



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“LOS PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE
COMO UNA MEDIDA PARA ABATIR EL SÍNDROME DEL
EDIFICIO ENFERMO. ESTUDIO DE CASO EDIFICIOS
ACADÉMICOS 10, 11 Y 12 DE LA UNIDAD PROFESIONAL
ADOLFO LÓPEZ MATEOS DEL IPN”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

P R E S E N T A

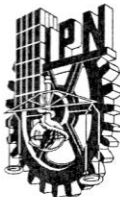
MARISOL GUADALUPE MARTÍNEZ CASTRO

DIRECTOR

DR. VÍCTOR MANUEL LÓPEZ LÓPEZ



MÉXICO D. F. 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D. F., siendo las 16:00 horas del día 26 del mes de noviembre del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.A. – U. Z. para examinar la tesis titulada:

“Los principios de la construcción sustentable como una medida para abatir el síndrome del edificio enfermo. Estudio de caso edificios académicos 10,11 y 12 de la unidad profesional Adolfo López Mateos del IPN”

Presentada por el alumno:

Martínez

Apellido paterno

Castro

Apellido materno

Marisol Guadalupe

Nombre(s)

Con registro:

B	1	0	1	3	4	7
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

Dr. Víctor Manuel López López

M. en I. Felipe López Sánchez

M. en C. Norma Josefina Ruiz Castillejos

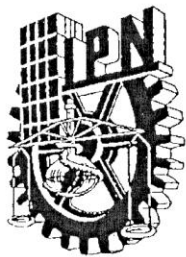
M. en C. Ricardo Contreras Contreras

Dr. Mario Julián Ramírez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

M. en C. Pino Durán Escamilla

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día **26** del mes de **noviembre** del año **2012**, la que suscribe **Marisol Guadalupe Martínez Castro** alumna del Programa de **Maestría en Ingeniería Civil** con número de registro **B101347**, adscrito a la **Escuela de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco**, manifiesta que es **autora** intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. Víctor Manuel López López** y los derechos del trabajo intitulado **“Los principios de la construcción sustentable como una medida para abatir el Síndrome del Edificio Enfermo. Estudio de caso: edificios académicos 10, 11 y 12 de la unidad profesional Adolfo López Mateos del IPN”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **cholpis@hotmail.com**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ing. Marisol Guadalupe Martínez Castro



DEDICATORIA.

A Dios, porque él me ha guiado en cada decisión y cada camino que he tomado, me ha ayudado a levantarme después de mis tropiezos y me ha dado la fuerza para seguir adelante en mi proceso de aprendizaje así como a lo largo de mi vida.

A mis padres: Alicia Castro Mata y Jesús Martínez Herrera, que con gran esfuerzo y dedicación han hecho de mí una gran mujer, inculcándome valores y enseñanzas día a día, agradezco toda su dedicación y sus palabras de aliento. Siempre lucharon con todo su ser para poder pagar mis estudios y hoy poder obtener este logro, ustedes saben lo mucho que los quiero y los admiró son y serán un ejemplo a seguir, siempre estaré agradecida con dios y con la vida por los padres que me tocaron. Con sus risas, con sus llamados de atención, con sus horas invertidas en mi persona, me han demostrado que su amor es incondicional y por supuesto me han demostrado que existe la palabra amor, muchas gracias.

A mis hermanos: Came y Chuy, no sé como poder agradecerles en unas cuantas líneas todo lo que han hecho por mí, en mi papel de ser la más pequeña, ustedes se convirtieron en mis segundos padres, en mi ejemplo a seguir en mis mas grandes ídolos, les agradezco de todo corazón su esfuerzo y dedicación que han invertido en mi vida. Los quiero muchísimo, cada día que paso y que vivo con ustedes es un nuevo aprendizaje, ustedes me han enseñado el valor de la vida y el valor de las personas, con ustedes nunca dejo de aprender y así como ustedes se sienten orgullosos de mi, ustedes no se imaginan lo orgullosa que estoy de cada miembro de esta familia, pero sobre todo de ustedes dos hermanos, que han hecho de su vida mi meta a seguir, son las personas más maravillosas del mundo, con una gran corazón, bien molestos, sin más, son los mejores. A mi cuñada: Nancy, se que eres una excelente mujer, que quieres a mi hermano incondicionalmente y con eso te has ganado todo mi cariño y respeto, de esta manera te has convertido en otro miembro más de mi familia, además creíste en mí para diseñar tu casa, el lugar donde vivirán por el resto de su vida y para mí ha sido un gran honor, por tu amor a dios y tu manera de ser conmigo, te quiero y te agradezco.

A mi tutor: Dr. Víctor Manuel López López, al cual agradezco inmensamente su apoyo, su dedicación, su manera tan dura y directa de decir las cosas, que hicieron que me volviera más abierta a las críticas sin desmoronarme a la primera. Gracias por convertirse en mi ejemplo a seguir, por compartir su experiencia conmigo, pero sobre todo por haberme permitido conocerlo.



A mi maestra: M. en C. Norma Josefina Ruiz Castillejos, con la cual no sé por dónde empezar ya que es alguien muy especial. Le agradezco cada minuto que me dedicaba de su tiempo, como si no le importará que tuviera cosas que hacer, usted siempre estaba disponible y dispuesta a ayudarme o explicarme si es que lo necesitaba, toda su experiencia y su buena voluntad hacen que le tenga un gran respeto y muchísima admiración. Jamás olvidare los regaños que nos hacía por los pasillos con la frase “¿y la tesis?”, parecería que jamás llegaría este día en el que puedo decirle, aquí esta maestra, y gracias a usted la pude terminar en tiempo y forma.

A mis amigos, Primero que nada a mis amigos de tantos años que siempre han estado conmigo y me han hecho sacar lo mejor de mí, se que los tengo incondicionalmente para cuando los necesité y simplemente llegan en el momento que es preciso, muchas gracias a todos por todo, a mis amigos de posgrado, saben que sin ustedes este proceso hubiera sido un martirio, ustedes le agregaron ese condimento que hizo de la maestría un lugar único lleno de buenas anécdotas y de muy buenas amistades. Cada día que pasábamos juntos era un día de risas, de tonterías, de trabajos, de tareas y sobre todo de tesis, se convirtieron en una parte fundamental de mi vida la cual está ahora completa y por último, a ti que estuviste de manera indirecta físicamente, pero siempre directa emocionalmente apoyándome día con día, sabes lo mucho que te quiero y que significas en mi vida, por supuesto presente en una parte muy importante en la obtención de uno de mis objetivos, muchas gracias.

GRACIAS TOTALES A TODOS Y CADA UNO.



ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	iii
Justificación	v
Antecedentes	vii
Planteamiento del problema	x
Objetivo general.....	xi
Objetivos específicos.....	xi
Capitulo 1	1
1.1. La edificación sustentable	2
1.2 sustentabilidad.....	10
1.3. principios de la construcción sustentable.....	12
1.4 métodos para la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios.....	16
1.5 Impactos Ambientales de las edificaciones.....	19
1.5.1 edificación sustentable y emisiones de gei.....	20
Capitulo 2	23
2.1. EL SÍNDROME del edificio enfermo (SEE).....	24
2.2. ILUMINACIÓN.....	27
2.3. Ruido	30
2.4. AMBIENTE térmico	32
2.5. Ergonomía	36
CAPITULO 3	39
3.1. Calidad del aire interior de los edificios	40
3.1 Contaminantes químicos.....	44
3.2. Contaminantes biológicos.....	46
3.3 Efectos de los contaminantes biológicos sobre la salud Humana	48
3.3 Efectos de los contaminantes químicos sobre la salud Humana	54
CAPITULO 4	55
4.1. Estudio de caso.....	56
4.2. Metodología para la IDENTIFICACIÓN del SEE	57



4.2.1. Caracterización física de los edificios	58
4.2.2. Encuesta a través de un cuestionario	65
4.2.3. Determinación cuantitativa de la presencia del síndrome del Edificio Enfermo.....	70
Conclusiones	xiii
Recomendaciones.	xvii
Bibliografía	xix
Anexos.....	xxv



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evaluación del ciclo de vida y Huella del carbono. Fuente: Mirta, 2011.....	5
Figura 2. Desarrollo sustentable. Fuente: García, 2010.....	11
Figura 3. Efecto invernadero. Fuente: anónimo, 2007.	22
Figura 4. Causas del Síndrome del Edificio Enfermo, Guardino, 2011.....	24
Figura 5. Temperaturas aproximadas del cuerpo humano: a) bajo condiciones de frío (20 - 24 °C) Y b) bajo condiciones de calor (≥ 35 °C). Fuente: Móndeolo, 1999.....	33
Figura 6. Croquis de ubicación de la ESIA- UZ. Fuente: ESIA- UZ, 2010.	57
Figura 7. Metodología de investigación. Estudio de caso. Fuente: propia	58
Figura 8. Comprimidos en mesas, ESIA-UZ. Fuente: Propia.....	60
Figura 9. Plásticos en sillas, ESIA-UZ. Fuente: propia.....	61
Figura 10. Acero en columnas y trabes, ESIA-UZ. Fuente: propia.....	62
Figura 11. Piso Vinílico, ESIA-UZ. Fuente: propia	63
Figura 12. Plafón, ESIA-UZ. Fuente: propia	64
Figura 13. Cuestionario para treinta días. Fuente: INSHT, 2011	65
Figura 14. Encuesta rápida. Fuente: propia.	67
Figura 15. Análisis estadístico general. Fuente: propia.....	67
Figura 16. Luxómetro de bolsillo. Fuente: Testo, 2010.....	70
Figura 17. Esquema representativo de medición en las aulas de la ESIA- UZ.....	71
Figura 18. Sense life. Fuente: senselife.com	75
Figura 19. Sense Life, medidor de CO ₂ . Fuente: propia	75
Figura 20. Esquema de muestreador de rendija. Fuente: propia	77
Figura 21. Muestreador Anderson. Fuente: propia	78
Figura 22. Contaminación biológica. Equipo Anderson. Fuente: propia.....	79
Figura 23. Staphylococcus. Fuente: propia	80
Figura 24. Bacillos Sp. Fuente: propia	80
Figura 25. Pseudomonas Sp. Fuente: propia.....	81
Figura 26. Aspergillus Niger. Fuente: propia.....	81
Figura 27. Decibelímetro PCE-318. Fuente: internet	83
Figura 29. Localización de los cinco puntos dentro del área de trabajo donde se tomarán las lecturas de ruido. Fuente: Hurtado, 2000.....	83
Figura 30. Lecturas del Sonorometro. Fuente: propia	84



Figura 31. Diagrama de conformación de mediciones y sus resultados. Fuente: propia 84

Figura 32. Termómetro digital. Fuente: propia..... 86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Materiales y valorización del cemento. Fuente: Cemex México, 2011 3

Cuadro 2. Estructura de criterios y principios de Construcción Sustentable, en el marco de las etapas de un proyecto de construcción. Fuente: Martínez, 2009. 15

Cuadro 3. Certificaciones LEED México. Fuente: USGBC, 2010 17

Cuadro 5. Niveles de iluminación recomendados. Fuente: STPS, 2008. 29

Cuadro 6. Ruido. Fuente: STPS, 2001 31

Cuadro 7. Contaminantes químicos. Fuente: OSMAN ,2011 54

Cuadro 8. Elementos físicos de una Aula de clases de la ESIA-UZ. Fuente: Propia..... 58

Cuadro 9. Interpretación de resultados de encuesta rápida. Fuente: propia..... 66

Cuadro 10. Tamaño de muestra necesario para determinar la prevalencia en una población grande y con un nivel de confianza del 95%. Fuente: Mateu, 2003. 69

Cuadro 11. Relación entre el Índice de Área y el número de Zonas de Medición. Fuente: Tabla A1 Nom-025-STPS-2008. 72

Cuadro 12. Niveles de iluminación. Fuente: NOM-025-STPS-2008..... 73

Cuadro 13. Contaminación biológica, resultados. Fuente: propia..... 79

Cuadro 14. Efectos sobre la salud. Fuente: Granados, 2003 82



RESUMEN.

