que sean pertinentes al alcance de los servicios de ensayo y calibración que están cubiertos por el sistema de la calidad del laboratorio.

#### Objetivo de la Norma

Establece los requisitos generales que un laboratorio tiene que cumplir para que se reconozca la competencia para realizar ensayos y/o calibraciones, incluyendo el muestreo. Esta Norma cubre ensayos y calibraciones que se realizan usando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el laboratorio.

Esta Norma Internacional es aplicable a todos los laboratorios independientemente del número de personal o la magnitud del alcance de las actividades de ensayo y/o calibración. Cuando un laboratorio no ejecuta una o más de las actividades cubiertas por esta Norma Internacional, tales como muestreo y el diseño de desarrollo de nuevos métodos.

### **1.5.1. Requerimiento de la norma apartado 5.3 sobre el entorno de trabajo**

Instalaciones y condiciones ambientales

Las instalaciones de laboratorio en los cuales se desarrollan los ensayos o calibraciones deben de contar con buena iluminación, ventilación y condiciones ambientales óptimas que faciliten la ejecución correcta de los mismos.

El laboratorio debe lograr que las condiciones ambientales no afecten e invaliden los resultados, así mismo afecten adversamente la calidad, para eso el laboratorio debe monitorear, controlar y registrar las condiciones ambientales según lo que digan las especificaciones de cada ensayo.

## **1.6. Manual Buenas Prácticas de Laboratorio**

Este manual es un conjunto de reglas y prácticas establecidas por organismos internacionales como Organization for Economic Cooperation and Development (OCDE) o la Food and Drug Administration (FDA), que consideran como obligatorio el cumplimiento de ciertos procedimientos para el aseguramiento de la calidad e integridad de los datos obtenidos en diferentes procesos de investigación.

### **1.6.1. Requerimientos sobre condiciones ambientales en laboratorios**

- Las condiciones ambientales y facilidades de servicios, deben permitir un correcto desenvolvimiento de las labores de ensayo y calibración.

Mantener la limpieza, evitar contaminaciones cruzadas, separar los ambientes si fuese necesario.

- El diseño de las instalaciones deberá posibilitar que exista una separación adecuada entre las diferentes actividades, a fin de asegurar la correcta realización de cada estudio.
- El laboratorio deberá disponer del área suficiente para asegurar el aislamiento de proyectos, en los que se utilicen sustancias que pueden provocar accidentes.
- Para evitar la contaminación o mezcla, debe de existir un área separada para la recepción y almacenamiento de productos de ensayo.

### **1.7. Laboratorio de Química Industrial**

Adherido al Centro de investigaciones de Ingeniería en 1972 como parte de la Escuela de Ingeniería Química, hasta hoy ubicado dentro de las instalaciones del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tiene como objetivo formar Ingenieros Químicos de excelente nivel, capaces de desempeñarse eficientemente no sólo en la industria nacional sino a nivel mundial por su calidad académica, responsabilidad profesional y espíritu emprendedor.

Elaborar ensayos de laboratorio de alta calidad es el principal compromiso del laboratorio, con el fin de tener clientes satisfechos y reconocimiento a nivel nacional en la elaboración de estos, así como enseñar a los estudiantes las bases para desempeñarse fuera de la universidad.

### **1.7.1. Descripción general**

#### Misión

Promover la investigación, práctica y docencia por medio de ensayos de laboratorio, ofrecer a los clientes un servicio de calidad y resultados confiables satisfaciendo sus necesidades.

#### Visión

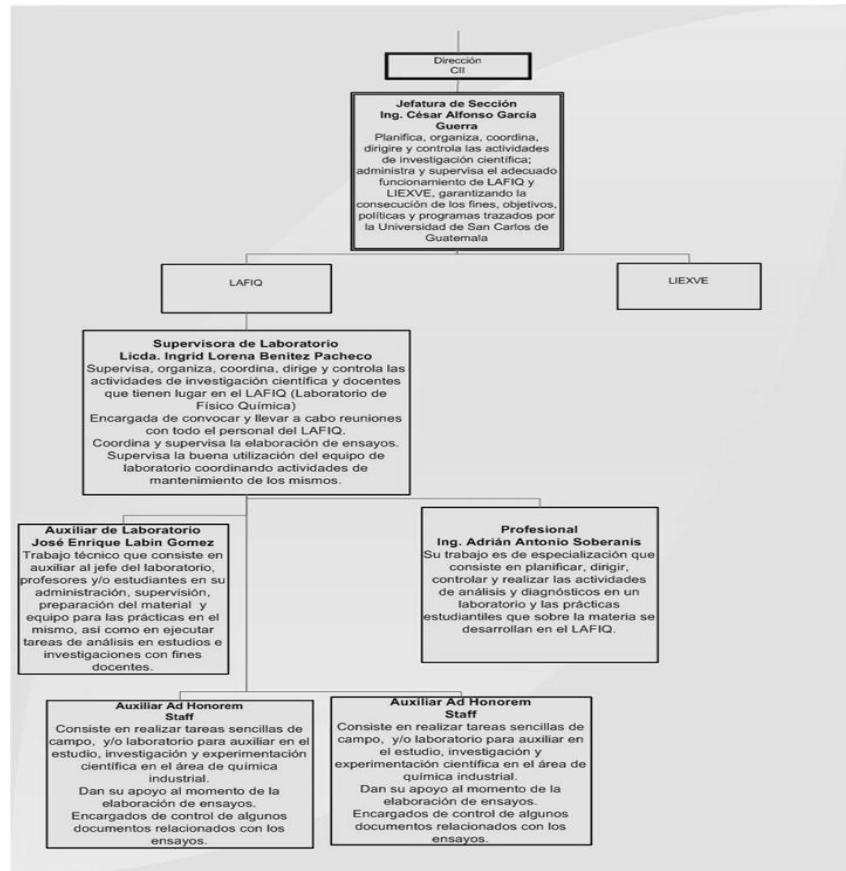
Ser un laboratorio reconocido en la elaboración de ensayos, ser una plataforma especializada para los estudiantes de Ingeniería y alcanzar el liderazgo regional.

### **1.7.2. Equipo utilizado**

- Balanza y otros equipos de laboratorio
- Plancha de calentamiento
- Espectrofotómetro y termodigestor
- Potenciómetro
- Horno
- Lavatrastos

### 1.7.3. Personal

Figura 4. Organigrama laboratorio de Química Industrial



Fuente: Laboratorio de Química Industrial CII, marzo 2010

### 1.7.4. Ensayos realizados

- Metales: óxido de plomo, plomo libre, estaño.
- Calizas y marcas: óxido de calcio – magnesio – hierro – aluminio y silicio, pérdida por calcinación, humedad, óxidos no hidratados, granulometría.
- Suelos: óxido de silicio – hierro – aluminio – calcio – magnesio.

- Análisis de impurezas: óxido de hierro – calcio – magnesio, plomo metálico, antimonio, óxido de plomo positivo y negativo.
- Agregados: reactividad potencial, solubilidad en ácidos.
- Aceros: composición química para aceros

### **1.7.5. Descripción del ensayo a acreditar**

Reactividad potencial

Aplicación:

Este método de prueba cubre un método químico para la determinación de la reactividad potencial de un agregado con álcalis, en el concreto de cemento Portland, así indicado con la cantidad de reacción durante 24 horas y 80°C, entre un normal de hidróxido de sodio (solución), un agregado que ha sido pulverizado y tamizado a través del tamiz #50 y retenido en el tamiz #100.

Aparatos:

- Básculas
- Balanzas
- Equipo para pulverizar
- Tamices
- Recipientes de reacción

Reactivos:

- Molibdato de amonio
- Ácido clorhídrico
- Ácido HCL

- Ácido fluorhídrico
- Solución de ácido oxálico
- Solución indicadora de fenolftaleína
- Solución estándar de sílice
- Solución estándar de hidróxido de sodio
- Ácido H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

#### **1.7.5.1. Requerimientos ambientales del ensayo**

- a) Buena iluminación por la precisión de las mediciones, según los requerimientos de un laboratorio se deben de contar los lúmenes adecuados.
- b) Ventilación eficaz para mantener una temperatura adecuada en los ensayos. Ya que se debe de mantener una temperatura ambiente de 20°C.
- c) No deben de existir vibraciones
- d) Controlar contaminantes

#### **1.8. Laboratorio de Microbiología**

Fue fundado en el año 1955 en tiempo del Alcalde Ingeniero Julio Obiols, asesorado por el Ingeniero Humberto Olivero funcionario del BID. El Laboratorio pertenecía a la Dirección de Agua y Drenaje (actualmente Dirección de Fuentes de Producción de Agua de EMPAGUA) de la Municipalidad de Guatemala, con ubicación en la zona 4.

La Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), fue creada por resolución del Consejo Superior Universitario, según punto séptimo del Acta No. 878 del 24 de octubre de 1954 y con rango regional por resolución No. 26 de la Confederación Universitaria Centroamericana en su novena reunión en León, Nicaragua.

Unificación de los laboratorios de ingeniería y la municipalidad de Guatemala: En el año 1965 a instancias del Ingeniero Humberto Oliveros, fundador de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) a nivel de post-grado, en tiempos que el Alcalde Municipal de la Ciudad de Guatemala era el periodista Francisco Montenegro Sierra y el Rector de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) era el Ingeniero Jorge Arias de Blois, se firmó un convenio el 13 de enero de 1965, en el cual se trasladaba el laboratorio Químico Bacteriológico de la Municipalidad de Guatemala a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Según este convenio el Laboratorio llevaría el nombre de “Laboratorio de Ingeniería e Hidráulica del Centro de Investigaciones de Ingeniería” (hoy “Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria”), con ubicación dentro de las instalaciones del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

### **1.8.1. Descripción general**

#### Misión

Realizar investigación, docencia y servicio en lo referente a la vigilancia de la Calidad del Agua para consumo humano, descargas residuales de origen doméstico e industrial, contribuyendo a prevenir enfermedades.



## Visión

El Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina” estará acreditado para ser el Centro de Referencia en la realización de Análisis Físicos, Químicos y Bacteriológicos. Vigilancia y control de calidad del Recurso Hídrico en todo el país a nivel centro-americano y del Caribe

## Política de calidad

En el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina” estamos comprometidos a cumplir con los requisitos exigidos por la Norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17025 – 2005, con el fin de seguir obteniendo resultados confiables, exactos y precisos en los ensayos físicos, químicos y bacteriológicos efectuados a las muestras de agua que recolecta, o le proporcionan de diferentes fuentes para satisfacer las necesidades de sus clientes.

## Objetivos

- Certificar la calidad del agua de EMPAGUA con base a la norma COGUANOR NGO 29001.
- Evaluar la calidad del agua de las fuentes de las que se abastece EMPAGUA, con base a las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de Agua.
- Evaluar la calidad del agua de otras entidades a través del Centro de Investigaciones de Ingeniería y Facultad de Ingeniería, USAC.

## Alcance del laboratorio

- a) Seguir evaluando la calidad del agua que la Municipalidad brinda a sus clientes, sirva dentro del estatuto de la USAC de respaldo al pensum de estudios de post-grado de la maestría en Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos de la ERIS, a nivel de Centro América, Panamá y el Caribe.
- b) Que por su organización, desenvolvimiento y labores futuras, tienda a satisfacer las necesidades de la Facultad de Ingeniería de la USAC, dirección de aguas y drenajes de la Municipalidad de Guatemala (actualmente Dirección de Fuentes de Producción de Agua de EMPAGUA) así como de la Ingeniería nacional en general.
- c) Que la unificación de estos laboratorios, además de contribuir a una economía y un aprovechamiento racional de equipos y mano de obra especializada, represente grandes beneficios a las entidades citadas.

La Facultad de Ingeniería podrá contar con un centro adecuado similar a los que poseen universidades de otros países, para complementar la formación profesional y experimental, así como para la investigación científica. La Dirección de Operación y Mantenimiento (actualmente Dirección de Fuentes de Producción de Agua) de EMPAGUA cuenta con la valiosa cooperación de la Facultad de Ingeniería a través de trabajos de estudios de graduación e investigación aplicada para mejorar la vigilancia epidemiológica de la calidad de agua, con el respaldo de un laboratorio adscrito a dicha Facultad.