Los edificios compiten hoy en día con los automóviles y fabricas como fuentes de daño al ambiente, contribuyendo a la deforestación, la contaminación del agua, del aire y del suelo, así como una reducción del ozono estratosférico y el riesgo del calentamiento global. Lo que hace particularmente urgente la necesidad de un cambio en el proceso de la construcción.

La innovación en la construcción muestra varias soluciones de diseño tradicional y tecnologías avanzadas que pueden eliminar de forma rentable gran parte del daño causado por los edificios, de manera que las estructuras con menos problemas para la salud y el medio ambiente pueden mejorar los lugares para vivir y trabajar, con el consiguiente aumento de productividad y bienestar. Algunas personas permanecen hasta el 80% de su vida dentro de espacios cerrados (Adellac, 2012).

El presente trabajo realiza un diagnostico de los edificios 10, 11 y 12 de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos del IPN determinando si existe la presencia del Síndrome el Edificio Enfermo (SEE), llamado así por la Organización Mundial de la Salud. Ésta lo definió como un conjunto de padecimientos originados o estimulados por la contaminación del aire y otros factores en los espacios cerrados.

Es un conjunto de molestias y enfermedades originadas en la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, las cargas iónicas y electromagnéticas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados, que con detalle se hablarán en los capítulos de la tesis.

Los malestares que producen y estimulan estas situaciones son variados: jaquecas, náuseas, mareos, resfriados persistentes, irritaciones de las vías respiratorias, piel y ojos, etc. Este Síndrome puede ser abatido a través de la incorporación de los principios sustentables de la construcción de los edificios.



ABSTRACT

The buildings are competing with today's cars and factories as sources of deterioration of the environment, contributing to deforestation furthermore pollution of the air, water and soil, increasing the reduction of the stratospheric layer of ozone and the risk of global warming. What makes it particularly urgent the need for a change in the way we built our constructions.

Innovation in construction shows several solutions of traditional design and advanced technologies that can eliminate in a profitable way much of the damage caused by the buildings, so that the structures with fewer problems for the health and the environment can improve the places to live and work, with the consequent increase of productivity and wellness. Some people remain up to 80% of its life inside enclosed spaces (Adellac, 2012).

This present job performs a diagnostic of the buildings 10, 11 and 12 of the Professional Unit Adolfo Lopez Mateos of IPN by determining whether there is the presence of the Sick Building Syndrome (SBS), so called by the World Health Organization, which defined SBS as a set of conditions caused or stimulated by the air pollution and other factors in enclosed spaces.

It is a set of inconvenience and diseases which are originated by poor ventilation, the maladjustment of temperatures, the electromagnetic and ionic charges, the particles in suspension, the gases and vapors of chemical origin and bio aerosols, among other causal agents identified, that are going to be explicated with detail in the chapters of the thesis.

The discomforts that produce and stimulate these situations are varied: headaches, nausea, dizziness, persistent colds, irritation of the respiratory tract, skin and eyes, etc. This syndrome can be eradicated through the incorporation of the principles of sustainable construction in the buildings.

INTRODUCCIÓN

Las actividades cotidianas (educativas, laborales, sanitarias, lúdicas, etc.) obligan a diario a la permanencia prolongada en todo tipo de edificaciones. Esta forma de vida, ha motivado que la calidad del aire interior de los edificios, afecte directamente a la salud y al bienestar de las personas y haya pasado a ser un tema de interés general y, consecuentemente, también escolar.

En las últimas décadas se han producido cambios sustanciales en los edificios modernos, principalmente en los destinados a albergar un gran número de personas. Como consecuencia de factores socioeconómicos diversos, dichos edificios han sufrido importantes cambios tanto en su diseño, como en la generación de entornos de trabajo con una serie de características específicas, como son los sistemas de ventilación artificial, la proliferación de computadoras, uso extensivo de materiales sintéticos, sistemas de iluminación generales, presencia de contaminantes directos; que generan unos efectos para la salud que cada vez van siendo mejor conocidos.

Dichos entornos se han relacionado con la presentación de una patología llamada el Síndrome del Edificio Enfermo.

La edificación sustentable muestra una manera de combatir este síndrome con sus prácticas de diseño, construcción y mantenimiento con la finalidad de que se tenga un impacto positivo en el medio ambiente interno y externo. Existen métodos de certificación que aplican los principios de la construcción sustentable con la finalidad de darles plusvalía a las edificaciones y una mejor calidad de vida a los ocupantes respetando el entorno donde se desarrollarán.

Lo que nunca se debe olvidar es que los edificios se construyen para las personas, para ser habitados, para vivir, para estudiar, para laborar, etc. Debe quitarse la idea de que el futuro ocupante no es más que un componente en el engranaje de la industria de la construcción, y apostar por fomentar su participación en todo el ciclo de vida de esas construcciones.



La Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que hasta un treinta por ciento de los edificios nuevos y remodelados en todo el mundo puede ser objeto de quejas excesivas relacionadas con la calidad del aire interior. A menudo esta condición es temporal, pero algunos edificios tienen problemas a largo plazo. Con frecuencia, los problemas se producen cuando un edificio es operado o mantenido de una manera que es incompatible con su diseño original o procedimientos establecidos de funcionamiento. A veces los problemas del aire interior, iluminación y temperatura son el resultado del diseño deficiente de edificios y las actividades de los ocupantes son insuficientes (Adellac, 2012).



JUSTIFICACIÓN

Los edificios denominados “verdes” y contruidos siguiendo pautas bioclimáticas pueden lograr entre 50% y 80% de ahorro energético respecto de los convencionales. Algunas de las técnicas empleadas son: la utilización de lámparas fluorescentes, el uso de paneles solares para generar energía limpia y para calentar el agua, utilización de mejores cristales para mantener la temperatura y reducir la necesidad de utilizar aires acondicionados y calefacciones, sistemas que generan corrientes de aire y la utilización de materiales reciclados. Además, algunos de los materiales utilizados en sustitución a los tradicionales son ladrillos cerámicos, madera, piedra, fibras vegetales, tierra y morteros con cal, adobe y concreto armado.

A pesar de todos los beneficios que generan los edificios verdes, todavía existen muy pocos, y muchas personas no están dispuestos a contruirlos. Esto se debe principalmente a que la construcción de uno de estos puede implicar una inversión inicial de entre un 10% y un 15% superior a aquella de un edificio convencional. Sin embargo este costo inicial supone a largo plazo una buena inversión ya que el ahorro en energía a la larga será mucho mayor que la inversión inicial (Lejbowicz, 2010).

Como ingenieros civiles estamos acostumbrados a hacer cosas cuadradas con la finalidad de que los costos sean bajos y la construcción se efectué lo más rápido posible, y no nos ponemos a pensar que con un poco más de dinero y tiempo podemos hacer construcciones sustentables con el fin no solo de cubrir espacios si no de darles una calidad de vida óptima a los ocupantes.

Se debe de promover la sustentabilidad en las edificaciones, y así coadyuvar a la transformación de las prácticas actuales de diseño y construcción en México hacerlo de forma sustentable aporta importantes beneficios, como son:



- La reducción de costos operativos,
- Un incremento en el valor de la propiedad y en los alquileres,
- Una mayor productividad y satisfacción por parte de los usuarios, y
- Una optimización del rendimiento económico en cuanto al ciclo de vida del edificio.

Pero el diseño y construcción sustentable implica aún mayores ventajas. Con respecto a la salud de los ocupantes, mejora la calidad del aire interior, proporcionando un mayor control de la temperatura y la acústica, y también un mayor acceso a ventilación e iluminación naturales, incrementando así el confort, y contribuyendo a una mejor calidad de vida durante las largas horas dentro de las edificaciones, todo lo anterior llamado Síndrome del Edificio Enfermo.

ANTECEDENTES

Gran parte de la historia del Síndrome del Edificio Enfermo se puede remontar a la crisis energética del siglo pasado. A mediados de 1970, los edificios comerciales sólo tenía una forma de regular el volumen de aire transmitido a los ocupantes, el aire disponible era de las ventanas que estaban abiertas o cerradas según el ocupante lo deseara, mientras que en los hogares se tenía bastante flujo significativo de aire incluso con todas las puertas y ventanas cerradas, ya que no se ocupaba ningún tipo de aire acondicionado (Murphy, 2006).

Las primeras evidencias que pusieron de manifiesto problemas en un edificio tuvieron lugar en julio de 1968 en la ciudad de Pontiac, Michigan, Estados Unidos, un Departamento de Sanidad se desarrolló una epidemia repentina, caracterizada por fiebre, dolor de cabeza y muscular que afectó a 100 personas. Tras profundas investigaciones no se pudo determinar exactamente el agente etiológico, pero sí que el problema provenía de un sistema de aire acondicionado defectuoso. El incidente fue llamado “fiebre de Pontiac”.

Posteriormente en 1976 durante una convención de la legión americana que tuvo lugar en un hotel de Filadelfia, Estados Unidos, un numeroso grupo de veteranos se vieron afectados a una enfermedad de síntomas parecidos a una neumonía. Murieron 34 personas. Dicha enfermedad tuvo como origen una bacteria, ahora conocida y denominada entonces, y en honor a los legionarios “Legionela” o más exactamente “Legionella Pneumophila”, que se desarrolla en el agua de los humidificadores del aire acondicionado (Adellac, 2012).

La crisis energética de los años 70 produjo una tendencia a un ahorro de energía y al aislamiento del exterior en los edificios de oficinas con la proliferación de locales herméticamente cerrados y sin ventilación exterior, los denominados edificios inteligentes, hizo que voluntaria o involuntariamente los esfuerzos para la reducción del consumo de energía requieren la pérdida o ganancia de calor a través del exterior de los edificios y una reducción en el suministro de las cantidades de aire exterior en los edificios. Se les llamó "herméticos", esto porque

los edificios comerciales se convirtieron en los únicos dependientes de ventilación mecánica para suministrar calefacción, enfriamiento y humedad. Las ventanas estaban selladas. Mientras que muchos hogares no recibieron el beneficio de tales complejos sistemas de ventilación mecánica, sin embargo se sellaron y se les colocó aislamiento.

El Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) llamó la atención del público durante el período comprendido entre 1974 y 1980, tanto en Estados Unidos como en Europa. Un gran número de personas que trabajan en el interior de los edificios de oficinas y otros edificios de acceso público empezaron a desarrollar síntomas comunes que no se atribuían directamente al edificio (Murphy, 2006).

En Estados Unidos y Europa se tiene un mayor registro acerca del síndrome del edificio enfermo, se cuenta con normatividad y aparatos de medición para detectar todos los factores involucrados en éste.

En México existe muy poca investigación acerca del Síndrome del Edificio Enfermo, sin embargo artículos de investigación muestra que se han realizado análisis a edificios de la Ciudad de Mérida capital del estado de Yucatán, donde se consideraron factores ambientales, psicosociales y laborales con base a un estudio estadístico (SPSS Versión 10), teniendo variables binarias y nominales, donde se seleccionó el análisis de regresión logística binaria del cual se obtuvieron los modelos estadísticos y se realizó el cálculo de la razón de momios, el cual evaluó la asociación existente entre los malestares con los factores ambientales físicos y químicos, laborales y psicosociales.