- d) Que esta unificación favorecerá el estrechamiento de relaciones entre la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Municipalidad de Guatemala del municipio de Guatemala, fomentando la cooperación y esfuerzo, conjunto con el estudio de problemas cuya solución marcará etapas de progreso efectivo en la Ingeniería Sanitaria nacional, con el consiguiente beneficio para el país.
- e) Con el objeto de facilitar el trabajo del laboratorio unificado las partes interesadas convienen en designar como fines del laboratorio, los siguientes:
- De manera general al estudio y experimentación sobre la calidad del agua para consumo humano, preferentemente a lo que atañe a la Dirección de Operación y Mantenimiento (actualmente Dirección de Fuentes de Producción de Agua) de EMPAGUA y en la formación profesional del Ingeniero, sirviendo como centro a la docencia práctica y experimental de los estudios de Ingeniería.
  - Al estudio cualitativo y cuantitativo de la calidad de agua proveniente de las fuentes superficiales y subterráneas de las plantas de tratamiento y de la red de distribución.
  - El estudio de las aguas en las redes de drenaje, en las salidas de los colectores, en los ríos y plantas de depuración.
  - Realizar las inspecciones, reconocimientos y ensayos de las aguas que sean solicitadas por la Dirección de Operación y Mantenimiento (actualmente Dirección de Fuentes de Producción de Agua) de EMPAGUA o sus departamentos, colaborando además hasta donde sea posible, con las otras dependencias municipales.

- A la formación de profesionales de Ingeniería, dando las facilidades necesarias para que los estudiantes de la Facultad de Ingeniería puedan contar con informes de análisis físico químicos sanitarios y examen bacteriológico cuando estos sean necesarios en la presentación de trabajos de graduación o para Ejercicio Profesional Supervisado.
- Colaborar con la Dirección de Operación y Mantenimiento (actualmente Dirección de Fuentes de Producción de Agua) de EMPAGUA.
- Emitir opinión cuando sea oficialmente requerido para mediar en casos relativos a su especialidad.

#### **1.8.2. Equipo utilizado**

- Tubímetro de bujía de Jackson
- Centrifuga
- Incubadora
- Dispensador de sustancias
- Regulador de líquidos
- Horno
- Lavatrastos
- Equipo de laboratorio

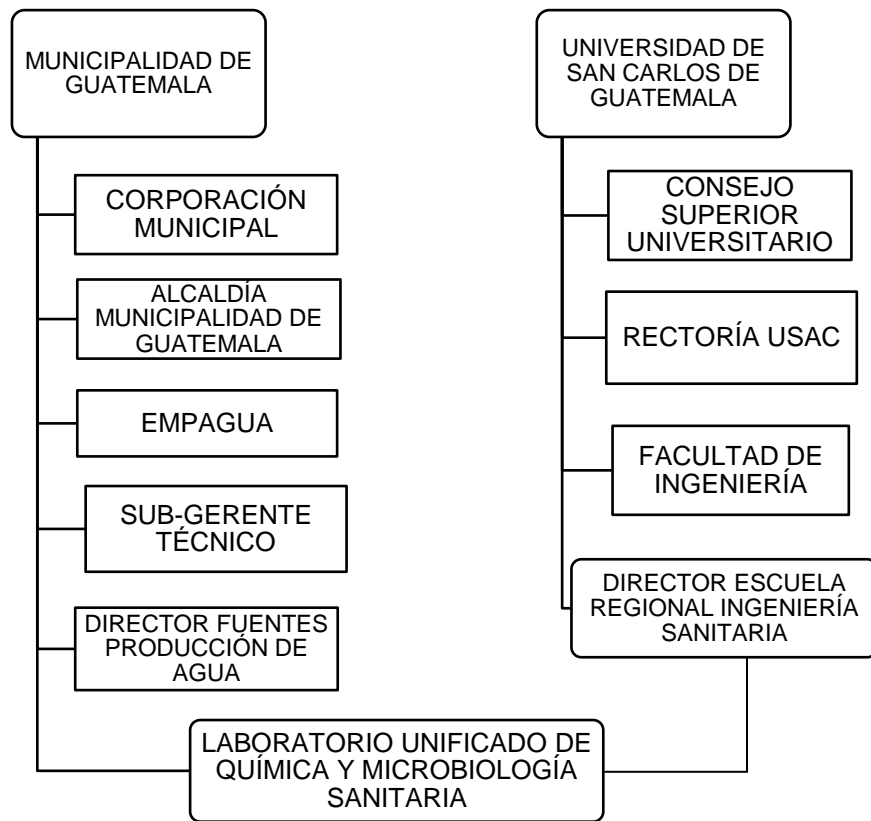
#### **1.8.3. Personal**

Organigrama institucional convenio laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria.

- a) Tipo de organización. Esta es formal, en virtud que las actividades están deliberadamente coordinadas al logro de ciertos objetivos.
- b) Estructura orgánica. Su organización es funcional pues reúne por funciones al personal especializado y técnico.

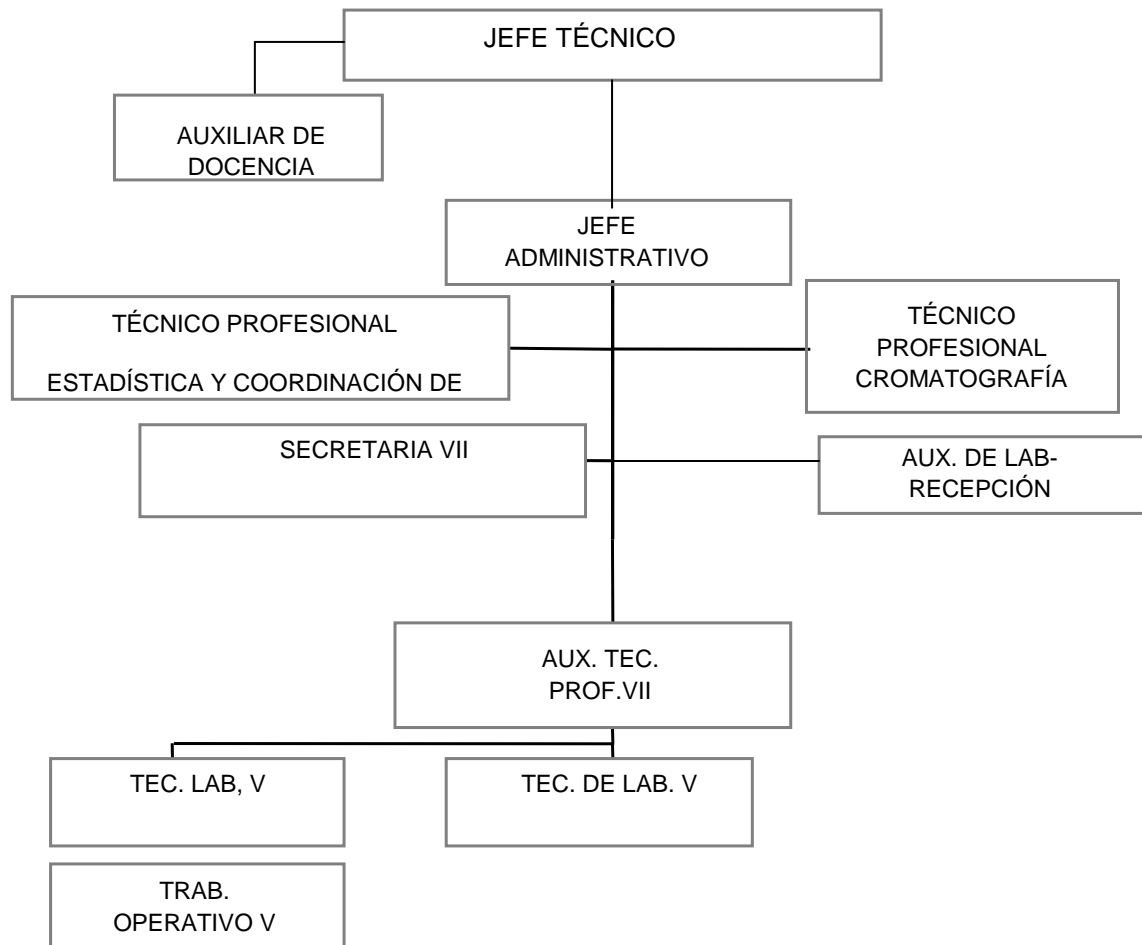
**Figura 5. Organigrama institucional**

LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA  
 “DRA. ALBA TABARINI MOLINA”



Fuente: Laboratorio de Microbiología CII, marzo 2010

**Figura 6. Organigrama del laboratorio unificado**



Fuente: Laboratorio de Microbiología CII. marzo 2010

#### **1.8.4. Ensayos realizados**

- Análisis físico químico sanitario, completo o parcial
- Análisis de aguas negras y desechos industriales
- Análisis de agua para concreto
- Examen bacteriológico
- Determinación de aisladas: detergentes, acidez, alcalinidad, conductividad eléctrica, color, turbiedad, cloro residual, temperatura, fluoruros, cloruros, sulfatos, bióxido de carbono, hidrógeno sulfurado, amoníaco libre, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), hierro total, dureza, sólidos (totales – disueltos – suspendidos – sedimentables) potencial de hidrogeno (pH), orto fosfatos, sílice, manganeso, calcio, magnesio, sodio, potasio, aluminio.
- Investigaciones bacteriológicas aisladas: investigación del grupo coliforme total y fecal.

#### **1.8.5. Descripción del ensayo a acreditar**

##### **a. Determinación del potencial de hidrógeno (pH) en agua**

Se define como el pH como el logaritmo del inverso de la actividad de ion hidrógeno expresada en moles por litro. El valor de pH de una muestra de agua expresa su tendencia a aceptar o a ceder iones hidrógeno en una escala desde 0 (muy ácido) a 14 (muy básico). El agua a 25°C es neutra y tiene un valor del pH definido de 7 unidades.

En la mayoría de las aguas naturales el valor del pH varía de 4 a 9 y a menudo son ligeramente básicas, debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos que se encuentran presentes en el suelo. Una desviación importante del pH para un agua dada, indica la intrusión de residuos fuertemente ácidos o fuertemente básicos por lo que el ajuste del pH es práctica común en los procesos de tratamiento de agua y también se usa para controlar la corrosión dentro de los sistemas de distribución.

Los recipientes donde se recolecta la muestra de agua puede ser de vidrio o plástico, se debe de llevar al laboratorio en refrigeración y la determinación debe hacerse antes de 6 horas de recolectada la muestra.

#### **b. Determinación de color aparente y real**

El color del agua resulta de la presencia de sales metálicas, materia orgánica y otros materiales disueltos y suspendidos. Los residuos industriales contribuyen con colores específicos a las aguas residuales que dependen al igual que la mayoría de los materiales que dan color del pH del agua.

La eliminación del color es necesaria para algunos procesos industriales y se practica para el agua destinada a propósitos domésticos generales.

El color se puede expresar como aparente o real, el color aparente incluye el de los materiales disueltos más el de la materia suspendida. Filtrando o centrifugando los materiales en suspensión se pueden determinar el color real.

Las muestras para la determinación de color deben recolectarse en recipientes plásticos o de vidrio completamente limpios.



Se debe evitar la agitación o contacto prolongado con aire, analizarse lo más rápido posible y se pueden mantener en refrigeración a 4°C por 24 horas.

### **c. Determinación de turbiedad**

La alta turbiedad existe en la mayoría de las aguas superficiales como resultado de la arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros microorganismos en suspensión. La medición de la turbiedad es importante en la industria destinada para el consumo humano y las plantas potabilizadoras de agua.

El análisis de turbiedad mide una propiedad óptica de la muestra de agua que resulta de la dispersión y absorción de la luz por las partículas de materia presentes. La cantidad de turbiedad registrada depende de variables como tamaño, forma e índice de refracción de partículas.

La muestra de agua debe de recolectarse en recipientes de vidrio o plástico limpios, la muestra debe de analizarse lo más rápido posible pudiendo almacenarse por siete días en refrigeración a 4°C.

#### **1.8.5.1. Requerimientos ambientales del ensayo**

- Área sellada
- Temperatura a 20 °C
- Buena iluminación, para tener precisión en las mediciones.
- Ventilación adecuada, para mantener una temperatura ambiente constante.
- Control de agentes contaminantes
- Control de vibraciones



## **2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Laboratorio de Química Industrial**

En el laboratorio se realizan varios ensayos, de los cuales el que se desea acreditar bajo la norma ISO 17025:2005 es el ensayo de Reactividad Potencial. Siendo necesario para esto mejorar las instalaciones, como primer paso está el diagnóstico de las condiciones actuales del sistema de iluminación y ventilación.

#### **2.1.1. Descripción del área de trabajo**

Según la norma ISO 17025:2005, en el área de condiciones ambientales, las instalaciones se deben adecuar al tipo de ensayo.

Los ensayos se llevan a cabo en una construcción con azulejos de un metro de alto que se encuentra colocado en todo alrededor.

#### **2.1.2. Análisis de las condiciones actuales de iluminación**

Una buena iluminación hace que las personas trabajen mejor, así como minimiza la probabilidad de error en las mediciones y contribuye a mejorar los resultados del ensayo.

Para el análisis de sistema se procede a visitar las instalaciones y realizar una inspección general.

**Tabla VIII. Estado de iluminación actual Química Industrial**

<p>Natural</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ventanal de 3m de ancho * 2m de alto a una altura de 1.2m del piso.</li><li>• Ubicación del ventanal al norte del edificio.</li><li>• Tipo de edificio: categoría 1, formada por marcos rígidos de concreto armado y relleno de hormigón.</li><li>• Suciedad visible</li></ul>
<p>Artificial</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Colores de los alrededores</li></ul> <p>Pared: blanco hueso Techo: blanco Piso: gris pálido</p>

Fuente: Laboratorio de Química Industrial CII, junio 2010

### 2.1.2.1. Estado de las luminarias y lámparas

**Tabla IX. Estado de luminarias y lámparas Química Industrial**

Tipo de lámpara	General: de acuerdo al porcentaje de luz dirigida hacia arriba y abajo ver tabla XIX
Número de lámparas Número de luminarias	2 4 por lámpara. 8 en total
Características	Tonalidad: blanco Deslumbramiento: no Efecto estroboscópico: no

Fuente: Laboratorio de Química Industrial CII, junio 2010

**Tabla X. Factores de mantenimiento**

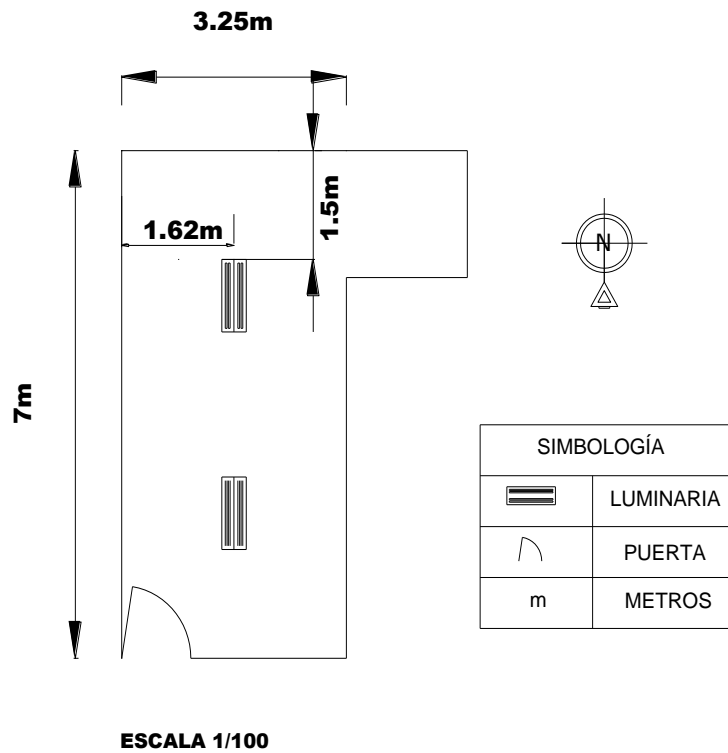
Mantenimiento	Factor
Malo	0.5
Regular	0.65
Bueno	0.8

Fuente: Manual de Ingeniería de Plantas USAC, junio 2010

Mantenimiento de las lámparas y luminarias en el laboratorio: regular.

### 2.1.2.2. Gráfica de la distribución actual

Figura 7. Gráfica dimensiones y ubicación de luminarias laboratorio Química Industrial



### 2.1.3. Análisis del sistema de ventilación actual

Tabla XI. Sistema de ventilación actual Química Industrial

Natural	<ul style="list-style-type: none"><li>• Para ingreso de aire: 4 ventanas de 1m de ancho * 0.5m de alto.</li><li>• Estado: bueno semi-abiertas</li><li>• Ubicación del ventanal perpendicular al viento. Para conocer la dirección y velocidad del viento se utilizo un anemómetro</li><li>• Velocidad del viento <math>0.2 \text{ m/s}</math></li><li>• Número de personas ocho</li></ul>
Artificial	<ul style="list-style-type: none"><li>• No se cuenta con ventiladores</li><li>• No se cuenta con aire acondicionado</li></ul>

Fuente: Laboratorio de Química Industrial CII, junio 2010

## **2.2. Laboratorio de Microbiología**

Para elaborar el diseño de ventilación e iluminación, se debe de realizar un diagnóstico de las condiciones que prevalecen en el laboratorio con respecto a este tema, los datos recabados se pueden observar a continuación.

### **2.2.1. Descripción del área de trabajo**

En el laboratorio de Microbiología, en el área donde se realizan los ensayos se encuentra una campana de extracción en la ventana, lo cual tapa el libre paso de aire y luz natural. También hay una cámara de refrigeración para conservar las muestras a la temperatura adecuada.

El área de trabajo consta de un escritorio, una mesa en la cual se encuentran las máquinas que elaboran las mediciones de turbiedad, color y pH.

### **2.2.2. Análisis de las condiciones actuales de iluminación**

Un buen diseño del ambiente de trabajo hace que las personas trabajen mejor, así como contribuye a que los resultados tengan un mínimo de error.

Para el análisis del actual sistema de ventilación y la condición de la iluminación se visitan las instalaciones del laboratorio para una inspección general y se toma nota de cada uno de los parámetros que se necesitan para futuros cálculos.



**Tabla XII. Estado de iluminación actual Microbiología**

Natural	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ventanal de 1m de ancho * 1.5m de alto a una altura de 1.30m del piso.</li><li>• Ubicación del ventanal al norte del edificio.</li><li>• Tipo de edificio: categoría 1, formada por marcos rígidos de concreto armado y relleno de hormigón.</li><li>• Suciedad visible</li></ul>
Artificial	<ul style="list-style-type: none"><li>• Colores de los alrededores Pared: café claro Techo: blanco Piso: gris pálido</li></ul>

Fuente: Laboratorio de Microbiología CII, junio 2010

### 2.2.2.1. Estado de las luminarias y lámparas

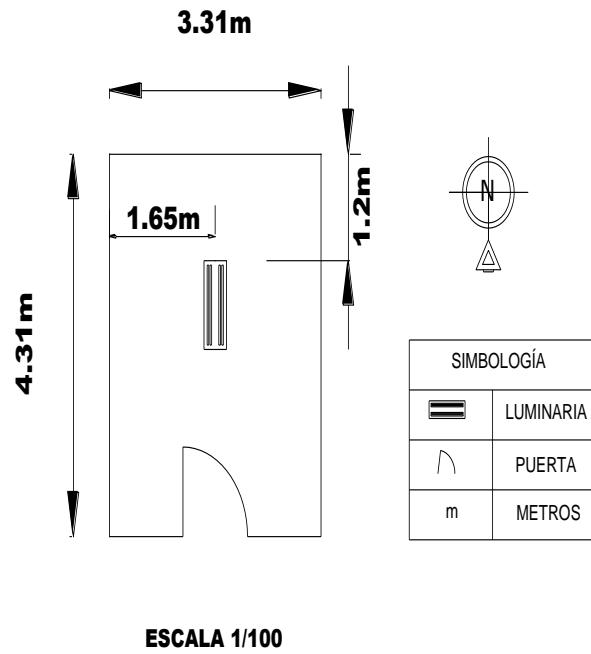
**Tabla XIII. Estado de luminarias y lámparas Microbiología**

Tipo de lámpara	General: de acuerdo al porcentaje de luz dirigida hacia arriba y abajo ver tabla XIX
Número de lámparas  Número de luminarias	1  4 por lámpara. 4 en total de las cuales dos no funcionan.
Características	Tonalidad: blanco Deslumbramiento: no Efecto estroboscópico: no Mantenimiento: regular, no existen procedimientos ni fechas específicas para realizarlo.

Fuente: Laboratorio de Microbiología CII, junio 2010

### 2.2.2.2. Gráfica de la distribución actual

Figura 8. Gráfica dimensiones y ubicación de luminarias laboratorio Microbiología



### 2.2.3. Análisis del sistema de ventilación actual

**Tabla XIV. Sistema de ventilación actual Microbiología**

Natural	<ul style="list-style-type: none"><li>• Para ingreso de aire: 2 ventanas de 1m de ancho * 0.37m de alto.</li><li>• Estado: bueno semi-abiertas</li><li>• Ubicación del ventanal perpendicular al viento. Para conocer la dirección y velocidad del viento, se utilizó un anemómetro</li><li>• Velocidad del viento <math>0.3 \text{ m/s}</math></li><li>• Número de personas 2</li></ul>
Artificial	<ul style="list-style-type: none"><li>• No se cuenta con ventiladores</li><li>• No se cuenta con aire acondicionado</li></ul>

Fuente: Laboratorio de Microbiología CII, junio 2010

### **3. DISEÑO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA INDUSTRIAL Y MICROBIOLOGÍA**

#### **3.1. Laboratorio de Química Industrial**

Ensayo de laboratorio Reactividad Potencial

##### **3.1.1. Diseño de iluminación**

Elaboración del diseño según el ambiente y características del laboratorio, tomando en cuenta los requerimientos del ensayo y la norma ISO 17025:2005 en el laboratorio de Química industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

##### **3.1.1.1. Factores que determinan el diseño de iluminación**

Actividad: ensayos de laboratorio

Colores: techo, blanco      Pared, marfil      Piso, pálido

Ancho del laboratorio: 3.25m

Largo del laboratorio: 7m

Altura de trabajo ( $h_m$ ): 1m

Altura piso-techo ( $h_t$ ): 3.3m

Edad promedio de las personas encargadas de realizar ensayos: 30 años

Exactitud: importante

Tipo de lámpara: general (vea tabla XIX)

Mantenimiento: regular 0.65 (vea tabla X)

### 3.1.1.2. Método de diseño

Para el diseño de un sistema de iluminación se plantean dos opciones, en caso que se pueda realizar una modificación en la estructura del edificio se plantea el diseño de iluminación natural, de no ser el caso se plantea el diseño de iluminación forzada.

#### 3.1.1.2.1. Iluminación natural

**Tabla XV. Porcentajes de área de piso para iluminación natural, por ambiente**

	Aplicado el área de piso
Ambiente	Porcentajes
Dormitorios	T 12%
	C 12%
Sala	T 15%
Baños	T 10%
	C 10%
Biblioteca	T 20%
	C 20%
Salones de clase	T 20%
	C 20%
Laboratorios	T 20%
	C 20%
Talleres	T 20%
	C 20%
Estacionamientos	T 10%

Fuente: Normas de planificación y construcción. 1987 p. 40-41, junio 2010

- Cálculos

Según la tabla VIII para calcular la iluminación natural en un laboratorio se debe aplicar 20% del área de piso, por lo cual se tiene:

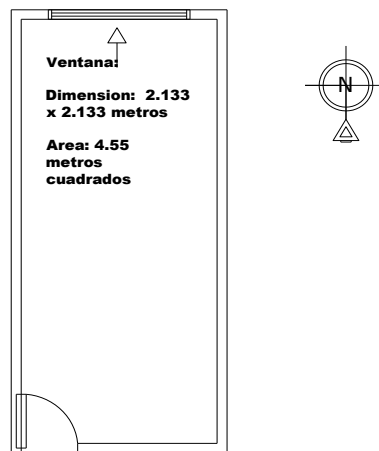
$$\text{Área de ventana} = \text{área de piso} * 0.2$$

$$\text{Área de ventana} = 22.75m^2 * 0.2 = 4.55m^2$$

Para cumplir con la iluminación natural adecuada según las normas de planificación y construcción se debe de tener una ventana de: **4.55m<sup>2</sup> de área.**

### 3.1.1.2.1.1. Plano de distribución

**Figura 9. Gráfica propuesta para la distribución, iluminación natural laboratorio Química Industrial**



**ESCALA 1/100**

### 3.1.1.2.2. Utilización o rendimiento

- a) Reflectancia: se obtiene con los colores del ambiente, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla XVI. Porcentajes de reflectancia según el color**

Color	Coefficiente de reflexión (%)	
Blanco	78-85	claros
Marfil	70-75	
Col. pálido	60-70	
Amarillo	55-65	semiclaros
Marrón claro	45-55	
Verde claro	45-55	
Gris	30-50	
Azul	25-35	oscuros
Rojo	15-20	
Marrón oscuro	10-15	

Fuente: Torres, Sergio. Ingeniería de Plantas. Pág. 116. junio 2010

Techo = blanco – claros = 80%

Pared = marfil – claros = 72.5%

Piso = col. pálido – claros = 65%

Reflectancia = 72.5%

- b) Rango de iluminación: según los datos tomados se busca el rango al que pertenecen en la tabla siguiente y se suman los factores.