Ellos concluyeron que de los factores ambientales los que influyeron en la presencia del síndrome del edificio enfermo fueron: olor a compuestos químicos, olor a polvo, olor a equipo de cómputo y la humedad del aire. De los factores laborales los que influyeron en el síndrome fueron oficina y escribir en papel. Así también el estado civil de las personas influyó en la presencia del síndrome. En cuanto a los factores psicosociales se encontró que estos no se asocian en la presencia del síndrome del edificio enfermo. (Rodríguez, 2000)



En cuanto a mediciones e implementaciones en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ciencias Sociales y Administrativas (UPICSA) del IPN, propusieron una norma de condiciones ambientales, donde se establecieron niveles permisibles y métodos de evaluación de las condiciones ambientales presentes en esta unidad, Esta propuesta de norma pretende ser un modelo a seguir en todas las instituciones de enseñanza continua, se hizo referencia a normas mexicanas de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social, este trabajo muestra sus resultados comparándolos con las normas mexicanas (Aviléz, 2007).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La construcción es una de las actividades que más impactos ambientales aporta al planeta. Algunos de los daños causados por la industria son el uso excesivo de madera, la contaminación generada por el uso de cemento y la maquinaria al extraerse materias primas para la elaboración de materiales de construcción, operar las construcciones e incluso cuando se desincorporan esas construcciones al término de su vida útil (Lejbowicz, 2010).

Es por esto que ha surgido una enorme necesidad de reducir el impacto ambiental generado por la industria de la construcción. Los edificios del futuro se perfilan para ser aquellos que utilicen materiales amigables con el medio ambiente. La invención de estos edificios es producto de la necesidad de aumentar la eficiencia eléctrica y de disminuir el impacto ambiental, pero sin dejar de tomar en cuenta una reducción de costos. A nivel mundial se ha dado la creación de procedimientos y métodos de valoración del comportamiento ambiental de los edificios, existiendo actualmente unos veinte de esos métodos, siendo el más utilizado últimamente el LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) .

Los edificios sustentables también tienen la intención de mejorar la calidad de vida de las personas, por lo que realmente representan un excelente beneficio y una buena forma de generar ahorro. Así, unirse a esta nueva tendencia, más que un gasto innecesario, representa una nueva mentalidad que puede llegar a aportar a un país como México, un crecimiento sustentable gracias a su ahorro energético, al mismo tiempo que reduce el impacto ambiental generado día a día.



OBJETIVO GENERAL

- Identificar el Síndrome del Edificio Enfermo para plantear una solución mediante los principios de la construcción sustentable, mediante el análisis de un caso de estudio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Valorar la existencia del Síndrome del Edificio Enfermo mediante estudios y mediciones.
- Plantear soluciones a los impactos significativos del Síndrome del Edificio Enfermo a través de la adopción de medidas de construcción sustentable.
- Difundir el tema en cuestión para coadyuvar en un mejor funcionamiento de las edificaciones futuras.



CAPITULO 1

*“Hay suficiente en el mundo para cubrir las necesidades de todos los hombres,
pero no para satisfacer su codicia.”*

Mahatma Gandhi.

1.1. LA EDIFICACIÓN SUSTENTABLE

El concepto de edificación sustentable se refiere a las diferentes estrategias destinadas a minimizar el impacto ambiental de las obras de construcción en todas las fases del ciclo de vida de un edificio. Esto incluye las etapas de planificación, diseño, construcción, reconstrucción y utilización.

La edificación no ha quedado al margen de la evolución de nuestro sistema productivo promovido por el sistema técnico nacido de la revolución industrial. Ello la ha conducido hacia la invariable dependencia de los recursos energéticos no renovables, hacia un uso sistemático de la litosfera como fuente de recursos y, en consecuencia, a convertirse en un productor considerable de residuos vertidos sobre el medio. Y aunque no lo haya hecho al mismo ritmo que otros sectores productivos, ha sufrido igualmente una transformación radical.

Si los sistemas constructivos basados en los materiales tradicionales como la piedra, la madera o la tierra y la utilización de la inercia térmica o las fuentes de energía renovables como proveedores de energía, eran ejemplos de uso de materiales en ciclo cerrado y de integración en los sistemas locales, en la actualidad ni las técnicas de construcción ni los instrumentos para asegurar la habitabilidad en los edificios cumplen ya esas condiciones.

Los materiales de construcción han abandonado su tradicional origen local para originarse de lugares cada vez más lejanos, y para ser producidos por procesos de transformación más ligados a la industria y alejados de la obra. La industria no sólo se ha convertido en el proveedor de los materiales de la edificación sino que, en una evolución equivalente, las calidades que definen las prestaciones de los sistemas constructivos de los edificios, se han ido desplazando también desde la organización de los materiales adquirida en los procesos de obra hacia las propiedades físicas de los materiales obtenidas en los procesos industriales de distribución.

Un material muy importante en la construcción es el cemento sin embargo su fabricación es altamente contaminante. La empresa mexicana, CEMEX ha

valorizado algunos de sus compuestos y de igual manera a reducido sus emisiones de GEI (gases de efecto invernadero), como se muestra en el Cuadro 1. Obsérvese que en las emisiones de CO₂ T/año directas e indirectas han disminuido del 2005 al 2010.

Alcance	Proceso o Actividad	Fuentes de emisión	Emisiones 2005	Emisiones 2006	Emisiones 2007	Emisiones 2008	Emisiones 2009	Emisiones 2010
			t CO ₂ /año					
Alcance 1. Emisiones Directas	Descarbonatación	Hornos de cemento						
	Consumo de combustibles fósiles y alternos	Hornos de cemento, y equipos de combustión secundarios	14,053,971	15,100,892	15,276,831	13,803,700	12,842,149	12,848,955
Alcance 2. Emisiones Indirectas	Consumo de energía eléctrica	Consumo total plantas	1,293,435	1,401,428	1,435,018	1,206,406	1,286,875	1,084,144
Emisiones TOTALES (Alcance 1 y 2) 15 Plantas de Cemento			15,347,406	16,502,320	16,711,849	15,010,106	14,129,024	13,933,099

Cuadro 1. Materiales y valorización del cemento. Fuente: Cemex México, 2011

De ese modo, el control de la calidad de los sistemas constructivos se ha desplazado de la obra hacia la industria, asumiéndose con ello los inconvenientes ambientales que el sistema técnico industrial ha producido y, debido a la enorme cantidad de materiales implicados en la edificación, enunciándose en una de las actividades de mayor impacto.

La habitabilidad que proporciona la edificación y que es su principal utilidad cada vez depende menos de estrategias de relación con el entorno para pasar a ser suministrada por sistemas mecánicos alimentados por energía comercial. Con ello, la edificación requiere un flujo continuado de recursos energéticos para proporcionar confort térmico, ventilación, movilidad, iluminación y otros tipos de servicios regularmente asociados a la habitabilidad (Cuchí, 2008).

Por eso el término de Edificación sustentable proviene del concepto de desarrollo sustentable donde la Primer Ministro noruega Gro Brundtland incorporó en el informe "Nuestro futuro común" (Our common future), presentado en la 42ª sesión de las Naciones Unidas en 1987.

"El desarrollo es sustentable cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades."

En dicho informe se reiteraba que el empobrecimiento de la población mundial era una de las principales causas del deterioro ambiental a nivel global. En 1992 los jefes de estado reunidos en la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro, Brasil se comprometieron a buscar el desarrollo sustentable.

El concepto de sustentabilidad en el sector de la construcción, se basa los siguientes principios:

- El análisis del ciclo de vida de los materiales.
- El desarrollo del uso de materias primas y energías renovables.
- La reducción de las cantidades de materiales y energía utilizados en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el reciclaje de los residuos.
- Reducir consumo de agua potable: racionalizar, tratar, recircular.
- Mejorar la calidad del ambiente interior.

El análisis del ciclo de vida de los materiales (ACVM):

Es un proceso para evaluar, de la forma más objetiva posible, las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia, energía y los vertidos al entorno; para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio

ambiente, y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Evaluación del ciclo de vida y Huella del carbono. Fuente: Mirta, 2011.



El estudio incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de: extracción y procesamiento de materias primas; producción, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento; y reciclado y disposición del residuo.

De esta forma un ACVM completo permite atribuir a los productos todos los efectos ambientales derivados del consumo de materias primas y de energías necesarias para su manufactura, las emisiones y residuos generados en el proceso de producción así como los efectos ambientales procedentes del fin de vida del producto cuando este se consume o no se puede utilizar.

El ACVM consiste por tanto en un tipo de contabilidad ambiental en la que se cargan a los productos los efectos ambientales adversos, debidamente cuantificados, generados a lo largo de su ciclo de vida. (Antón V., 2004).

"Los principios de la construcción sustentable como una medida para abatir el síndrome del edificio enfermo. Estudio de caso: edificios académicos 10,11 y 12 de la unidad profesional Adolfo López Mateos del IPN"

El desarrollo del uso de materias primas y energías renovables:

Los recursos naturales pueden estar constituidos por cualquiera de los componentes de la materia existente en la naturaleza que puedan ser potencialmente utilizados por el hombre. Pueden ser renovables o no, dependiendo este carácter de la exploración y explotación de los mismos y de su capacidad de reposición.

No es renovable el recurso que no se regenera corto plazo después de su uso y que se agota. Es renovable, en cambio, aquél que se recupera luego de su utilización, típicamente por reciclado o por reproducción. De acuerdo con este concepto clásico de categorización de los recursos naturales, los yacimientos minerales como fuente de materias primas son recursos no renovables y el agua para consumo humano o la madera de un bosque, renovables. Sin embargo, es cada vez más complicado y costoso potabilizar agua para beber debido a la calidad y cantidad de contaminantes presentes en los ambientes acuáticos superficiales y subterráneos de donde se extrae. La tala indiscriminada de bosques también se produce a mayor velocidad que la de reproducción o recuperación de los árboles que lo componen. Cuando la existencia futura de un recurso natural está condicionada a su reposición se habla de recursos hipotéticamente renovables.

El hecho de resolver necesidades individuales y colectivas respecto de la utilización de los recursos naturales como fuentes de energía o de materias primas, puede conducir a su agotamiento, limitando el desarrollo sustentable. Si la tasa de renovabilidad es menor que la tasa de explotación existe depredación del recurso, cuando el aprovechamiento del mismo supera al crecimiento o acopio y el recurso se agota. Esa tasa de renovabilidad depende de las leyes de la naturaleza, mientras que la de explotación se rige por factores sociales (Ashworth, 1995).

Calidad del ambiente interior

El interior de los edificios está expuesto a numerosos contaminantes que pasan desapercibidos, como norma general, los aspectos relacionados con la calidad del ambiente interior suelen ser considerados a la hora de realizar el diseño de los edificios. Diversos estudios científicos han revelado que la calidad del ambiente interior de los edificios puede ser peor que la exterior, los contaminantes del ambiente interior se suelen clasificar en químicos y biológicos y con más detalle se explicarán en capítulos siguientes.

Las prácticas modernas de edificación suelen prestar poca atención a la eficiencia energética o los impactos económicos, ambientales o sociales más amplios en el ambiente edificado.

La edificación sustentable se propone acabar con estas prácticas. Las primeras acciones para producir un cambio en el sector de la edificación, a partir de los años sesentas e incluso en la década de los ochentas del siglo pasado, se centraron por lo general en aspectos como el cambio climático, la contaminación ambiental, el uso indiscriminado de recursos, y las recurrentes crisis energéticas que llevaron a los planeadores urbanos, ingenieros, arquitectos y otros profesionales del ramo de la construcción a darse cuenta de la necesidad de revertir el elevado consumo de materias primas tanto como recursos acuíferos y energéticos empleados en la edificación.

En la edificación sustentable se integra una amplia gama de prácticas de diseño, construcción, operación y mantenimiento para ofrecer entornos habitacionales y laborales más sanos, así como minimizar los impactos ambientales. Un elemento crucial para el éxito de la edificación sustentable ha sido la aplicación de principios de diseño integral, que consisten en adoptar un enfoque integral conjunto respecto de las edificaciones al reunir a los principales sectores interesados y a profesionales del diseño en un equipo central que colabora desde las etapas iniciales de planeación hasta la ocupación del inmueble.

En México el desarrollo de proyectos sustentables son prácticamente nulos. Concretamente, hay algunos programas de edificación sustentable, pero sus incentivos son escasos, válidos durante períodos muy cortos y no sirven para incentivar a los desarrolladores inmobiliarios a buscar opciones para ejecutar edificación sustentable. Las presiones del crecimiento urbano, las necesidades de vivienda, las estrategias de responsabilidad social corporativa y ciertos desarrollos turísticos han contribuido a despertar un mayor interés en la edificación sustentable. Aunque muchos edificios y viviendas ya incorporan prácticas de edificación sustentable como eficiencia energética y conservación del agua, no sucede lo mismo, en su mayoría, respecto de los factores de impulso institucionales generalizados que existen ya en Canadá y Estados Unidos.