**Tabla XVII. Tabla de factores de peso de nivel de iluminación**

Factor	-1	0	1
Edad	<40	40-55	>55
Exactitud	No importa	Importante	Muy importante
Reflectancia de los alrededores	>70%	30-70%	<30%

Fuente: Donald Fink. Manual de Ingeniería Eléctrica. Pág. 60, junio 2010

Edad            -1  
 Exactitud      0  
 % reflectancia -1  
                          -2

La suma de los factores se compara con la tabla siguiente para saber qué valor se debe tomar.

**Tabla XVIII Suma de los factores de peso**

-2 o 3	Usar valor inferior
-1,0,1	Usar valor medio
+2 o +3	Usar valor superior

Fuente: Donald Fink, Manual de Ingeniería Eléctrica. Pág. 60. junio 2010

Como la suma es -2 usamos el valor inferior = 200 lux

Rango D 200 – 350 – 500 trabajos de contraste medio o tamaño pequeño, trabajo moderadamente difícil de montaje.

c) Cálculo relación de ambiente (RR)

$$RR = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{H (\text{ancho} + \text{largo})}$$

$$H = h_t - h_m$$

Donde:  $h_t$  = altura piso-techo

$h_m$  = altura de trabajo

$$H = 3.3 - 1 = 2.3$$

$$RR = \frac{3.25 \cdot 7}{2.3 (3.25 + 7)} = 0.965$$






d) Cálculo coeficiente de utilización (k)

Tipo luminaria = G (general: debido a que la distribución de la luz, según el tipo de luminaria se distribuye de esta forma. Vea tabla XIX)

Techo = claro      Piso = claro      pared = claro      RR = 0.965

Se busca en donde coincidan las tres clasificaciones de color para interpolar y encontrar el valor de k

**Tabla XIX. Clasificación de las luminarias según el porcentaje de luz distribuido con respecto a la horizontal**

Clasificación	% de luz respecto de la horizontal		Distribución en figura
	Arriba	Abajo	
Directa (D)	0-10%	90-100%	
Semi-directa(SD)	10-40%	60-90%	
General (G)	20-40%	60-80%	
Semi-indirecta(SI)	10-40%	60-90%	
Indirecta (I)	90-100%	0-10%	

Fuente: Raitelli, Mario. <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>. enero 2011

**Tabla XX. Coeficiente de utilización K**

	Techo Paredes Piso RR	claro		semiclaro		claro	
		claro		claro	oscuro	claro	oscuro
		semiclaro oscuro		claro		semiclaro	
Indirecta (I)	0.6	0.27	0.21	0.17	0.11	0.28	0.22
	1.0	0.39	0.33	0.26	0.28	0.42	0.35
	2.0	0.55	0.49	0.36	0.29	0.60	0.52
	3.0	0.61	0.56	0.40	0.34	0.69	0.62
	5.0	0.68	0.64	0.44	0.39	0.78	0.72
Semi- indirecta (SI)	0.6	0.24	0.19	0.17	0.11	0.24	0.19
	1.0	0.35	0.30	0.26	0.19	0.37	0.31
	2.0	0.49	0.44	0.36	0.29	0.53	0.47
	3.0	0.55	0.50	0.40	0.34	0.61	0.55
	5.0	0.60	0.57	0.45	0.39	0.68	0.63
Semi- directa (SD)	0.6	0.34	0.28	0.31	0.24	0.35	0.29
	1.0	0.48	0.42	0.44	0.35	0.50	0.43
	2.0	0.64	0.59	0.58	0.51	0.69	0.62
	3.0	0.70	0.66	0.63	0.57	0.78	0.72
	5.0	0.75	0.72	0.68	0.63	0.86	0.81
General (G)	0.6	0.26	0.21	0.23	0.16	0.27	0.22
	1.0	0.38	0.33	0.33	0.26	0.40	0.34
	2.0	0.53	0.48	0.44	0.38	0.57	0.51
	3.0	0.59	0.55	0.49	0.44	0.65	0.59
	5.0	0.64	0.61	0.54	0.49	0.73	0.68
Directa (D)	0.6	0.34	0.28	0.33	0.24	0.35	0.28
	1.0	0.49	0.42	0.47	0.37	0.51	0.43
	2.0	0.65	0.60	0.63	0.55	0.71	0.64
	3.0	0.72	0.67	0.69	0.63	0.80	0.74
	5.0	0.78	0.75	0.75	0.71	0.89	0.85

Fuente: Raitelli, Mario. <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>. enero 2011

**Tabla XXI. Cálculo de coeficiente de utilización**

Distribución típica	Techo	claro	
	Pared	claro	oscuro
	Piso	semiclaro-claro	
	RR		
G	0.6 0.965 1.0	0.27 x 0.40	

Fuente: Donald Fink. Manual de Ingeniería Eléctrica. Pág. 64. Junio 2010

Interpolando para encontrar el valor de k =  $k = 0.27 + 0.365(0.40-0.27)$

$$k = 0.3174$$

e) Espaciamiento máximo

**Tabla XXII. Tabla de altura de suspensión de lámparas**

Norma	Altura de suspensión en metros
Alemana	1.5 a 2.5
Americana	2 y 3

Fuente: Donald Fink. Manual de Ingeniería Eléctrica. Pág. 61 junio 2010

Se toma la norma alemana por los estándares que se manejan en Latinoamérica.

$$EM = H (N \text{ alemana})$$

$$EM = 2.3 * 2.5 = 5.75 \text{ m}$$

f) # luminarias

$$\#ancho = \frac{3.25}{5.75} = 0.56 \approx 1$$

1\*2 = 2 luminarias

$$\#largo = \frac{7}{5.75} = 1.21 \approx 2$$

g) Flujo luminoso (lúmenes)

$$\phi T = \frac{E * Area}{k * FM} = \frac{200 * (3.25 * 7)}{0.3174 * 0.65} = 22,054.19 \text{ lúmenes}$$

$$\phi L = \frac{\phi T}{\# \text{ luminarias}} = \frac{22,054.19}{2} = 11,027.095 \text{ lum/luminaria}$$

h) Tipo de lámparas

$$\# \text{ tubos fluorescentes} = \frac{\phi L}{\# \text{ lum por lampara}}$$

$$\# \text{ tubos fluorescentes} = \frac{11,027.095}{5650} = 1.92 \approx 2$$

Fluorescente por su costo bajo y eficiencia, tiene una duración media de 20,000 horas. Se recomiendan dos lámparas 2 x 96 Slim industrial y tubos fluorescentes T8 color 4100k 59w.

Costo: Q344.99 (lámpara 2x96 slim industrial) \* 2 = Q689.98

Q34.99 (tubo fluorescente) \* 4 = Q139.96

**Costo total: Q689.98 + Q139.96 = Q829.94**

### 3.1.1.2.2.1. Plano de distribución

Separación entre lámparas:

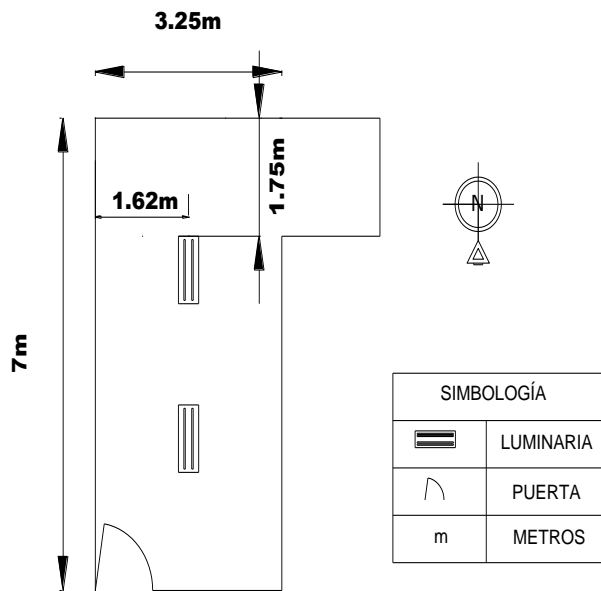
$$\text{Largo} = \frac{7}{2} = 3.5 \text{ m}$$

Separación entre pared y luminaria:

$$\text{Ancho} = \frac{3.25}{2} = 1.625 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = \frac{3.5}{2} = 1.75 \text{ m}$$

**Figura 10. Gráfica propuesta para la distribución, iluminación artificial laboratorio Química Industrial**



ESCALA 1/100

### **3.1.2. Diseño de ventilación**

Para el diseño de un sistema de ventilación se plantean dos opciones, en caso que se pueda realizar una modificación en la estructura del edificio se plantea el diseño de ventilación natural, de no ser el caso se plantea en diseño de ventilación forzada.

#### **3.1.2.1. Factores que determinan el diseño de ventilación**

Ancho: 3.25 m

Largo: 7 m

Alto: 3.3 m

Actividad: ensayos de laboratorio

Velocidad del viento: 0.2 m/s

Dirección: perpendicular a la ventana

Renovaciones por hora según lugar: 3.5 veces/hora

#### **3.1.2.2. Métodos de ventilación**

A continuación se detallan los cálculos de cada uno de los métodos propuestos para la mejora de la ventilación, en el laboratorio de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

##### **3.1.2.2.1. Natural**

a) Cálculo del volumen total

$$V_t = 3.25 \cdot 7 \cdot 3.3 = 75.075 \text{ m}^3$$

b) Cálculo volumen total a renovar

$$V_{te} = V_t * R_a \text{ (renovaciones de aire)}$$

**Tabla XXIII. Renovación de aire en número de veces/hora**

Habitaciones ordinarias	1
Dormitorios	2
Hospitales enfermedades comunes	3 a 4
Hospitales enfermedades epidémicas	5 a 6
Talleres	3 a 4
Teatros	3 a 4

Fuente: Torres, Sergio. Ingeniería de Plantas. Pág. 116. junio 2010

$$R_a = \text{talleres} \frac{3+4}{2} = 3.5 \text{ veces/hora se toma el promedio de los dos valores.}$$

$$V_{te} = 75.075 m^3 * 3.5 \text{ veces/hora} = 262.75 m^3/\text{hora}$$

c) Área de paso

**Tabla XXIV. Coeficiente según dirección de viento**

C	Característica
0.25 – 0.35	Actúa longitudinalmente
0.3 – 0.5	Actúa perpendicularmente

Fuente: Folleto de Ingeniería de Plantas. Ingeniería USAC. junio 2010

$$C = \text{valor promedio de los dos } 0.3+0.5 / 2 = 0.4$$



$$A_p = \frac{Vte}{CV}$$

$$A_p = \frac{262.75 \frac{m^3}{h}}{0.4 * \left( \frac{0.1m}{s} * \frac{3600s}{1h} \right)} = 1.82m^2$$

d) Dimensiones

$$3.25x = 1.82m^2$$

$$x = 0.56$$

$$7y = 1.82m^2$$

$$y = 0.26$$

e) Área de ventana

$$A_v = x * y$$

$$A_v = 0.56 * 0.26 = 0.1456m^2$$

f) Número de ventanas

$$\#V = \text{área de paso } (A_p) / A_v$$

$$\#V = 1.82 / 0.1456 = 12.5$$

**Se necesitan 12 ventanas de 0.56 m \* 0.26 m para contar con la ventilación natural adecuada.**

### 3.1.2.2.2. Forzada

**Tabla XXV. Cálculo de cargas de enfriamiento Química Industrial**

National Electrical Manufacturers Association.