México enfrenta enormes presiones de crecimiento urbano. Durante los últimos 25 años, la Ciudad de México ha recibido un influjo, de 4.7 millones de personas, en comparación con 1.9 millones en Toronto o 0.5 millones en Houston. Otras ciudades grandes ubicadas a lo largo de la frontera Estados Unidos y México, en particular del lado mexicano, experimentan un crecimiento relativo de la población aún mayor.

Con un ingreso por habitante y un producto interno bruto (PIB) sustancialmente menores que los de Estados Unidos o Canadá, el acelerado crecimiento demográfico en las zonas urbanas ha generado grandes necesidades de vivienda e infraestructura.

Se prevé que el número de familias se duplique para 2030. El gobierno de la Ciudad de México, México, se ha fijado la meta de proveer un millón de nuevas unidades habitacionales por año para 2010 y continuar a ese ritmo hacia 2030. Este extraordinario crecimiento ejercerá presiones enormes en la infraestructura y los servicios urbanos, en particular en las zonas calurosas y áridas de la costa y el norte, donde una porción significativa del nuevo crecimiento tendrá lugar (CCA, 2008).



Los incentivos se enfocan a nivel federal en la reducción de impuestos a las empresas que desarrollen sus actividades en fábricas u oficinas sustentables, y en la agilización de trámites federales para proyectos de edificación sustentable. A nivel local, los incentivos pueden enfocarse en permitir mayor intensidad en la ocupación del suelo en núcleos urbanos centrales, desincentivar el uso de suelo agrícola y forestal para usos urbanos, inhibiendo el crecimiento de las manchas urbanas, o exentar el pago y agilizar licencias de construcción para proyectos sustentables. En cuestión de normatividad, ya hay algunas Normas Oficiales Mexicanas orientadas a contar con elementos energéticamente más eficientes, pero carecemos de normas enfocadas a construcción sustentable, y nos falta mucho para contar con un reglamento de aplicación nacional que obligue a edificar en forma planificada e integral, incorporando sistemas que hagan uso óptimo de la energía y del agua, que usen eficientemente los materiales, y que brinden calidad de aire interior buena.

1.2 SUSTENTABILIDAD.

El término sustentabilidad refiere al equilibrio existente entre el medio ambiente y la sociedad administrando los recursos del entorno al cual pertenece. Básicamente, la sustentabilidad, lo que propone es satisfacer las necesidades de la actual generación pero sin que por esto se vean sacrificadas las capacidades futuras de las siguientes generaciones de satisfacer sus propias necesidades, es decir, algo así como la búsqueda del equilibrio justo entre estas dos cuestiones.

En el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 define a la sustentabilidad como la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras.

Pero para poder entender mejor tenemos que remontarnos al año 1962 donde Rachel Carson publicó el libro “la Primavera Silenciosa”. En aquel, se detallaba un escenario de un futuro silencioso sin los cantos de los pájaros y con otras terribles consecuencias si se continuaba con el proceso destructivo producido por la contaminación ambiental. Especialmente en aquella época estaba en pleno uso el pesticida conocido como DDT (Dicloro Difetil Tricloroetano), el cual hizo estragos sobre la población del ave emblemática de los Estados Unidos, el águila calva y otras especies. El libro fue una revolución en sí mismo. Así nació el movimiento ambientalista moderno de los sesentas, este movimiento tuvo un éxito tan rotundo que el Congreso de los Estados Unidos estableció en 1970 la primera agencia gubernamental dedicada exclusivamente al cuidado del medio ambiente, la EPA (Environmental Protection Agency).

Otra parte fundamental en la historia del ambientalismo fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano que se realizó en Estocolmo, Suecia en el año 1972. Lo más significativo de esta conferencia fue el hecho de que se sembraron las semillas de aquello que más tarde se reconocería como sustentabilidad.

El Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP, United Nations Environmental Programme) estableció una definición de sustentabilidad, “proveer liderazgo y compromiso mutuo en el cuidado del medioambiente inspirando, informando y facilitando a las naciones y las personas el mejoramiento de su calidad de vida sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras” (Aguilar, 2010).

Después de estos renglones tratando de definir lo que es sustentabilidad, podemos decir que es parte de un fundamento básico, pero comprometedor, como es el desarrollo sustentable, que este hace referencia a la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras.

Esta definición se expresó por primera vez, haciendo referencia al desarrollo sustentable en la figura 2. se expresa el equilibrio que existe entre los tres factores más importantes de nuestro sistema que es lo social, lo económico y la parte ambiental, donde convergen todos en comunión se encuentra el punto de equilibrio llamado desarrollo sustentable. En el informe Brundtland, “*Our Common Future*”, publicado en 1987. Luego de ese informe quedó asignada la definición y es la que más aceptación tiene en toda la comunidad cuando se habla de desarrollo sustentable. (Calvente, 2007).

Figura 2. Desarrollo sustentable. Fuente: García, 2010.



1.3. PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

La construcción es uno de esos sectores de mayor peso en cualquier sociedad del mundo. Cuando presenciamos uno de esas etapas de expansión económica, también presenciamos un repunte en la actividad constructora. Así podemos decir que la construcción pertenece al sector más importante de nuestra economía. En Europa, la construcción de edificios consume el 40% de los materiales, genera el 40% de los residuos y consume el 40% de la energía. Estos datos nos hablan de un sector profundamente impactante sobre el medio económico, ambiental y social, en definitiva un sector insustentable. La construcción nos muestra que el ser humano siempre ha tenido en cuenta el entorno en el que se asienta (Baño, 2005).

El paso del tiempo, los avances tecnológicos, han desviado el camino de nuestras sociedades. Sociedades fuertemente industrializadas, donde el mito de la tecnología garantiza todos nuestros problemas resueltos, donde los recursos se pretenden ilimitados, se alejan de forma infalible de la provechosa interacción con su entorno. En nuestros días, cuando la explosión de la conciencia ambientalista y el avance imparable de los precios del petróleo hacen que lo sustentable posea un valor añadido, presenciamos un potente movimiento encaminado a construir de esta forma.

Detrás del término construcción sustentable encontramos propuestas muy dispares que nos hablan de la fuerte polarización en el diseño de edificios, desde la etapa del mismo así como la etapa de construcción (cuadro 2). Por un lado tenemos edificios con alta eficiencia energética y por otro la remodelación de lo ya construido. La construcción en verdad sustentable debe llevar a cabo un esfuerzo de convivencia con el medio ambiente, lo económico y lo social.

Los principios de sustentabilidad, que pueden ser aplicados, para diseñar y remodelar espacios comunes de los edificios se pueden resumir de la siguiente manera:

- Conservación de los recursos naturales.

La conservación de los recursos naturales es un principio básico de las edificaciones sustentables para poder hacer uso de ellos de manera racional y no indiscriminada, existen los recursos renovables (los que se renuevan en una cierta cantidad de tiempo) y los no renovables (que son los recursos que ya no se vuelven a generar), de ahí la importancia y raciocinio de éstos. El principio de conservación de recursos es aplicable tanto a los materiales como a la energía. Esto último conduce al uso de procedimientos pasivos de ventilación, refresco e iluminación de la edificaciones, así como a la planificación de transporte público eficiente en las comunidades, para contribuir a la reducción del uso del automóvil, que es altamente consumidor de suelo y de energéticos fósiles que contaminan (Forum, 1999).

- Minimización de los residuos.

La minimización de residuos está ligado al consumismo, la mayoría de los productos, ya sean básicos o de la construcción, van renovándose, creando nuevos y mejores productos inclusive con mejores tecnologías. El problema más grande del consumismo es que no se piensa en cual es el ciclo de vida de los productos, no se gestiona adecuadamente es ahí cuando se convierte en un problema para el medio ambiente.

El reuso y reciclaje de materiales ayudan a disminuir la generación de residuos prolongando en el tiempo la capacidad de los rellenos sanitarios, al mismo tiempo abate la demanda de materiales vírgenes, contribuyendo así con el principio de reducir el consumo de recursos naturales. El reuso se diferencia del reciclaje, en el que aquel significa volver a utilizar los elementos constructivos con un mínimo de reprocesamiento, en tanto que reciclar significa convertirlos en materia prima de la cual se fabrican nuevos productos.

- Proteger a la naturaleza.

Este principio presenta un amplio abanico de posibilidades para tomar en cuenta al ambiente a través del sector de la construcción o de cualquier otro. A continuación se exponen algunas de ellas:

- Mantener y restaurar la vitalidad de la tierra mediante las acciones que se detallan:
 - Conservación de los sistemas de soporte para la vida, que engloban los procesos ecológicos que hacen posibles climas, purifican aguas, reciclan nutrientes esenciales y propician la renovación de los ecosistemas.
 - Conservación de la biodiversidad (flora y fauna).
 - Minimización del daño a los recursos renovables, como bosques zonas silvestres, ecosistemas marinos y ecosistemas que favorecen la pesca de agua dulce.
- Minimizar la contaminación del aire, tierra y agua; estas medidas deben tomarse por varias razones ambientales y legales, y puedan variar de lo global a lo local, en una o más fases del ciclo de vida de los proyectos.
 - Global. Puede incluir la reducción o la eliminación de contaminantes causantes del adelgazamiento de la capa atmosférica de ozono y del calentamiento global.
 - Local. Control del ruido, polvo, vibraciones, emisiones de partículas químicas, olores, desperdicios sólidos.
- Minimizar los daños a paisajes, incluyendo áreas con valor escénico, histórico, cultural, arquitectónico, y la intrusión en áreas silvestres.
- No usar productos tóxicos.

Algunos productos con los que se ha construido en el pasado, y en muchos casos continúan utilizándose, son acompañados por sustancias peligrosas y tóxicas que amenazan la salud y el bienestar de los humanos. Los materiales claramente tóxicos deben manipularse con precauciones especiales y en lo posible eliminar su uso, excepto cuando los fabricantes garanticen que se les utiliza en sistemas cerrados.

Los integrantes del sector de la construcción pueden contribuir en gran medida para crear un ambiente sano en los edificios, a través de la gestión adecuada de productos peligrosos y tóxicos dentro y fuera del edificio.

- Mejorar la calidad de vida.

Este principio incide en dos aspectos en el técnico y en el social. En la parte técnica hacemos referencia a la selección de productos y materiales para la construcción y a los sistemas de energía. En la parte social tenemos la calidad de vida del ocupante, mediante un diseño adecuado en edificaciones nuevas y una revitalización a edificaciones ya existentes, con el propósito de mejorar todos estos espacios en cuanto a lo visual y lo material se refiera (López, 2008).

Etapa	Criterio	Principios
Diseño Planificación Construcción	Reducir impacto en la extracción de recursos energéticos y materias primas (C1).	- considerar la reutilización de materiales - pensar en el reciclaje como alternativa de construcción - uso de recursos renovables - conducir a la mínima extracción de recursos - uso eficiente de los recursos (naturales y energéticos)
	Considerar buenas condiciones de construcción que aseguren el confort del usuario (C2).	- ocupar materiales de baja emisión, ventilación eficiente (en términos de energía), eficiencia energética en general, satisfaciendo las necesidades de los ocupantes - reducción del ruido, contaminación y olores - hacer un uso restringido del suelo, reduciendo la fragmentación
	Considerar una vida útil de la edificación más prolongada (C3).	- uso de materiales y sistemas de energía que perduren en el tiempo
	Aptitud que Permita la Deconstrucción (C4).	- uso de modularización, prefabricación, preensamblaje, etc.
	Desarrollo de una buena Logística de Construcción (C5).	- transporte y abastecimiento de materiales
	Establecer mejoras en las Condiciones de Trabajo (C6).	- provisión de equipamiento, materiales, transporte interno, recreación, seguridad y remuneración
	Reducir la contaminación del lugar de la construcción y alrededores (C7).	- evitar emisiones tóxicas, desechos sólidos y líquidos

Cuadro 2. Estructura de criterios y principios de Construcción Sustentable, en el marco de las etapas de un proyecto de construcción. Fuente: Martínez, 2009.

"Los principios de la construcción sustentable como una medida para abatir el síndrome del edificio enfermo. Estudio de caso: edificios académicos 10,11 y 12 de la unidad profesional Adolfo López Mateos del IPN"

1.4 MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DE LOS EDIFICIOS.

Desde 1994 se han desarrollado e implementado alrededor del mundo esquemas de certificación de edificaciones sustentables. Con el objetivo de tener un uso eficiente de los recursos, reducción de gases de efecto invernadero, ahorro de agua y energía. A escala mundial existen diferentes métodos internacionales de evaluación del comportamiento ambiental de los edificios: BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology), GBTool (Green Building Tool), CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency), por mencionar algunos; pero el más popular es LEED (Leadership in Energy & Environmental Design).

LEED fue desarrollado por USGB (United States Green Building Council) y es un sistema de acreditación voluntario para edificios de todo tipo, particularmente residenciales, comerciales y corporativos de mediana y alta complejidad que reconoce el esfuerzo y logro de niveles de edificación sustentable. La certificación se refleja en el bajo costo operativo, el aumento de valor del activo, la reducción de emisión de gases y desperdicio nocivo, el ahorro de energía y agua, la capacidad para participar de reducción de impuestos, incentivos y/o derechos además de procurar un ambiente saludable y seguro para sus ocupantes, como es la calidad del aire que se tratara capítulos posteriores.

Este sistema de certificación se basa en los criterios desde el lugar donde se compran los materiales de construcción, eficiencia energética, eficiencia en el consumo de agua, reducción de emisiones CO₂, calidad del ambiente interior, selección y manejo de materiales así como desarrollo sustentable del sitio. Hay distintos sistemas de medición que se pueden agrupar en el desarrollo del entorno, diseño y construcción del edificio y de su interior. En dicha medición existen hasta 100 puntos, más 6 puntos por innovación y diseño, más 4 por prioridad regional. Según los créditos alcanzados en estos criterios actualmente existen cuatro niveles de certificación: certificado (para 40-49 puntos), plata (para 50-59 puntos), oro (para 60-79 puntos) y platino (para 80 puntos o superior).

Es importante mencionar el uso de estos métodos, ya que ellos nos permitirán conocer los criterios que se deben seguir para una construcción o remodelación sustentable con el fin de certificarla o simplemente para tener una mejor calidad de vida como ocupante de la edificación y de este planeta. Según la USGBC se presentan en el cuadro 3. los edificios certificados por LEED en México.

EDIFICIOS CERTIFICADOS.	LUGAR.	TIPO DE CERTIFICACIÓN.
Centro Centrex L'Oreal México	Ciudad de México	<i>Oro</i>
Centro Internacional de Negocios – CIN	Ciudad Juárez	<i>Certificado</i>
City Express San Luis	San Luis Potosí	<i>Plata</i>
Coca-Cola México	Ciudad de México	<i>Oro</i>
Grainger México HQ	Monterrey	<i>Oro</i>
Lexmark LCCP Building	Ciudad Juárez	<i>Oro</i>
Multi-Tenant Hines I	San Luis Potosí	<i>Certificado</i>
Textron Internacional de México	Chihuahua	<i>Plata</i>
Torre HSBC México	Ciudad de México	<i>Oro</i>
Upper School Renovation and Third Floor	Ciudad de México	<i>Certificado</i>
Vía corporativo	Tijuana	<i>Oro</i>
CIHAC	Ciudad de México	<i>Platino</i>

Cuadro 3. Certificaciones LEED México. Fuente: USGBC, 2010

El ultimo mencionado, el más importante en México es el edificio CIHAC (Centro Impulsor de la Construcción y la Habitación A. C.) que busca aprovechar las fuentes alternas de energía, mediante la implementación de un diseño bioclimático, captación pluvial, tratamiento de aguas residuales y de reciclaje de materiales de construcción. Se promueve la utilización de eco tecnologías que resulten más adecuadas en el contexto de la cultura, costumbres y posibilidades reales de edificación acordes con los estilos de vida de diferentes regiones. El edificio que ya existía se remodelo y se trabajo conjuntamente con investigadores, constructores y académicos para la preparación de una “certificación verde” orientada a lograr una disminución de su impacto ambiental y la huella de CO₂. Las modificaciones consistieron en incorporar sistemas de ahorro de energía, como celdas fotovoltaicas, acondicionamiento bioclimático, iluminación natural, instalación eléctrica inteligente de bajo consumo, recuperación y aprovechamiento de agua pluvial, instalación hidráulica con elementos ahorradores, desechos de construcción con objetivos reciclables, fachada verde, mobiliario y desechos de construcción que cumplen la normatividad medioambiental.

Este tipo de métodos ambientales sistematizados contribuyen a la incorporación de los principios de sustentabilidad en los edificios, particularmente cuando califican en la calidad del aire interior, que durante esta misma década los problemas de esta y la inadecuada ventilación en los edificios herméticos (Síndrome del Edificio Enfermo) constituyen una preocupación creciente en los ocupantes. Gradualmente ha habido un incremento en el consenso en relación con el tipo impactos que deben incluirse en una certificación. Los criterios son entidades que permiten caracterizar el edificio a través de aspectos específicos (consumo de la energía primaria, emisiones de CO₂, consumo de agua potable, etc.). Para hacer operativa la evaluación de cada criterio, es necesario asociar cada criterio con uno o más impactos y el indicador que suministra un valor numérico y su unidad de medida (kWh/m₂ año, kg CO₂ equiv./m₂ año, l/persona día) (Macías, 2009).

1.5 IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS EDIFICACIONES.

Los impactos ambientales de las edificaciones tienen lugar durante todas sus etapas de vida: desde el diseño hasta la demolición, pasando por la ubicación, construcción, uso y renovación. Las decisiones que en materia de edificación se toman a lo largo de estas etapas de vida afectan también el valor comercial, la salud y productividad de los ocupantes, así como aspectos sociales o de calidad de vida.

Los impactos ambientales directos resultantes de la construcción y operación de las edificaciones incluyen emisiones de gases de efecto invernadero y otras emisiones atmosféricas relacionadas con el consumo de energía, consumo y descarga de agua, escorrentía de agua pluvial, impactos relativos a los materiales de construcción, residuos sólidos de las diferentes etapas del ciclo de vida de un inmueble y calidad del aire interior.

Los impactos secundarios suelen relacionarse con los ciclos de vida de los productos de la edificación, el desarrollo de infraestructura y los sistemas de transporte. El Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en su libro “Edificación Sustentable en América del Norte”, recabó para su elaboración en Estados Unidos y México e ilustra los siguientes impactos:

En Estados Unidos las edificaciones son responsables de:

- 12% del consumo total de agua
- 68% del consumo total de electricidad
- 38% de las emisiones de dióxido de carbono
- 60% de los desechos no industriales generados

En México las edificaciones son responsables de:

- 17% del consumo total de energía
- 5% del consumo total de agua
- 25% del consumo total de electricidad
- 20% de las emisiones de dióxido de carbono
- 20% de los desechos generados

El impacto es especialmente profundo en lo que respecta a las emisiones de gases de efecto invernadero. Cada año, la energía consumida por los edificios en América del Norte ocasiona la liberación a la atmósfera de más de 2,200 megatoneladas de dióxido de carbono (CO₂), alrededor de 35% del total de la región.

Actualmente, cientos de plantas carboeléctricas (una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero) están en proceso de desarrollo en Estados Unidos. De acuerdo con un informe, 76 por ciento de la electricidad generada por estas plantas se destina a la operación de edificaciones.

1.5.1 EDIFICACIÓN SUSTENTABLE Y EMISIONES DE GEI

Según las proyecciones del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC), si no se toman medidas inmediatas para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, el calentamiento global podría acarrear consecuencias irreversibles y posiblemente catastróficas.

Los resultados de estudios recientes del PICC, McKinsey & Company (empresa consultora internacional) y Vattenfall (empresa sueca de servicios públicos) se ilustra que los edificios eficientes en el consumo de energía representan una de

las formas más rápidas y baratas para reducir considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero.

Un informe reciente del PICC (Hacia un financiamiento de la edificación sustentable y la consolidación de los mercados: Reseña del financiamiento de la edificación sustentable en Estados Unidos), los edificios representan la mayor oportunidad para lograr reducciones considerables de las emisiones de CO₂. En su cuarto informe de evaluación, el PICC señala que alrededor de 30 por ciento de las emisiones mundiales previstas de gases de efecto invernadero (Figura 3,) en el sector de la edificación se podrán evitar para el año 2030 con un beneficio económico neto. Según el informe, limitar las emisiones de CO₂ también mejoraría la calidad del aire en interiores y exteriores, favorecería el bienestar social y aumentaría la seguridad energética, todo esto a favor de que el Síndrome del Edificio Enfermo desaparezca de las edificaciones y la calidad de vida de los ocupantes sea óptimo.

La empresa consultora internacional McKinsey & Company indica que establecer medidas de eficiencia energética es una de las maneras más baratas y rentables para reducir las emisiones de carbono en todo el mundo. También se señala que estas medidas no menoscabarían la calidad de vida o la comodidad de los ocupantes (CCA, 2008).

Figura 3. Efecto invernadero. Fuente: anónimo, 2007.





CAPITULO 2

*“La Mejor Herencia que Podemos Dejarle a Nuestros Hijos es: Amor,
Conocimiento y un Planeta en el que Puedan Vivir”.*

Kofi Annan.

2.1. EL SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO (SEE)

El SEE es un fenómeno reconocido internacionalmente y se estima que afecta a más de 50 millones de personas en todo el mundo. Cuando un número considerable de ocupantes de un edificio presenta síntomas que no responden a ningún patrón de enfermedad, y es muy difícil de caracterizar, el problema puede ser SEE, (Presti, 2011).

Frecuentemente se presentan casos donde el aire fresco no llega a los ocupantes. En la década de los ochenta, advertido de esta nueva situación, la Organización Mundial de la Salud plasmó entre los males contemporáneos el Síndrome del Edificio Enfermo y sugirió que alrededor del treinta por ciento de los edificios construidos nuevos y remodelados en todo el mundo, pueden generar muchas quejas por problemas de salud, relacionadas con la calidad de aire interior.

Los efectos del aire contaminado usualmente se presentan como uno o una combinación de los siguientes síntomas: congestión nasal, estornudo, tos seca, congestión bronquial, dolor de garganta (frecuentemente se confunde con un estado gripal) Figura 4.

Figura 4. Causas del Síndrome del Edificio Enfermo, Guardino, 2011.



Una definición en la cual coinciden el NIOSH (Instituto Nacional de Salud Ocupacional de Estados Unidos) y la OMS (Organización Mundial de la Salud) sostiene que el edificio es sospechoso de padecer el Síndrome del Edificio Enfermo cuando por lo menos el 20 por ciento de los ocupantes presentan quejas de múltiples problemas crónicos de salud tales como dolor de cabeza, fatiga, sequedad y dolor de garganta, irritación de ojos, picazón de piel, náuseas, dificultades en la respiración, mareos, y / o síntomas parecidos a resfríos o gripe que no sugieren ningún diagnóstico médico o etiología específica. En los casos típicos, el ocupante se queja de una amplia variedad de síntomas que cree de algún modo se relaciona con el lugar donde trabaja. Esta multiplicidad de síntomas es un factor clave en el diagnóstico de un caso de Síndrome del Edificio Enfermo. Otro de los factores clave es si los síntomas desaparecen cuando la persona sale del edificio y reaparecen cuando vuelve y permanece en el lugar.