Componentes	Cantidad	Factor			Btu/hr Cantidad * factor	
		Noche	Día			
1. Ventanas Ganancia de calor por radiación directa del sol. (usa la exposición con mayor carga).			Sin cortina	con cortina	sombra a	
Noreste	_____ft	0	60	25	20	
Este	_____ft	0	80	40	25	
Sureste	_____ft	0	75	30	20	
Sur	_____ft	0	75	35	20	
Suroeste	_____ft	0	110	45	30	
Oeste	_____ft	0	150	65	45	
Noroeste	_____ft	0	120	50	35	
Norte	<u>64ft<sup>2</sup></u>	0	①	0	0	0
2. Ventanas Ganancia de calor por conducción (total de todas las ventanas).						
Vidrio simple	<u>64ft<sup>2</sup></u>	14		⑭		896
Vidrio doble o Vidrio negro	_____ft	7		7		
3. Pared (Base, metros lineales de pared).						
a) Pared exterior exposición norte	_____ft	30	Construcción liviana	30	20	
Otra exposición en el norte						
b) Pared interior entre espacios condicionados y no condicionados	<u>11 ft</u>	30	60		③	330
	<u>23 ft</u>	30		③		690

**Continúa tabla XXV.**

4. Techo (solo se usa uno)				
a) Techo sin aislamiento	_____ft	5	19	
b) Techo con aislante de 1 pulgada o más	_____ft	3	8	
c) Techo con espacio ocupado encima	<u>34</u> ft	3	(3)	102
d) Techo con aislamiento, con ático encima.	_____ft	4	5	
e) Techo sin aislante, con ático encima.	_____ft	7	12	
5. Piso (Si el piso esta directamente en el suelo o en el sótano)	<u>34</u> ft	3	(3)	102
6. Número de personas	<u>10</u>	600	(600)	6,000
7. Luces y equipo eléctrico en uso	<u>6510</u> watt	3	(3)	19,530
8. Puertas y arcos continuamente abiertos (metros lineales de ancho)	<u>1</u> ft	200	(300)	300
Sub-total				<u>27,950</u>

Fuente: National Electrical Manufacturers Association, junio 2010

Condiciones de diseño: basadas en las condiciones ambientales en la ciudad de Guatemala, datos de INSIVUMEH

Exteriores (oa)

$$T_{BS} = 83^{\circ}\text{F} \text{ (ASHRAE Handbook of fundamentals)}$$

$$T_{BH} = 70^{\circ}\text{F} \text{ (ASHRAE Handbook of fundamentals)}$$

$$\phi = 55\%$$

$$V_{oa} = 16.87 \text{ } p^3 / \text{lb} \text{ (carta psicométrica)}$$

$$h_{oa} = 37.6 \text{ } Btu / \text{lb}_{\text{aire seco}} \text{ (carta psicométrica)}$$

Interiores (r):

$$T_{BSr} = 75^{\circ}\text{F}$$

$$T_{B Hr} = 60.25^{\circ}\text{F}$$

$$\phi = 60\%$$

De suministro (s):

$$T_{BSS} = 55.5^{\circ}\text{F} \text{ (temperatura de saturación de } T_{BSr} = 70^{\circ}\text{F} \text{ carta psicométrica)}$$

$$T_{BHs} = 55^{\circ}\text{F}$$

$$\phi = 90\%$$

$$V_s = 15.87 \text{ } p^3 / \text{lb} \text{ (carta psicométrica)}$$

$$H_s = 24.3 \text{ } Btu / \text{lb}_{\text{aire seco}} \text{ (carta psicométrica)}$$

Cálculos:

- Cantidad mínima de aire a suministrar

$$Ws = \frac{Qs}{0.244*(Tr-Ts)} \text{ donde:}$$

Ws = cantidad mínima de aire a suministrar,  $\frac{lb \text{ aire seco}}{hr}$

Tr = temperatura del espacio interior (área de laboratorio °F)

Ts = temperatura aire de suministro °F

Cp = calor específico del aire húmedo ( $0.22449 \frac{btu}{lb \text{ °F}}$ )

$$Ws = \frac{27,950}{0.244*(75-55)} = 5,727.46 \frac{p^3}{min}$$

- Volumen de aire por minuto a suministrar al local

$$CFMs = Ws * \frac{1}{60} * Vs \text{ donde:}$$

Vs = volumen específico a temperatura del aire de suministro °F

$$CFMs = 5,727.46 * \frac{1}{60} * 15.87 = 1,514.91 \frac{p^3}{min}$$

- Volumen de aire por minuto a suministrar al equipo debido a las personas

CFMoa = CFM/persona (factor 15) \* # personas

$$CFMoa = 15 * 10 = 150 \frac{p^3}{min}$$

- Total de aire a suministrar

$$Woa = \frac{CFMoa * 60}{Voa} \text{ donde:}$$

$V_{oa}$  = volumen específico a temperatura del aire exterior, °F

$$W_{oa} = \frac{150 * 60}{16.87} = 533.49 \frac{lb_{aire\ seco}}{hr}$$

- Si se sabe que el aire de suministros es la suma de aire reciclado y aire exterior, entonces se determina como aire reciclado y volumen del aire reciclado.

$W_r = W_s - W_{oa}$ , por lo tanto:

$CMFr = W_r * (1/60) * V_r$ , donde:

$V_r$  = volumen específico a temperatura del aire interior, °F

$$W_r = 5,727.46 - 533.49 = 5,193.97 \frac{lb_{aire\ seco}}{hr}$$

- Carga de enfriamiento de ventilación

$W_v = CFM_{oa} * 60 / V_{oa}$

$$W_v = 150 * 60 / 16.87 = 533.49 \frac{lb}{hr}$$

$W_{vent} (h_{oa} - h_s) = W_{oa} (h_{oa} - h_s)$

$$W_{vent} = 533.49 (37.6 - 24.3) = 7,095.42 \frac{Btu}{hr}$$

- Carga de enfriamiento de aire reciclado

$W_{re} = (h_r - h_s) = (W_s - W_{oa}) * (h_r - h_s)$

$$W_{re} = (5,727.46 - 533.49) * (29.2 - 24.3) = 25,450.45 \frac{Btu}{hr}$$

- Carga total a vender para el equipo de aire acondicionado

$W_{tot} = W_{vent} + W_{re}$

$$W_{\text{tot}} = 7,095.42 + 25,450.45 = 32,545.87 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

- Toneladas necesarias

$$\# \text{ton} = W_{\text{tot}} \frac{\text{btu}}{\text{hra}} * \frac{1 \text{ tonelada}}{12,000 \text{ btu/hra}}$$

$$\# \text{ton} = 32,545.87 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} * \frac{1 \text{ tonelada}}{12,000 \text{ btu/hra}} = 2.71 \text{ toneladas} \approx 3 \text{ toneladas}$$

Se recomienda instalar un equipo de aire acondicionado tipo Split de tres toneladas con capacidad de 36,000 BTU/hra.

Costo unidad instalada: Sistema Carrier Split Consola Xperience con capacidad 36,000 BTU/hra \$2,995.00 + IVA

**Costo IVA incluido en quetzales Q26,835.20**

El costo incluye la instalación con las siguientes características:

- Montaje de la unidad condensadora en el exterior.
- Montaje de la unidad manejadora para aire, en el interior.
- Tubería de cobre TIPO "L", aislada con ARMAFLEX para la conexión del gas refrigerante desde la unidad condensadora hacia la unidad manejadora.
- Alambrado del sistema de control de mandos.
- Chequeo de presiones, temperatura y funcionamiento.
- Puesta en marcha y funcionamiento.

Este equipo es recomendable porque existen varios tipos y diferentes capacidades, funcionan muy bien para acondicionar una sola habitación como es el caso del laboratorio y es silencioso. Se puede colocar o anclar fácilmente con solo hacer unos agujeros en la pared y la unidad enfriadora se puede manejar por control remoto.

También es utilizado en lugares donde dadas las condiciones del edificio la línea de interconexión entre las unidades no sea muy grande y donde no es posible la utilización de ductos, ya que la tubería de interconexión no ocupa mucho espacio y comparado con los ductos es mas económico.

Un equipo de estos puede suponer una inversión algo alta, pero es una mejor opción en términos de ahorro a largo plazo, es muy eficiente cuando de electricidad se trata; dado que el enfriamiento se da en lugares específicos, ahorra energía y enfría mejor.

## **Características**

### Unidad manejadora

- Mejor eficiencia EER
- Mas silenciosa DE 43 a 45 Db
- Diseño aerodinámico
- La combinación de filtros electroestáticos, foto catalíticos y carbón Activado, atrapan y remueven partículas de polvo microscópico, virus, bacterias y químicos y malos olores.
- Efectiva distribución de aire con una rejilla de 6 posiciones y 4 velocidades.
- Función de auto arranque
- Auto-diagnóstico



- Control remoto Inalámbrico con reloj para 24 horas
- Uso centralizado o por zonas
- Termostato alámbrico como opción.
- Corriente eléctrica 208-230V/1Ph/60Hz

#### Unidad condensadora

- Gabinete con WeatherArmor™, pintura doble, da protección adicional para las condiciones de la costa, teniendo un escudo protector en el interior y exterior del gabinete.
- Rejilla de alta resistencia lo cual protege al serpentín y promueve el flujo de aire que sea óptimo y su limpieza sea fácil.
- Aisladores del serpentín que lo levantan de la base con lo que se logra que pueda drenar y lo protege de daños y raspones.
- Compresor Scroll
- Eficiencia 10.0 EER
- Corriente eléctrica 208-230V/1Ph/60hz

### **3.2. Laboratorio de Microbiología**

Para los ensayos

Determinación del potencial de hidrógeno (pH) en agua

Determinación de color aparente y real del agua

Determinación de turbiedad del agua

### **3.2.1. Diseño de iluminación**

Elaboración del diseño según el ambiente y características del laboratorio, tomando en cuenta los requerimientos del ensayo y la norma ISO 17025:2005 en el laboratorio de Microbiología del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

#### **3.2.1.1. Factores que determinan el diseño de Iluminación**

Actividad: ensayos de laboratorio

Colores: techo blanco                      Pared café claro                      Piso claro pálido

Ancho del laboratorio: 3.31 m

Largo del laboratorio: 4.31m

Altura de trabajo (hm) = 1.10 m

Altura piso-techo (ht) = 2.86 m

Edad promedio: 45 años

Exactitud: importante

Mantenimiento: regular (vea tabla X)

#### **3.2.1.2. Método de diseño**

Para el diseño de un sistema de iluminación se plantean dos opciones, en caso que se pueda realizar una modificación en la estructura del edificio se plantea el diseño de iluminación natural, de no ser el caso se plantea el diseño de iluminación forzada.

### 3.2.1.2.1. Iluminación natural

Según la tabla XV para calcular la iluminación natural en un laboratorio se debe aplicar 20% del área de piso por lo cual se tiene:

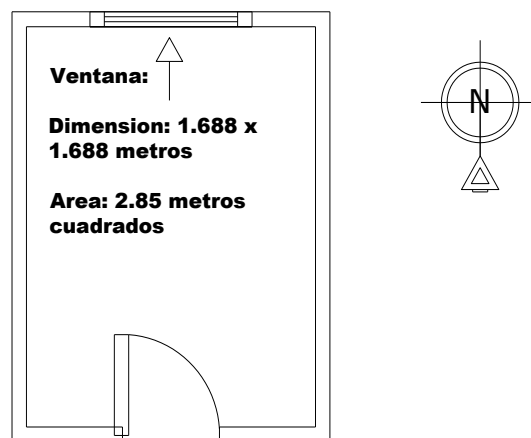
$$\text{Área de ventana} = \text{área de piso} * 0.2$$

$$\text{Área de ventana} = 14.27 \text{ m}^2 * 0.2 = 2.85 \text{ m}^2$$

Para obtener el nivel de iluminación natural adecuada según las normas de planificación y construcción, se debe de contar con una ventana de: **2.85 m<sup>2</sup> de área.**

#### 3.2.1.2.1.1. Plano de distribución

**Figura 11. Gráfica propuesta para la distribución, iluminación natural laboratorio Microbiología.**



**ESCALA 1/100**

### 3.2.1.2.2. Utilización o rendimiento

- a. Reflectancia: se obtiene con los colores del ambiente según tabla XVI

Techo = blanco – claros = 80%

Pared = café claro – semiclaros = 50%

Piso = Col. pálido – claros = 65%

$$\text{Reflectancia} = (80+50+65)/3 = 65\%$$

- b. Rango de iluminación

Vea Tabla XVII

Edad	0
Exactitud	0
% reflectancia	<u>0</u>
	0

Suma de los factores de peso según tabla XVII

Como la suma es 0 usamos el valor medio = 350 lux.

Rango D 200 – 350 – 500 trabajos de contraste medio o tamaño pequeño, trabajo moderadamente difícil de montaje.

- c. Cálculo relación de ambiente (RR)

$$RR = \frac{\text{ancho} \cdot \text{largo}}{H (\text{ancho} + \text{largo})}$$

$$H = h_t - h_m$$

$$H = 2.86 - 1.10 = 1.76m$$

$$RR = \frac{3.31m \cdot 4.31m}{1.76m (3.31m + 4.31m)} = 1.064$$

d. Cálculo coeficiente de utilización (k)

Tipo luminaria = G (general: debido a que la distribución de la luz según el tipo de luminaria se distribuye de esta forma. Ver tabla XIX)

Techo = claro

Piso = semiclaro

Pared = claro

RR = 1.064

De la tabla XX se obtiene el coeficiente de utilización K para interpolar.

**Tabla XXVI. Cálculo del coeficiente de utilización**

Distribución típica	Techo	claro	
	Pared	claro	oscuro
	Piso	Semiclaro-claro	
	RR		
G	1.0	0.4	
	1.064	x	
	2.0	0.57	

Fuente: Donald Fink, Manual de Ingeniería Eléctrica. Pág. 64. junio 2010

Interpolando para encontrar el valor de  $k = 0.4 + 0.064(0.57-0.4)$

$$k = 0.41$$

e. Espaciamiento máximo

$$EM = H (N \text{ alemana})$$

$$EM = 1.76 * 2.5 = 4.4 \text{ m}$$

f. Número luminarias

$$\#ancho = \frac{3.31}{4.4} = 0.7522 \approx 1$$

1 luminaria

$$\#largo = \frac{4.31}{4.4} = 0.979 \approx 1$$

g. Flujo luminoso (lúmenes)

$$\phi T = \frac{E * Area}{k * FM} = \frac{350 * (3.31 * 4.31)}{0.41 * 0.65} = 18,735.96 \text{ lúmenes}$$

$$\phi L = \frac{\phi T}{\# \text{ luminarias}} = \frac{18735.96}{1} = 18,735.96 \text{ lum/luminaria}$$

h. Tipo de lámparas

$$\# \text{ tubos fluorescentes} = \frac{\phi L}{\# \text{ lum por lampara}} = \frac{18735.96}{5650} = 3.31 \approx 4$$

Fluorescente por su costo bajo y eficiencia, tiene una duración media de 20,000 horas. Se recomienda una lámpara 4 x 96 Slim industrial y tubos fluorescentes T8 color 4100k 59w

Costo: Q609.99 (lámpara 4 x 96 slim industrial

Q34.99 (tubo fluorescente) \* 4 = Q139.96

**Costo total: Q609.99 + Q139.96 = Q749.95**

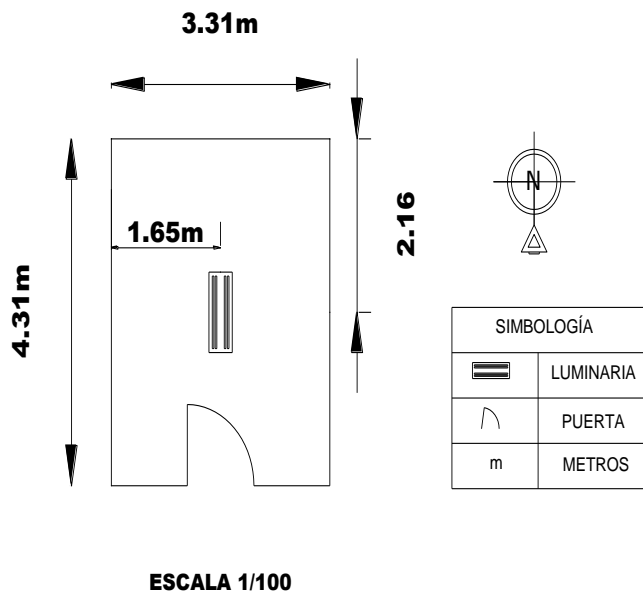
### 3.2.1.2.2.1. Plano de distribución

Separación entre pared y luminaria:

$$\text{Ancho} = \frac{3.31}{2} = 1.65$$

$$\text{Largo} = \frac{4.31}{2} = 2.15$$

Figura 12. Gráfica propuesta para la distribución, iluminación artificial laboratorio Microbiología.



### **3.2.2. Diseño de ventilación**

Para el diseño de un sistema de ventilación se plantean dos opciones, en caso que se pueda realizar una modificación en la estructura del edificio se plantea el diseño de ventilación natural, de no ser el caso se plantea en diseño de ventilación forzada.

#### **3.2.2.1. Factores que determinan el diseño de ventilación**

Ancho: 3.31 m

Largo: 4.31 m

Alto: 2.86 m

Actividad: ensayos de laboratorio

Velocidad del viento: 0.3 m/s

Dirección: perpendicular a la ventana

Renovaciones por hora según lugar: 3.5 veces/hora

#### **3.2.2.2. Métodos de ventilación**

A continuación se detallan los cálculos de cada uno de los métodos propuestos para la mejora de la ventilación en el laboratorio de Microbiología del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

##### **3.2.2.2.1. Natural**

- a. Cálculo del volumen total

$$V_t = 3.31 * 4.31 * 2.86 = 40.8m^3$$



- b. Cálculo volumen total renovar

$$V_{te} = V_t * Ra \text{ (renovaciones de aire)}$$

Renovación de aire en número de veces/hora, según tabla XXIII

Ra = talleres, 3.5 veces/hora

$$V_{te} = 40.8m^3 * 3.5 \text{ veces/hora} = 142.8 m^3/\text{hora}$$

- c. Área de paso

Según Tabla XXIV C= 0.4 porque actúa perpendicular a la ventana.

$$A_p = \frac{V_{te}}{CV}$$

$$A_p = \frac{142.8 \frac{m^3}{h}}{0.4 * (\frac{0.1m}{s} * \frac{3600s}{1h})} = 0.992m^2$$

- d. Dimensiones

$$3.31x = 0.992m^2$$

$$x = 0.3$$

$$4.31y = 0.992 m^2$$

$$y = 0.23$$

- e. Área de ventana

$$A_v = x*y$$

$$A_v = 0.3 * 0.23 = 0.069m^2$$

- f. Número de ventanas

$$\#V = \text{área de paso (} A_p \text{)} / A_v$$

$$\#V = 0.992 / 0.069 = 14.4$$

**Se necesitan 14 ventanas de 0.3m ancho \* 0.23m de alto para contar con una ventilación natural adecuada.**

### 3.2.2.2.2. Forzada

**Tabla XXVII. Cálculo de cargas de enfriamiento Microbiología**

Componentes	Cantidad	Factor			Btu/hr Cantidad * factor
		Noche	Día		
1. Ventanas Ganancia de calor por radiación directa del sol. (usa la exposición con mayor carga).					
			Sin cortina	con cortina	sombra a
Noreste	_____ft	0	60	25	20
Este	_____ft	0	80	40	25
Sureste	_____ft	0	75	30	20
Sur	_____ft	0	75	35	20
Suroeste	_____ft	0	110	45	30
Oeste	_____ft	0	150	65	45
Noroeste	_____ft	0	120	50	35
Norte	_____ft	0	①	0	0
	<u>16.14ft<sup>2</sup></u>	0			0
2. Ventanas Ganancia de calor por conducción (total de todas las ventanas).					
Vidrio simple	<u>16.14ft<sup>2</sup></u>	14		①4	226
Vidrio doble o Vidrio negro	_____ft	7		7	
3 Pared (base, metros lineales de pared).					
a) Pared exterior exposición norte	_____ft		30		20
Otra exposición	<u>10.86 ft</u>	30			①30
b) Pared interior entre espacios condicionados y no condicionados	<u>14.14 ft</u>	30		①30	424.2
4 Techo (solo se usa uno)					
a) Techo sin aislamiento	_____ft			19	
b) Techo con aislante de 1 pulgada o más	_____ft	5		8	
c) Techo con espacio	<u>25 ft</u>	3		①3	75

**Continúa tabla XXVII.**

d) Techo con aislamiento, con ático encima.	_____ ft	4	5	
e) Techo sin aislante, con ático encima.	_____ ft	7	12	
5 Piso (Si el piso esta directamente en el suelo o en el sótano)	<u>25</u> ft	3	③	75
6 Número de personas	<u>2</u>	600	⑥00	1,200
7 Luces y equipo eléctrico en uso	<u>4610</u> watt	3	③	13,830
8 Puertas y arcos continuamente abiertos (metros lineales de ancho)	<u>1</u> ft	200	③00	300
Sub-total				<u>16.456</u>

Fuente: National Electrical Manufacturers Association. junio 2010

Condiciones de diseño: basadas en las condiciones ambientales en la ciudad de Guatemala, datos de INSIVUMEH.

Exteriores (oa)

$$T_{BS} = 83^{\circ}\text{F} \text{ (ASHRAE Handbook of fundamentals)}$$

$$T_{BH} = 70^{\circ}\text{F} \text{ (ASHRAE Handbook of fundamentals)}$$

$$\phi = 55\%$$

$$V_{oa} = 16.87 \frac{p^3}{lb} \text{ (carta psicométrica)}$$

$$h_{oa} = 37.6 \frac{Btu}{lb_{\text{aire seco}}} \text{ (carta psicométrica)}$$

Interiores (r):

$$T_{BSr} = 75^\circ\text{F}$$

$$T_{BHR} = 60.25^\circ\text{F}$$

$$\phi = 60\%$$

De suministro (s):

$$T_{BSs} = 55.5^\circ\text{F} \text{ (temperatura de saturación de } T_{BSr} = 70^\circ\text{F carta psicométrica)}$$

$$T_{BHS} = 55^\circ\text{F}$$

$$\phi = 90\%$$

$$V_s = 15.87 \frac{p^3}{lb} \text{ (carta psicométrica)}$$

$$H_s = 24.3 \frac{Btu}{lb_{\text{aire seco}}} \text{ (carta psicométrica)}$$

Cálculos:

- Cantidad mínima de aire a suministrar:

$$W_s = \frac{16456}{0.244 \cdot (70 - 55)} = 4,496.17 \frac{p^3}{min}$$

- Volumen de aire por minuto a suministrar al local

$$\text{CFMs} = 4,496.17 * 1/60 * 15.87 = 1,189.24 \frac{p^3}{min}$$

- Volumen de aire por minuto a suministrar al equipo debido a las personas.

$$\text{CFMoa} = 15 * 2 = 30 \frac{p^3}{min}$$

- Total de aire a suministrar:

$$\text{Woa} = \frac{30 * 60}{16.87} = 106.7 \frac{lb_{aire\ seco}}{hr}$$

- Si se sabe que el aire de suministros es la suma de aire reciclado y aire exterior, entonces se determina como aire reciclado y volumen del aire reciclado.

$$\text{Wr} = 4,496.17 - 106.7 = 4,389.47 \frac{lb_{aire\ seco}}{hr}$$

- Carga de enfriamiento de ventilación es:

$$\text{Wv} = 30 * 60 / 16.87 = 106.7 \frac{lb}{hr}$$

$$\text{Wvent} = 106.7 (37.6-24.3) = 1,419.1 \frac{Btu}{hr}$$

- Carga de enfriamiento de aire reciclado

$$\text{Wre} = (hr-hs) = (Ws - Woa) * (hr - hs)$$

$$\text{Wre} = (4,496.17 - 106.7) * (29.2-24.3) = 21,508.40 \frac{Btu}{hr}$$

- Carga total a vender para el equipo de aire acondicionado

$$W_{tot} = W_{vent} + W_{re}$$

$$W_{tot} = 1,419.1 + 21,508.40 = 22,927.5 \frac{Btu}{hr}$$

- Toneladas necesarias

$$\#ton = 22,927.5 \frac{Btu}{hr} * \frac{1 \text{ tonelada}}{12000 \text{ btu/hra}} = 1.91 \text{ toneladas} \approx 2 \text{ toneladas}$$

Se recomienda instalar un equipo de aire acondicionado tipo Split de dos toneladas. Costo de la unidad instalada Sistema Nice Day con capacidad de 22,000 BTU/hra: \$1,255.00 + iva = **Q11,244.80**

El precio incluye la instalación que comprende:

- Montaje de la unidad condensadora en el exterior hasta 5m.
- Montaje de la unidad manejadora para aire, en el interior.
- Conexión de la tubería de drenaje.
- Control de Mandos de unidad manejadora a condensadora
- Arranque y prueba de la unidad
- Base Anti-vibratoria para la condensadora

El equipo tipo Split recomendable porque en el comercio existen varios tipos y tamaños, funciona muy bien para acondicionar una sola habitación como es el caso del laboratorio.