Cuando pensamos en una contaminación de aire, automáticamente la asociamos a automóviles y fábricas funcionando en el exterior de los edificios. Por eso es muy común suponer que la calidad de aire es solo un problema que tiene que ver con el aire exterior urbano.

Contrariamente a esta percepción generalizada, ahora sabemos que el aire interior contaminado que puede presentarse en nuestras viviendas, edificios públicos, oficinas, hospitales, entre otros, también representan un problema muy complejo y de difícil caracterización. Sus efectos, como vimos anteriormente, inciden en la salud y bienestar de los ocupantes, produce daños a la propiedad, reduce la productividad y aumenta el ausentismo en el ámbito laboral.

Desde el punto de vista económico, muchos de los costos derivados de estos daños son tangibles y fáciles de cuantificar y valorizar, mientras que otros, son costos indirectos muy difíciles de identificar.

La EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) y muchos gobiernos y organizaciones de los principales países desarrollados, vienen realizando desde hace muchos años estudios e investigaciones para caracterizar

e implementar medidas tendientes a mejorar la calidad de aire interior, especialmente en ambientes interiores no fabriles conocido internacionalmente como IAQ (Indoor Air Quality)

Sorpresivamente estos estudios no solo revelan la presencia de aire interior contaminado, como ya se tenía conocimiento, sino que además revelan que los niveles de contaminación podrían ser de 2 a 5 veces y, en ocasiones, más de cien veces mayor que los niveles exteriores.

En 1989, un informe de la EPA al Congreso de Estados Unidos, concluye que mejorando la calidad de aire interior, se puede obtener como resultado un aumento de la productividad y una reducción del ausentismo laboral. En el informe se estima que una calidad de aire interior deficiente puede costar a la nación decenas de miles de millones de dólares por año, en pérdidas de productividad y servicios médicos (Murphy, 2006).

Como hemos venido mencionando el SEE es una situación que se da desde los años setenta sin tomarle gran importancia hasta estas fechas, podemos decir que es un gran problema para la calidad de vida, que está definida como una evaluación del bienestar social general de los individuos y sociedades e incluye elementos tales como de riqueza, empleo, ambiente físico y arquitectónico, salud física y mental, educación y recreación. El síndrome del edificio enfermo contempla una serie de características generales que presenta el edificio y sirven como medida de diagnostico para identificarlo, estos son la iluminación, el ruido, el ambiente y/o estrés térmico, la ergonomía y la calidad del aire interior por mencionar los de interés para la presente tesis.

2.2. ILUMINACIÓN

No es posible concebir el mundo actual sin el uso de la iluminación artificial. Todas las actividades que llevamos a cabo requieren iluminación: en nuestra casa, cuando nos transportamos, en la oficina, en los comercios, en la industria y hasta cuando nos divertimos.

Dada la importancia que la iluminación representa en el consumo de electricidad y el avance tecnológico en la materia, los fabricantes ya ofrecen una gran variedad de sistemas de iluminación eficientes.

El primer aspecto a considerar en la iluminación artificial es que debe ser diseñada para proporcionarnos la iluminación que no tenemos en un lugar cerrado o semi cerrado, y que el nivel de iluminación debe seleccionarse en función de la actividad que se va a realizar (González, 2008).

Un segundo aspecto paralelo y complementario al anterior, es el costo de las tarifas eléctricas, hay que considerar que existen dos cargos, el costo de la energía (kwh) y el costo de la demanda (kw).

La iluminación y el consumo de energía eléctrica están íntimamente como lo está cualquier aparato que use electricidad para funcionar, por lo tanto los tres parámetros que definen el consumo son:

- La potencia del foco, la cual se mide en watts.
- El segundo determinante en el consumo de energía, es el tiempo de uso de la iluminación.
- La tecnología del foco.

Debemos tener especial cuidado al combinar estas tres variables, debido a que por un lado nos darán la iluminación requerida, para una tarea determinadas, y por otro nos impactara en el costo del recibo de la luz.

Por lo anterior, los sistemas de iluminación tienen que ser diseñados de manera que cree un ambiente placentero y seguro en el cuál llevar a cabo el trabajo diario, durante ocho horas al día mínimo.

Las principales metas de la iluminación en las edificaciones pueden ser las siguientes:

- La iluminación deberá proporcionar a las personas que ahí laboran los niveles de iluminación que les permitan realizar sus actividades sin el menos esfuerzo visual.
- La iluminación deberá permitir poder desplazarse sin ningún riesgo, cuidando que no se pierdan cualidades visuales como colores y textura de los muebles o paredes.

En términos generales, la iluminación debe crear una atmosfera de desempeño, confort y seguridad de las personas, las cuales les permitan realizar, con la mayor eficiencia su trabajo.

Se tomaran los niveles de iluminación en el área de estudio y los compararemos contra las recomendaciones de niveles que son óptimos para desarrollar las tareas visuales. Las recomendaciones de niveles de iluminancia se muestran en la siguiente tabla.

Para seleccionar rápidamente el calor adecuado se recomienda lo siguiente:

- El valor central de cada rango representa el valor recomendado de iluminancia y debe ser usado en todos los casos normales.

Algunos ejemplos de diferentes tipos de actividad realizadas en las distintas categorías se muestran en la última columna del cuadro 5.

Tipo de actividad	Categoría	Nivel de iluminancia (Luxes)	Referencia al plano de trabajo	Ejemplos
Espacios públicos con alrededores oscuros.	A	20-30-50	Alumbrado general a través del espacio.	Vestibulos
Simple orientación para visitas temporales	B	50-75-100		Corredores, cuartos de almacenamiento
Espacios de trabajo donde las tareas visuales son ejecutadas sólo ocasionalmente.	C	100-150-200		Salas de espera, escritorios de recepción.
Ejecución de tareas visuales de alto contraste o gran tamaño.	D	200-300-500	Iluminancia en la tarea.	Material impreso, originales impresos, escritura a mano en tinta, trabajo industrial rudo.
Ejecución de tareas visuales de mediano contraste o regular tamaño.	E	500-750-1000		Escritura con lápiz medio, material impreso o reproducido pobremente, trabajo industrial medio.
Ejecución de tareas visuales de bajo contraste o tamaño muy pequeño.	F	1000-1500-2000		Escritura con lápiz duro en papel de calidad pobre, duplicados decolorados, trabajo industrial difícil.
Ejecución de tareas visuales de bajo contraste o tamaño muy pequeño ejecutadas sobre un periodo de tiempo prolongado	G	2000-3000-5000	Iluminancia en la tarea obtenida por una combinación de alumbrado general y local (alumbrado suplementario).	Trabajo industrial fino, inspección difícil.
Ejecución de tareas visuales muy prolongadas y de exactitud.	H	5000-7500-10 000		Trabajo de banco extrafino, maquinado o trabajo de ensamble.
Ejecución de tareas visuales muy especiales de extremadamente bajo contraste y tamaño pequeño.	I	10 000-15 000-20 000		Procedimientos quirúrgicos, costura de trajes.

Cuadro 5. Niveles de iluminación recomendados. Fuente: STPS, 2008.

2.3. RUIDO

Los edificios desde el punto de vista acústico tienen que cumplir unas condiciones acústicas mínimas exigibles, de acuerdo con su uso y la actividad que se desarrolle en su interior. Los edificios deben quedar caracterizados acústicamente por los índices de aislamiento acústico que en cada caso se definan, entre todos y cada uno de los espacios interiores habitables. Las instalaciones se caracterizarán por los índices de ruido y vibraciones que produzcan en las zonas del edificio bajo su influencia. Por ello, los edificios se han de proyectar con vistas a minimizar los niveles de inmisión acústica en sus locales, en ellos deben cumplirse unos objetivos de calidad de niveles del ruido interior, que garanticen que los usuarios puedan desarrollar las actividades en su interior con normalidad.

El cumplimiento de los objetivos de calidad acústica interior depende del nivel de ruido exterior, del aislamiento acústico de las envolventes del edificio (fachadas, cubiertas, suelos en contacto con el exterior), del aislamiento acústico entre los diferentes locales y de las actividades desarrolladas en el interior de la edificación. Esto se tendrá en consideración en el planeamiento urbanístico y en los proyectos del edificio y de las instalaciones.

El ruido es un tipo de energía secundaria de los procesos o actividades que se propaga en el ambiente en forma de ondulatoria compleja desde el foco productor hasta el receptor a una velocidad determinada y disminuyendo su intensidad con la distancia y el entorno físico (Sanchidrián, 2011).

La contaminación acústica perturba las distintas actividades humanas, interfiriendo la comunicación hablada, base esta de la convivencia, perturbando el sueño, el descanso y la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje, y lo que es más grave, creando estados de cansancio y tensión.

En nuestra ciudad aparece una gran variedad de otras fuentes sonoras, como son las actividades industriales, las obras públicas, las de construcción, los servicios de limpieza y recogida de basuras, sirenas y alarmas, así como las actividades

lúdicas y recreativas, entre otras, que en su conjunto llegan a originar ruido excesivo que penetra a las edificaciones y distorsiona la actividad que se realice en estas.

Los límites máximos permisibles de exposición, basado en la Norma Oficial Mexicana referente al ruido (NOM-011-STPS-2001), establece los niveles recomendados de exposición de los trabajadores a ruido estable, inestable o impulsivo durante el ejercicio de sus labores, en una jornada laboral de 8 horas, según se relaciona en el Cuadro 6.

Nivel de Exposición al Ruido (NER)	Tiempo Máximo Permisible De Exposición (TMPE)
90dB	8 horas
93dB	4 horas
96dB	2horas
99dB	1horas
102dB	30 minutos
105dB	15 minutos

Cuadro 6. Ruido. Fuente: STPS, 2001

La definición de los niveles de exposición al ruido (NER) tiene una correlación directa con el tiempo permisible de exposición (TMPE) dentro del área de trabajo y la unidad de medida es el decibelio (dB).

Decibelio (dB) es la unidad de medida del ruido que refleja la presión acústica (y la intensidad acústica). Para aulas escolares que es lo que nos interesa la Organización Mundial de la Salud recomienda no exceder de los 80 dB en el interior y en los patios no exceder de los 90 dB (INSHT, 2005).

2.4. AMBIENTE TÉRMICO

Un ambiente térmico inadecuado causa reducciones de los rendimientos físico y mental, y por lo tanto de la productividad; provoca irritabilidad, incremento de la agresividad, de las distracciones, de los errores, incomodidad al sudar o temblar, aumento o disminución de la frecuencia cardíaca, lo que repercute negativamente en la salud e incluso, en situaciones límite, puede desembocar en la muerte.

El cuerpo humano es un generador constante de calor. Ya, de por sí, una persona sin hacer absolutamente nada y con su gasto energético al mínimo, es decir, sólo para mantener su organismo vivo (metabolismo basal), genera entre 65 y 80 watts de calor, según su sexo, edad y superficie corporal, mientras que un foco eléctrico incandescente de 60 W emite, aproximadamente, 55 W de calor. El ser humano produce la energía que necesita para mantener su cuerpo vivo y activo, a partir de los alimentos y del oxígeno que, a lo largo de complejas reacciones químicas, se va convirtiendo en calor.

Así, alrededor del 50% de la energía de los alimentos ya desde el inicio del proceso se transforma en calor y el otro 50% en trifosfato de adenosina (ATP), del cual la mayoría también se convierte en calor al pasar a formar parte de los sistemas metabólicos celulares que sólo aprovechan una pequeña parte de la energía restante; al final prácticamente toda la energía, de una forma u otra, se transforma en calor dentro del organismo, excepto una fracción, generalmente muy pequeña, que lo hace fuera a partir del trabajo externo que realiza el hombre (Móndelo, 1999).