Se puede colocar o anclar fácilmente con solo hacer unos agujeros en la pared y la unidad enfriadora se puede manejar por control remoto, este equipo también es utilizado en lugares donde dadas las condiciones del edificio, la línea de interconexión entre las unidades (condensador y evaporador) no sea muy grande y donde no es posible la utilización de ductos, ya que la tubería de interconexión no ocupa mucho espacio y comparado con los ductos es más económico.

#### Características:

- Panel digital, el cual muestra la temperatura y otras funciones que son programables con el control remoto.
- Perfil delgado
- Modo automático
- Auto encendido
- Auto apagado
- Modo turbo
- Modo deshumidificador
- Corriente eléctrica 208-230V/1Ph/60 HZ
- Refrigerante R-22
- Distancia máxima de tubería 5m





## **4. IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN**

### **4.1. Instalación de los sistemas de iluminación y ventilación**

Para la instalación de los nuevos sistemas se realizarán ciertas actividades, las cuales son necesarias para la implementación de mismo, estas se realizarán de la misma forma en los dos laboratorios.

#### Actividades

- a) Realizar la cotización del equipo y posteriormente la orden de compra
- b) Quitar las lámparas y los sistemas de aire acondicionado si fuera el caso para colocar los nuevos.
- c) Verificar el espacio disponible para la ubicación
- d) Ver la distancia entre la unidad evaporadora y la unidad condensadora y el camino de la tubería para unirlos.
- e) Acceso a la red eléctrica así como la disponibilidad de potencia.
- f) Platicar con la persona encargada del laboratorio para pactar el día y hora que se puede realizar la instalación.
- g) Instalar las nuevas luminarias y sus respectivas lámparas.
- h) Supervisar el trabajo realizado, y realizar correcciones si es necesario
- i) Instalar el aire acondicionado
- j) Supervisar el buen funcionamiento de todo el sistema
- k) Elaborar una bitácora de actividades para informe.

## **4.2. Mano de obra necesaria para la instalación**

Para la instalación del diseño de iluminación se necesitará de personal especializado en electricidad, ya que es necesario verificar el estado del sistema eléctrico. Dos electricistas se encargarán de eso y de la instalación de las lámparas y luminarias.

Para instalar el aire acondicionado se necesita un técnico en aire acondicionado y refrigeración.

Un supervisor que puede ser el director técnico (Jefe de sección) debe de estar presente en cada fase de la implementación, tomando como base el diseño y plano aprobados.

## **4.3. Cronograma de la instalación**

Antes de proceder a trasladar todos los componentes de instalación se debe de elaborar un plan de trabajo que permita la realización de la instalación en tiempo previamente programado y con el mínimo de contratiempos.

Se debe de determinar los limitantes de la instalación y asignar tiempo a cada actividad a realizar dependiendo de la dificultad del mismo.

**Tabla XXVIII. Cronograma de instalación de iluminación y ventilación artificial**

Actividades	Día									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quitar lámparas y luminarias antiguas	■									
Verificar e instalar conexión eléctrica	■									
Instalar lámparas y luminarias	■	■								
Prueba y entrega del sistema de iluminación		■								
Fabricar soporte de aire acondicionado			■							
Instalar unidad evaporadora y compresora				■	■					
Instalar tubería de succión y de descarga					■	■				
Instalar la conexión eléctrica para el aire							■	■		
Instalar rejillas y difusores								■		
Arranque del sistema y supervisión									■	
Entrega del sistema										■

#### 4.4. Supervisión de las actividades de instalación

El Director Técnico (jefe de sección) será el encargado de supervisar el buen trabajo de cada una de las personas involucradas en la instalación, para lo cual tomará como base el cronograma de actividades y tomará nota de todo lo que considere anormal o imprevisto para corregirlo.

#### 4.4.1. Cuestionario de evaluación de cada instalación

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FICHA DE EVALUACIÓN DE INSTALACIÓN</b>	 página 1 de 2
<p>Objetivo: llevar el control en la instalación del nuevo sistema de iluminación y ventilación, observando que cada uno de los componentes funcione correctamente.</p> <p>Instrucciones: la presente ficha será utilizada al finalizar las actividades de instalación, anotando en ella correctamente todos los datos solicitados, observaciones y/o inconvenientes encontrados. Archivarla para su uso posterior o consulta de ser necesario.</p> <p>Nombre de laboratorio _____</p> <p>Encargado de laboratorio _____</p> <p>Técnico encargado de la instalación _____</p> <p>Equipo Instalado</p> <p>- Lámparas y luminarias</p> <p>Marca y modelo _____</p> <p>Cantidad _____</p> <p>Estado (nuevas, usadas, reparadas) _____</p> <p>¿Funciona satisfactoriamente la conexión eléctrica? Si _____ No _____</p>		

¿Las luminarias reciben corriente eléctrica?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

¿Se colocaron las luminarias y lámparas de forma segura?

¿Está funcionando correctamente el sistema de iluminación?

- Aire acondicionado

Marca y modelo \_\_\_\_\_

Estado (nuevo, usado, reparado) \_\_\_\_\_

¿Hay acceso a instalación eléctrica y disponibilidad?

¿El soporte de las unidades aire acondicionado son seguros y resistentes?

¿Se hizo prueba para verificar si existe o no fuga en el sistema?

¿Se cargó el sistema con refrigerante?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

¿Después de 10 minutos el sistema saca aire frío?

Sí \_\_\_ No \_\_\_



¿El sistema para y arranca a intervalos de 15 a 25 minutos?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

Materiales y herramientas: lista de los materiales y herramientas utilizadas en la instalación del sistema.

Observaciones: aquí se debe de anotar cualquier inconveniente o actividad extra realizada en la instalación. Sugerencias o comentarios.

#### 4.4.2. Evaluación del funcionamiento

	<p><b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FICHA DE EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO</b></p>	 <p>página 1 de 2</p>
---	--	--

Objetivo: registrar que cada uno de los aparatos funcione correctamente al momento de la instalación, detectando posibles fallos para evitar el daño del equipo.

Instrucciones: luego de verificar que todo éste completamente instalado, poner en marcha los equipos y observar su funcionamiento. Seguir paso a paso las revisiones descritas anotar y reportar al jefe de sección si es necesario algún ajuste.

- Sistema de iluminación
  - a) Observar el funcionamiento de las lámparas y luminarias
  - b) Hacer una inspección al lugar de trabajo
  - c) Verificar el nivel de iluminación y el efecto que esta tiene en las personas.
  - d) Verificar limpieza y mantenimiento de ser necesario.
  
- Aire acondicionado
  - a) Verificación de fugas: Se debe de verificar que la tubería no tenga fugas antes de cargar el sistema de refrigerante.

Las fugas se pueden dar sobre todo por la temperatura que estas soportan al momento de ser soldadas lo cual puede provocar grietas en el material. Para ver si esta libre de fugas se debe presurizar el sistema con gas nitrógeno, se instala el distribuidor de servicio, se abren ambas válvulas del distribuidor, abrir las válvulas de servicio del sistema y por último abrir la válvula del cilindro de nitrógeno se debe de presurizar a 250 a 300 psi.

Luego de presurizar se debe de cerrar la llave del cilindro y anotar la presión final, luego inspeccionar toda la tubería aplicando agua con jabón a cada accesorio soldado o roscado, con esto se puede ver si hay fuga. En caso de encontrar fuga se debe de reemplazar el accesorio o la parte dañada y verificar de nuevo.

- b) Verificar la cantidad de refrigerante en el sistema. .
- c) Observar la presión y amperaje de trabajo, estos también son indicativos de una cantidad correcta de refrigerante.
- d) Observar el sentido de rotación de las hélices de los ventiladores del condensador y evaporador viendo que sea correcto.
- e) Verificar que en la rejilla de suministro salga aire frío y en las rejillas del condensador aire caliente.
- f) Las tuberías de descarga y succión deben de estar calientes y frías.
- g) Observar que el sistema para y arranca con intervalos de 15 a 25 minutos
- h) Observar que no hayan vibraciones o piezas flojas.
- i) Controlar el sistema por al menos 5 horas y hacer las reparaciones y/o ajustes necesarios.

#### **4.5. Capacitación del personal de mantenimiento**

Como parte de las actividades de implementación, el personal encargado de la misma hará entrega de las especificaciones y de los manuales de funcionamiento del equipo al personal.

Al personal se le dará una inducción a las funciones del equipo como se debe utilizar, que esta permitido hacer y que no para no dañarlo.

Al personal de mantenimiento se le dará una pequeña inducción al mantenimiento que debe tener el equipo, a fin de conseguir un compromiso de parte de ellos para mantener un cronograma y un plan frecuente de mantenimiento preventivo.





## 5. CONTROL Y MANTENIMIENTO

### 5.1. Guía de control del buen funcionamiento del sistema

Para prolongar la vida útil del nuevo sistema se debe de mantener un control de uso, para lograrlo se debe de realizar lo siguiente

#### 5.1.1. Ficha de control

	<p><b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FICHA DE CONTROL DE FUNCIONAMIENTO</b></p>	 <p>página 1 de 2</p>
<p>Objetivo: Su función será monitorear el estado de las lámparas, luminarias y aire acondicionado realizando revisiones periódicas para prevenir daños y si se detectan algún problema repararlo.</p> <p>Instrucciones: Cumplir con las revisiones periódicas indicadas en el cronograma vea Tabla XXIX</p> <p>Nombre de laboratorio: _____</p> <p>Nombre de encargado: _____</p> <p>Marca y modelo de lámparas: _____</p> <p>Marca y modelo de luminarias: _____</p> <p>Marca y modelo de aire acondicionado: _____</p>		

Registro de pasos de rutina:

Frecuencia con que se ejecuta. Pasos de la rutina de control, descritas en el capítulo 4 evaluación del funcionamiento (cada una con casillas que serán marcadas con un cheque cuando se ejecute)

Materiales

Lista de materiales gastables, repuestos, herramientas, y equipos que el técnico necesita.

Observaciones

En este espacio se debe de escribir algún dato adicional sobre la condición de los componentes del sistema de iluminación y ventilación.

Registro de datos

Fecha de realización: \_\_\_\_\_

Nombre del técnico: \_\_\_\_\_ Firma del técnico \_\_\_\_\_

Tiempo de ejecución \_\_\_\_\_

### 5.1.2. Cronograma de revisiones

**Tabla XXIX. Cronograma de revisiones y mantenimiento**

Mes /mantenimiento.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Limpieza de lámparas y luminarias		■		■		■		■		■	
Mantenimiento sistema de Aire Acondicionado			■				■				■
Revisar Instalación eléctrica.				■				■			

### 5.2. Mantenimiento preventivo

Será una actividad programada de inspección de: funcionamiento, ajustes, reparación y limpieza de se hará de forma periódica con base un plan determinado, con el propósito de prever averías o desperfectos iniciales así como corregir y mantener el sistema en buen funcionamiento.

#### 5.2.1. Plan de mantenimiento

Actividades que serán programadas de acuerdo a las necesidades de cada equipo y a los requerimientos de acuerdo al ambiente y uso de cada uno de ellos.

### **5.2.1.1. Frecuencia**

El mantenimiento preventivo tiene como finalidad la detección temprana de posibles problemas que se pueden dar con el equipo, evitando así que se llegue al paro o que se arruine.

Para lo cual la frecuencia en el caso del aire acondicionado, se aconseja que se ponga énfasis en las especificaciones de cada equipo ya que cada componente tiene su tipo de control. Se recomienda darle mantenimiento preventivo al aire acondicionado cada cuatro meses, tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante que varían según el equipo.

Para el sistema de iluminación se programará cada dos meses una revisión total y limpieza de los componentes.

### **5.2.1.2. Actividades a realizar**

#### Iluminación

- Revisar caja de flipones
- Ver cableado eléctrico
- Medir corriente que llega a las lámparas
- Limpieza de las luminarias
- Limpieza de los tubos fluorescentes
- ❖ Reemplazar los tubos fluorescentes en cuanto se produzca una falla deje de funcionar, para evitar una mala iluminación en el área.