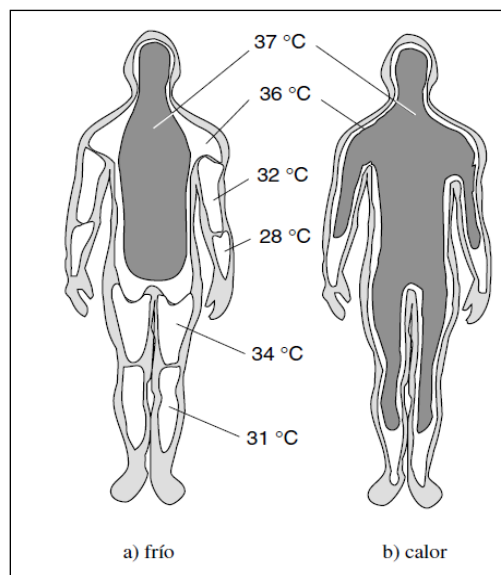
Un hombre de una complexión física normal, descansando genera unos 115 W de calor; caminando por una superficie plana a una velocidad de entre 3,5 y 5,5 km/h genera de 235 W a 360 W; pero si acelera el paso a más de 7 km/h su producción de calor estará alrededor de los 520 W. En un trabajo muy severo la producción de calor puede sobrepasar los 900 W, como es el caso de los deportistas de alto

rendimiento que, realizando una actividad muy intensa, pueden alcanzar los 2000 W durante unos minutos.

La eficiencia mecánica del hombre es baja, ya que entre el 75% y el 100% de la energía que produce y consume para realizar sus actividades se convierte en calor dentro de su organismo, según el tipo de actividad, al que hay que sumar el calor producido por el metabolismo basal necesario para mantenerse vivo.

Sin embargo, la generación continua de calor metabólico como se muestra en la figura 5, no siempre garantiza la temperatura interna mínima necesaria para la vida y para la realización de las actividades cuando las personas se encuentran expuestas a determinadas condiciones de frío, con lo cual las bajas temperaturas pueden llegar a constituir un peligro. No obstante, por lo general los ambientes de altas temperaturas son mucho más peligrosos que los fríos, pues normalmente resulta más fácil protegerse del frío que del calor (Móndelo, 1999).

Figura 5. Temperaturas aproximadas del cuerpo humano: a) bajo condiciones de frío (20 - 24 °C) Y b) bajo condiciones de calor (≥ 35 °C). Fuente: Móndelo, 1999.



Las cinco variables que definen la interrelación entre la persona y el ambiente térmico son las siguientes:

- 1) **La temperatura del aire.** La temperatura es un índice indicativo del calentamiento o enfriamiento del aire que resulta del intercambio de calor entre la atmósfera y la tierra. La temperatura indica en valores numéricos el nivel de energía interna que se encuentra en un lugar en ese momento. Esta energía interna se encuentra en equilibrio entre el sistema (plantas, animales, etc.) y el ambiente ó aire. Las características físicas del aire de ser un fluido gaseoso le confiere gran movilidad y un potencial dinámico en los intercambios del sistema.
- 2) **La temperatura radiante.** La temperatura radiante tiene en cuenta el calor emitido por radiación de los elementos del entorno. Se toma con un termómetro de bulbo, que tiene el depósito de mercurio encerrado en una esfera o bulbo metálico de color negro, para asemejarlo lo más posible a un cuerpo negro y así absorber la máxima radiación. Para anular en lo posible el efecto de la temperatura del aire, el bulbo negro se aísla en otro bulbo que se fue hecho al vacío. Las medidas se pueden tomar bajo el solo bajo sombra. En el primer caso se tendrá en cuenta la radiación solar, y se dará una temperatura bastante más elevada. También sirve para dar una idea de la sensación térmica. La temperatura de bulbo negro hace una función parecida, dando la combinación de la temperatura radiante y la ambiental.
- 3) **La humedad del aire.** Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua el 100% que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.

- 4) **La actividad desarrollada.** Al trabajar o realizar alguna actividad en condiciones de estrés térmico, el cuerpo del individuo se altera. Sufre una sobrecarga fisiológica, debido a que, al aumentar su temperatura, los mecanismos fisiológicos de pérdida de calor (sudoración y vasodilatación periférica, fundamentalmente) tratan de que se pierda el exceso de calor. Si pese a todo, la temperatura central del cuerpo supera los 38 °C, se podrán producir distintos daños a la salud, cuya gravedad estará en consonancia con la cantidad de calor acumulado en el cuerpo.
- 5) **La vestimenta.** La capacidad de aislar térmicamente que poseen las prendas de vestir se denomina “resistencia térmica del vestido” se mide en unidades llamadas clo (I_{cl}). Como por ejemplo una camiseta tiene su resistencia térmica de 0.20 y un pantalón grueso de 0.40.

2.5. ERGONOMÍA

La ergonomía es el proceso de adaptar el trabajo al trabajador. Se encarga de diseñar las máquinas, las herramientas y la forma en que se desempeñan las labores, para mantener la presión del trabajo en el cuerpo a un nivel mínimo. En este caso es de tener un mejor espacio para el aprendizaje de cada una de las asignaturas en las aulas de clases.

La ergonomía hace énfasis en cómo se desarrolla el trabajo, es decir qué movimientos corporales hacen los trabajadores y qué posturas mantienen al realizar sus labores, también se centra en las herramientas y el equipo que los trabajadores usan, y en el efecto que éstos tienen en el bienestar y la salud de los trabajadores.

Hay seis características conocidas como factores de riesgo en el trabajo:

- 1) **Repetición.** Es cuando el trabajador está usando constantemente sólo un grupo de músculos y tiene que repetir la misma función todo el día.
- 2) **Fuerza Excesiva.** Es cuando los trabajadores tienen que usar mucha fuerza continuamente, por ejemplo al levantar, empujar o jalar.
- 3) **Posturas Incómodas.** Es cuando el trabajo obliga al trabajador a mantener una parte del cuerpo en una posición incómoda.
- 4) **Tensión Mecánica.** Es cuando el trabajador tiene que golpear o empujar una superficie dura de la maquinaria o herramienta constantemente.
- 5) **Herramientas.** Es cuando el trabajador debe usar frecuentemente herramientas vibradoras.

6) **Temperatura.** Cuando los trabajadores tienen que realizar sus labores en lugares demasiado calientes o fríos.

La Organización Mundial de la Salud define “la salud” como el estado de bienestar físico, mental y social completo, y no meramente la ausencia de daño o enfermedad. Es importante resaltar la importancia que tiene el lograr el equilibrio de estas tres dimensiones en cada individuo. La ergonomía, ha sido definida de múltiples maneras, que en general derivan de su propia etimología, ergos: trabajo, actividad, y nomos: principios, leyes; una definición que puede considerarse integradora de las diferentes tendencias de la ergonomía y la ingeniería de los factores humanos “La ciencia aplicada de carácter multidisciplinario que tiene como finalidad la adecuación de los productos, sistemas y entornos a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios para optimizar su eficacia, su seguridad y su confort” (Hernández, 2004).

En la medida que la ergonomía es una técnica preventiva, interviene en aspectos relacionados con la seguridad y con la higiene industrial, por ello se trata de una ciencia multidisciplinaria. No es una ciencia pura, sino una ciencia aplicada que se alimenta de diferentes campos. La aplicación de la ergonomía en los centros escolares supone elaborar un plan o programa ajustado a las necesidades y posibilidades de la institución.

En el caso que nos ocupa, la ergonomía escolar se preocupa del alumnado y de los docentes, de su adecuada integración en el entorno para mejorar su confort y rendimiento. En el ámbito escolar no se presta demasiada atención al aspecto de la ergonomía, pero el hecho de proponer en las instituciones educativas un estudio ergonómico podría mejorar el confort del profesorado y del alumnado, y una reducción de la carga mental en ambos. Una correcta aplicación de la ergonomía puede mejorar la satisfacción laboral del personal docente y contribuir a la mejora de los aprendizajes y el rendimiento en el alumnado.



Por tanto, en el contexto escolar habría que empezar a trabajar los aspectos ergonómicos a efectos de prevenir estos daños para la salud, que pueden ser perjudiciales para el equilibrio mental y social de los ocupantes, llegando a materializarse en dolencias de tipo somático o psicosomático (somático: Relativo al cuerpo, y psicosomático: Procesos emocionales o mentales).



CAPITULO 3

*“Dos cosas que me llaman la atención: la inteligencia de las bestias y
la bestialidad de los hombres”*

Flora Tristán

3.1. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR DE LOS EDIFICIOS

La conexión entre el uso de un edificio como lugar de trabajo o vivienda y la aparición, en algunos casos, de molestias y síntomas que responden a la definición de una enfermedad es un hecho que ya no puede cuestionarse. La principal responsable es la contaminación de diversos tipos presente en el edificio, que suele denominarse “mala calidad del aire en interiores”. Los efectos adversos debidos a esa deficiente calidad del aire en espacios cerrados afecta a muchas personas, ya que se ha demostrado que los habitantes de las ciudades pasan entre el 58 y el 78 por ciento de su tiempo en un ambiente interior que se encuentra contaminado en mayor o menor grado. Es un problema que se ha visto agravado por la construcción de edificios diseñados para ser más herméticos y que reciclan el aire con una proporción menor de aire fresco procedente del exterior con el fin de aumentar su rentabilidad energética. Actualmente se acepta de forma general que los edificios que carecen de ventilación natural presentan riesgo de exposición a contaminantes.

El término aire interior suele aplicarse a ambientes de interior no industriales: edificios de oficinas, edificios públicos (escuelas, hospitales, teatros, restaurantes, etc.) y viviendas particulares. Las concentraciones de contaminantes en el aire interior de estas estructuras suelen ser de la misma magnitud que las encontradas habitualmente al aire exterior, y mucho menores que las existentes en el medio ambiente industrial, donde se aplican normas relativamente bien conocidas con el fin de evaluar la calidad del aire. Aun así, muchos ocupantes de edificios se quejan de la calidad del aire que respiran, por lo que es necesario investigar esta situación. La calidad del aire interior comenzó a considerarse un problema a finales del decenio de 1960, aunque los primeros estudios se llevaron a cabo hasta unos diez años después (Guardino, 2011).

Aunque parecería lógico pensar que para que la calidad del aire sea buena, éste debe contener los componentes necesarios en proporciones apropiadas, en

realidad es a través del usuario (de su respiración), cómo mejor puede valorarse su calidad. La razón está en que el aire inhalado se percibe perfectamente a través de los sentidos, ya que el ser humano es sensible a los efectos olfativos e irritantes de cerca de medio millón de compuestos químicos.

Es un método que puede aplicarse a ambientes industriales, donde los compuestos químicos específicos relacionados con la producción se conocen, se determinan sus concentraciones y se comparan con valores límite umbral. Pero en edificios no industriales donde puede haber millares de sustancias químicas en el aire pero en concentraciones tan bajas que, quizá, sean miles de veces menores que los límites establecidos para el medio ambiente industrial, la situación es diferente.

En la mayoría de estos casos la información sobre la composición química del aire interior no nos permite predecir cómo se percibirá el aire, ya que el efecto conjunto de miles de estos contaminantes, junto con la temperatura y la humedad, pueden producir un aire que se percibe como irritante, viciado o enrarecido, es decir, de mala calidad.

Algo parecido sucede con la composición detallada de un alimento y su sabor: el análisis químico es insuficiente para predecir si el alimento tendrá un sabor bueno o malo. Por este motivo, cuando se planifica un sistema de ventilación y su mantenimiento periódico, rara vez se requiere un análisis químico exhaustivo.

Existe otro punto de vista que considera a las personas como única fuente de contaminación del aire interior. Y no sería equivocado si estuviéramos tratando con materiales de construcción, muebles y sistemas de ventilación como los utilizados hace 50 años, cuando predominaban el ladrillo, la madera y el acero. Con los materiales modernos la situación ha cambiado. Todos los materiales generan contaminación, unos en pequeña y otros en gran cantidad, y juntos contribuyen al deterioro de la calidad del aire interior.