## Aire acondicionado

- Revisar caja de flipones
- Revisar cableado eléctrico
- Medir corriente que llega al aparato
- Limpiar el condensador (mínimo 1 vez al año)
- Revisar las terminales de conexión y apretarlos, si presentan perforaciones los contactos deben de ser cambiados.
- Controlar el funcionamiento del sistema al menos 5 horas y verificar que no hayan piezas flojas o sueltas en ninguna parte, ver que funcione correctamente que pare y arranque en tiempo.
- Hacer modificaciones y/o reparaciones necesarias.



## CONCLUSIONES

1. Los diseños de iluminación y ventilación propuestos se realizaron tomando en cuenta cada uno de los factores requeridos para un diseño eficiente. Estos diseños mejoran las condiciones de trabajo, ya que proporcionan *confort* al trabajador en la realización de los ensayos.
2. Al realizar el diseño de iluminación y ventilación se hizo una guía práctica para que sea de utilidad para el personal y autoridades del CII, con el fin de poner en marcha el rediseño e implementación de mejoras en los laboratorios. Este diseño es una guía para cualquier persona que desee poner en práctica los métodos.
3. Las condiciones actuales de los laboratorios de Química Industrial y Microbiología del CII no son las adecuadas para la realización eficiente de los ensayos de laboratorio, no existe una buena ventilación y la iluminación es deficiente debido a la falta de mantenimiento, falta de lúmenes adecuados y mala ubicación de las lámparas.
4. El diseño de iluminación artificial se realizó por el método de utilización o rendimiento y es adecuado para cada uno de los ambientes que se estudiaron, así mismo se propuso un diseño de iluminación natural en el caso que las instalaciones puedan ser modificadas o si el laboratorio es trasladado.

5. Se propuso un sistema de ventilación natural ya que es más económico que el artificial, el aire acondicionado propuesto mantendrá la temperatura entre 18°C a 24°C según lo deseado; ya que genera un ambiente confortable además de que los ensayos de laboratorio se deben de realizar a una temperatura constante para evitar variaciones en los resultados.
6. La guía de instalación, indica los pasos necesarios para la implementación de los diseños de iluminación y ventilación artificial
7. La guía de control del buen funcionamiento del sistema, ayudará a las personas que se encuentran en el laboratorio a corroborar si el sistema trabaja de manera eficiente y si se necesita algún tipo de reparación.
8. El mantenimiento preventivo de los sistemas de iluminación y ventilación se debe de implementar; sobre todo para evitar fallos o que los componentes de cada sistema puedan ser dañados. Se debe de tomar en cuenta las especificaciones de cada equipo.



## RECOMENDACIONES

1. Implementar un programa de mantenimiento preventivo tanto para el aire acondicionado como para las lámparas y luminarias, con el cual se garantiza un correcto funcionamiento del sistema.
2. Revisar regularmente que el suministro de aire sea adecuado para que el equipo trabaje en las mejores condiciones.
3. Tomar en cuenta las recomendaciones especiales para cada equipo según el fabricante.
4. Revisar periódicamente el sistema eléctrico con el objetivo de evitar daños a los equipos por variación de corriente.
5. Supervisar que los soportes del aire acondicionado estén bien colocados y limpiarlos para remover índices de corrosión.
6. Reemplazar las lámparas defectuosas en el momento en que dejan de funcionar para no afectar la correcta iluminación del laboratorio.
7. Modificar la estructura del edificio para implementar el diseño de iluminación y ventilación natural; ya que es más económico y amigable con el ambiente.



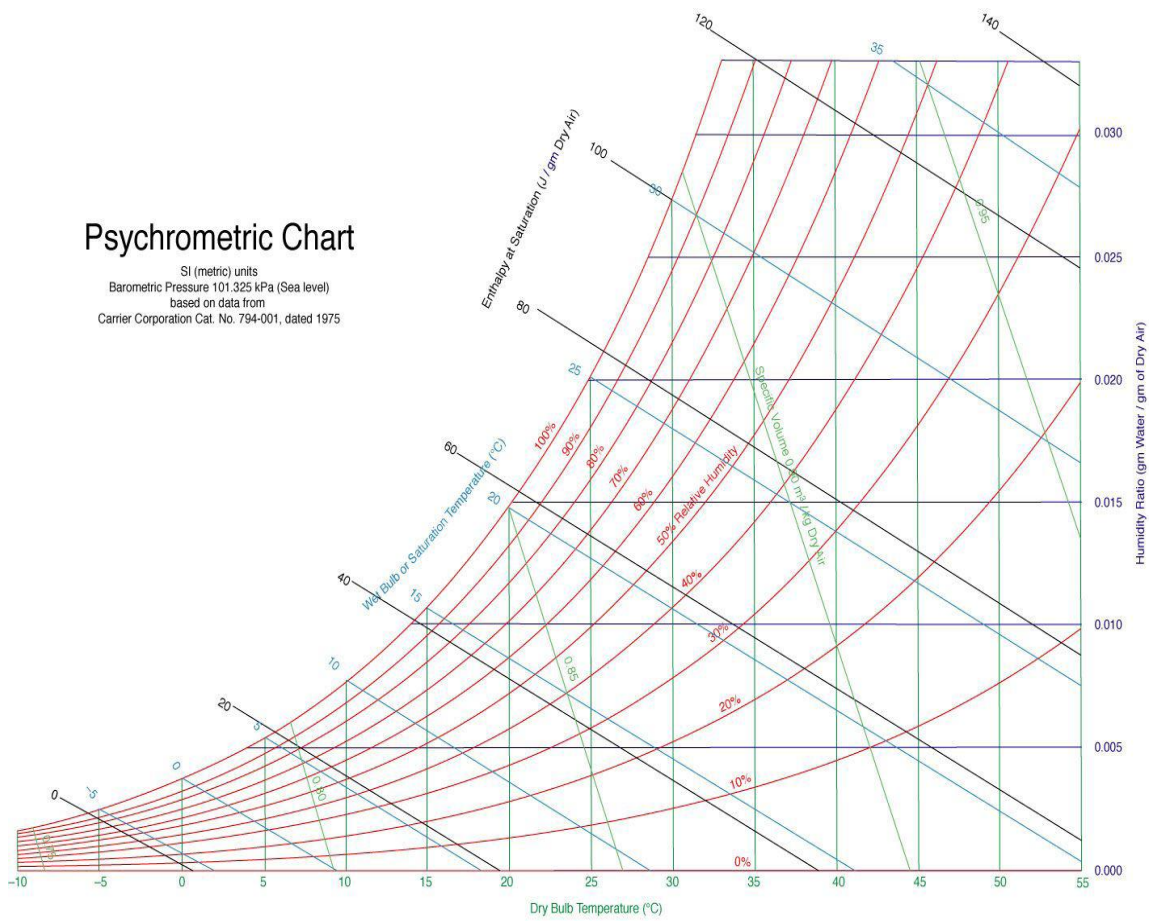
## BIBLIOGRAFÍA

1. COGUANOR. *Manual de Buenas Prácticas de Laboratorio* CNM-MMF-PT-002. México: publicación técnica, 1999. 49 p.
2. COGUANOR. NTG/ISO/IEC 17025:2005. *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Guatemala: Ministerio de Economía, 2006. 49 p.
3. ESTRADA ESCOBEDO, Estuardo Ramón. *Diseño de iluminación en la planta Punto Azul*. Director: José Gonzales. Universidad de San Carlos de Guatemala, biblioteca central, 2010. 79 p.
4. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2ª ed. México: McGraw Hill, 2005. 459 p. ISBN: 9701-046579
5. GONZÁLEZ, Francisco. *Iluminación*. 2ª ed. Guatemala: Universitaria, 2006. 121 p.
6. MENESES MENDOZA, Edgar Iván. *Análisis y diseño para la propuesta de un sistema de ventilación adecuado para Fogel de Centroamérica*. Director: Alejandro Ramos. Universidad de San Carlos de Guatemala, biblioteca central, 2010. 68 p.
7. NIEBEL, Benjamin y ANDRIS, Freivals. *Ingeniería Industrial*. 11ª ed. México: Alfaomega, 2004. 744 p. ISBN: 9701-509935

8. RAMÍREZ CAVASSA, César. *Ergonomía y productividad*. 2ª ed. México: Limusa, 2006. 433 p. ISBN: 1397-896818-68406
9. TORRES, Sergio Antonio. *Ingeniería de Plantas*. 2ª ed. Guatemala: Universitaria, 2007. 134 p.
10. URIARTE, Pedro. *Condiciones de trabajo y desarrollo humano en la empresa*. España: Iberico European, 1995. 616 p ISBN: 1166-4722123

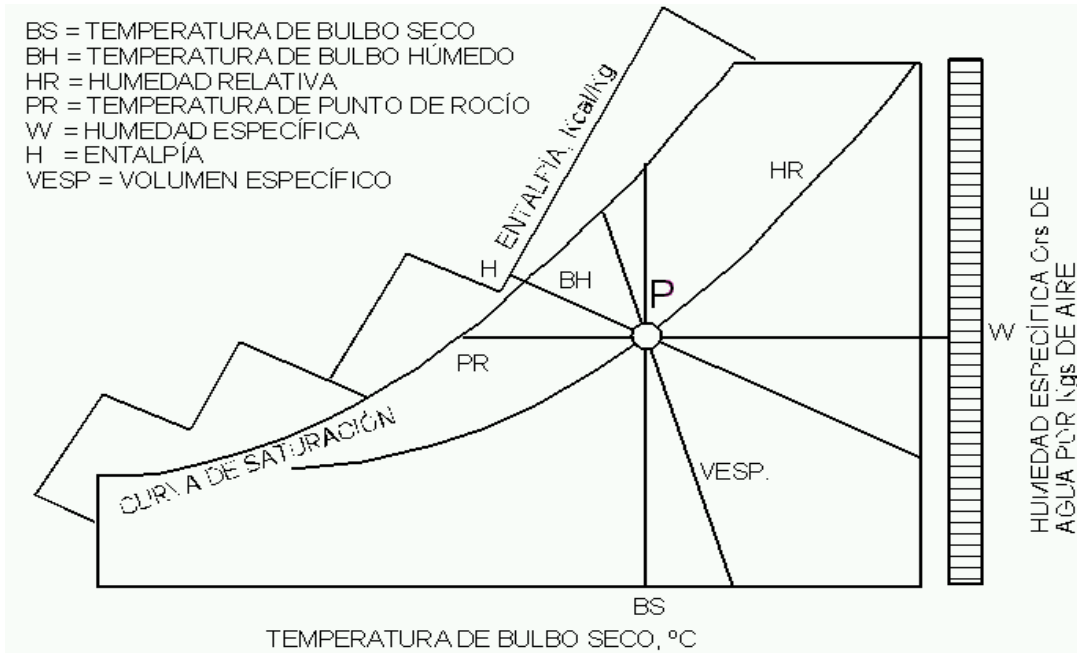
# ANEXOS

## a. Carta Psicométrica



Fuente: Manual ASHRAE. Junio 2010

**b) Representación temperatura vrs humedad específica**



Fuente: Manual ASHRAE. Junio 2010

**c) Aire acondicionado tipo Split Nice Day**



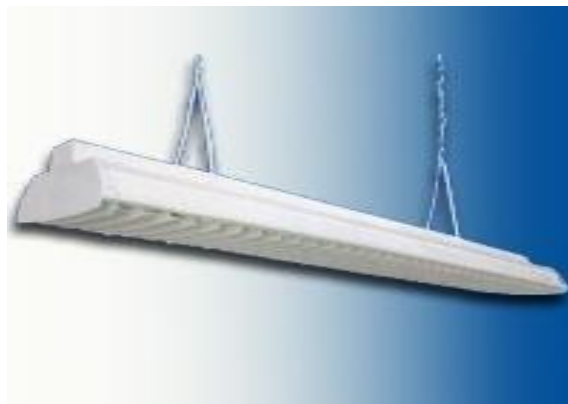
Fuente: Carrier Guatemala. Junio 2010

**d) Lámpara 2 x 96 Slim Industrial Silvania**



Fuente: Celasa de todo en electricidad. Agosto 2010

**e) Lámpara 4 x 96 Slim Industrial Silvania**



Fuente: Celasa de todo en electricidad. Agosto 2010

**f) Tubos fluorescentes T8 color 4100k 59w**



Fuente: Celasa de todo en electricidad. Agosto 2010