La calidad del aire interior, incluida la de las viviendas, se ha convertido en un problema de salud ambiental, como el control de la calidad del aire en el exterior o la exposición en el trabajo. Ya se ha comentado que una persona residente en un área urbana pasa entre el 58 y el 78 por ciento de su tiempo en un medio ambiente de interior, y las personas más susceptibles (esto es, los ancianos, los niños pequeños y los enfermos) son las que más tiempo están en esas condiciones. Es un asunto que comenzó a preocupar a partir de 1973 cuando, debido a la crisis energética, los esfuerzos dirigidos a la conservación de energía se concentraron en la reducción de la entrada del aire exterior a los espacios interiores en la mayor medida posible, con el fin de disminuir los costes de calefacción y refrigeración de los edificios. Aunque no todos los problemas relacionados con la calidad del aire interior son consecuencia de medidas en materia de ahorro de energía, es evidente que conforme fue generalizándose ese principio, comenzaron a aumentar las quejas sobre la calidad del aire interior y a surgir todos los problemas.

La experiencia indica que las técnicas tradicionales utilizadas en la higiene industrial y en la calefacción, la ventilación y el acondicionamiento del aire no siempre proporcionan resultados satisfactorios para resolver los problemas actuales, ni aun los más comunes, en materia de calidad del aire interior, aunque el conocimiento básico de estas técnicas permite una buena aproximación para tratar o reducir los problemas de forma rápida y barata. La solución a los problemas de la calidad del aire interior requiere a menudo, además de uno o más expertos en calefacción, ventilación y acondicionamiento del aire e higiene industrial, de especialistas en el control de la calidad del aire interior, en química analítica, en toxicología, en medicina ambiental, en microbiología, en epidemiología y en psicología.

Cuando se realiza un estudio sobre la calidad del aire interior, los objetivos establecidos influirán profundamente en su diseño y en las actividades dirigidas a la toma de muestras y la evaluación, ya que en algunos casos se primarán los procedimientos que proporcionen una respuesta rápida, mientras que en otros

*"Los principios de la construcción sustentable como una medida para abatir el **síndrome del edificio enfermo**. Estudio de caso: edificios académicos 10,11 y 12 de la unidad profesional Adolfo López Mateos del IPN"*

serán los valores globales. La duración del programa estará dictada por el tiempo necesario para obtener muestras representativas, y dependerá también de la estación y de las condiciones meteorológicas. Si el objetivo es realizar un estudio de exposición y efecto, además de muestras a largo y corto plazo para evaluar picos, será necesario tomar muestras personales para confirmar la exposición directa de las personas.

Para algunos contaminantes existen métodos validados y muy utilizados, pero sólo son unos pocos. Las técnicas para medir los niveles de muchos de los contaminantes presentes en interiores normalmente están basadas en aplicaciones de higiene industrial; pero dado que las concentraciones que nos interesan en el aire interior suelen ser mucho menores que las presentes en ambientes industriales, esos métodos suelen ser inadecuados.

En los métodos de medición de la contaminación atmosférica se utilizan márgenes de concentraciones similares, pero son pocos los contaminantes a los que pueden aplicarse; además, el uso de estos métodos en el aire interior presenta dificultades: por ejemplo, un instrumento de muestreo de gran volumen para determinar partículas no sólo sería demasiado ruidosos, sino que podría modificar la propia calidad del aire interior.

En la determinación de contaminantes en el aire interior se utilizan diferentes procedimientos: monitores continuos e instrumentos de muestreo (activos de tiempo completo, pasivos de tiempo completo, directos y personales). Actualmente existen procedimientos adecuados para medir los niveles de formaldehído, de óxidos de carbono y nitrógeno, de compuestos orgánicos volátiles y de radón, entre otros. Los contaminantes biológicos se determinan mediante técnicas de sedimentación en placas de cultivo abiertas; actualmente se utilizan cada vez más los sistemas activos que hacen que el aire choque contra unas placas con nutrientes que se cultivan posteriormente. La cantidad de microorganismos presentes se expresa en unidades de formación de colonias por metro cúbico.

3.1 CONTAMINANTES QUÍMICOS

Los contaminantes químicos del aire interior pueden tomar forma de gases y vapores (inorgánicos y orgánicos) y de partículas, y pueden haber penetrado al interior desde el ambiente exterior o bien haberse formado dentro del edificio. La importancia relativa del origen interior o exterior varía según los distintos contaminantes y en función del tiempo.

He aquí los contaminantes químicos principales y más comunes en el aire interior:

1. dióxido de carbono (CO_2), un producto metabólico que se utiliza a menudo como indicador del nivel general de contaminación del aire en relación con la presencia de seres humanos en el interior;
2. monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO_2), gases de combustión inorgánicos formados fundamentalmente durante la combustión de combustibles y de ozono (O_3), producto de reacciones fotoquímicas en atmósferas contaminadas aunque también puede ser liberado por algunas fuentes de interiores;
3. compuestos orgánicos que se originan a partir de diversas fuentes interiores y del exterior. En el aire interior hay cientos de compuestos químicos orgánicos, aunque la mayoría están presentes a concentraciones muy bajas. Tales compuestos pueden agruparse en función de su punto de ebullición;

Una característica importante de los contaminantes del aire interior es que sus concentraciones varían espacial y temporalmente más que las del exterior. Esto es debido a la gran variedad de fuentes, al funcionamiento intermitente de algunas de ellas y en los diversos desagües existentes. Las concentraciones de contaminantes generados principalmente por fuentes de combustión están sometidas a grandes variaciones temporales y tienen un carácter intermitente. Las liberaciones esporádicas de compuestos orgánicos volátiles debidas a actividades humanas como la pintura, también varían enormemente con el tiempo. Otras emisiones, como la liberación de formaldehído a partir de productos con base de

madera, varían con los cambios de temperatura y de humedad del edificio, pero tienen un carácter continuo. La emisión de compuestos químicos orgánicos a partir de otros materiales puede depender menos de las condiciones de temperatura y humedad, pero sus concentraciones en el aire interior dependerán en gran medida de las condiciones de ventilación (Rosell, 2011).

Las variaciones espaciales dentro de una habitación suelen ser menos pronunciadas que las temporales. Dentro de un edificio puede haber grandes diferencias por lo que se refiere a fuentes localizadas: es el caso de las fotocopiadoras en una oficina central, los hornos de gas en la cocina de un restaurante y las zonas restringidas para el consumo de tabaco.

Los niveles elevados de contaminantes generados por combustión, en particular de dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono en espacios interiores, suelen proceder de aparatos de combustión mal ventilados o con un mantenimiento deficiente y del consumo de tabaco. Los calentadores de queroseno y de gas no ventilados emiten cantidades importantes de CO, CO₂, NO_x, SO₂, partículas y formaldehído. Las cocinas y hornos de gas también liberan estos productos directamente al aire interior.

En condiciones de funcionamiento normales, los calentadores de aire a presión con calefacción por gas y los calentadores de agua no deben liberar productos de combustión al aire interior del edificio. Puede producirse un escape y reflujo de gases de combustión en aparatos defectuosos cuando la habitación está despresurizada debido a la confluencia de los sistemas de escape y a ciertas condiciones meteorológicas.

3.2. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Existe una amplia variedad de partículas de origen biológico (biopartículas) en el aire interior, en la mayoría de los ambientes de trabajo de interior los microorganismos (microbios) tienen gran importancia para la salud. Además de microorganismos (como virus, bacterias, hongos y protozoos), el aire interior puede contener granos de polen, detritus animal y fragmentos de insectos y ácaros y sus productos de excreción (Wanner y cols.1993).

Además de los aerosoles biológicos de estas partículas, también puede haber compuestos orgánicos volátiles que emanan de organismos vivos, como las plantas y los microorganismos presentes en el interior.

Durante más de un siglo se han realizado investigaciones microbiológicas del aire en viviendas, colegios y otros edificios. Las primeras investigaciones estaban relacionadas a veces con la “pureza” microbiológica relativa del aire en diferentes tipos de edificios y con la posible relación que pudiera tener con la tasa de mortalidad entre los ocupantes. Junto con el prolongado interés por la diseminación de patógenos en los hospitales, el desarrollo de muestreadores volumétricos microbiológicos de aire en los decenios de 1940 y 1950 condujo a investigaciones sistemáticas de microorganismos transmitidos por el aire en los hospitales, y posteriormente de mohos alergénicos conocidos en el aire de viviendas y edificios públicos así como en el aire atmosférico (Flanniga, 2011).

En los decenios de 1950 y 1960 se investigaron las enfermedades respiratorias profesionales, como el pulmón del granjero, el pulmón del trabajador de la malta y la bisinosis (entre los trabajadores del algodón). Aunque la fiebre pseudogripal por humidificadores en un grupo de trabajadores se describió por primera vez en 1959, transcurrieron entre diez y quince años antes de que se comunicaran nuevos casos. Con todo, incluso ahora se desconoce la causa específica de esta enfermedad, aunque se ha implicado a los microorganismos en su patogenia. También se han sugerido como posible causa del “síndrome del edificio enfermo”,



pero las pruebas obtenidas hasta ahora sobre esta relación son muy escasas. Aunque actualmente se conocen bien las propiedades alérgicas de los hongos, el primer informe acerca de problemas de salud debidos a la inhalación de toxinas micóticas en un lugar de trabajo no industrial, un hospital de Quebec, no apareció hasta 1988 (Mainville y cols. 1988).

Los síntomas de fatiga extrema entre el personal del hospital fueron atribuidos a micotoxinas de tricoteceno en esporas de *Stachybotrys atra* y *Trichoderma viride*, y desde entonces el “síndrome de fatiga crónica” causado por exposición a polvo micotóxico fue detectado entre profesores y otros trabajadores de un colegio. El primero ha sido causa de enfermedad en trabajadores de oficina, y mientras que algunos de los efectos sobre la salud eran de naturaleza alérgica, otros correspondían a un tipo asociado más a menudo a una toxicosis (Johanning y cols. 1993). En otros lugares, la investigación epidemiológica ha indicado que podría existir algún factor o factores no alérgicos asociados a hongos que afectan al estado de salud respiratorio. Las micotoxinas producidas por especies individuales de mohos podrían desempeñar un papel importante en este proceso, pero también es posible que otros atributos más generales de los hongos inhalados sean nocivos para el estado de salud del sistema respiratorio.

3.3 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES BIOLÓGICOS SOBRE LA SALUD HUMANA

Aunque los patógenos son relativamente infrecuentes en el aire interior, existen numerosos informes que relacionan microorganismos de transmisión aérea con una serie de procesos alérgicos, entre los que se incluyen los siguientes: a) dermatitis alérgica atópica; b) rinitis; c) asma; d) fiebre por humidificadores, y e) alveolitis alérgica extrínseca (AAE), también conocida como neumonitis por hipersensibilidad (NH).

Los hongos son considerados más importantes que las bacterias como componentes de los aerosoles biológicos presentes en el aire interior. Debido a que crecen en superficies húmedas en forma de placas de moho, los hongos suelen poner en evidencia problemas de humedad y de riesgo potencial para la salud en un edificio. El crecimiento de moho contribuye tanto en número como en especies a la flora de moho del aire interior, que de lo contrario no estaría presente. Al igual que las bacterias gramnegativas y los actinomicetos, los hongos hidrófilos (“amantes de la humedad”) son indicadores de lugares extremadamente húmedos de cultivos (visibles u ocultos) y, por consiguiente, de mala calidad del aire interior. Entre ellos se encuentran *Fusarium*, *Phoma*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Ulocladium*, levaduras y, con menor frecuencia, los patógenos oportunistas *Aspergillus fumigatus* y *Exophiala jeanselmei*. Los niveles elevados de mohos que muestran grados variables de xerofilia (“amor por la sequedad”), al tener una necesidad menor de agua, pueden indicar la existencia de sitios de cultivo que son menos húmedos, pero aún así importantes para el crecimiento. Los mohos también son abundantes en el polvo de las casas, por lo que su presencia en número elevado también puede indicar que existe una atmósfera con polvo. Varían desde especies de *Cladosporium* ligeramente xerófilas (capaces de soportar condiciones de sequedad) a especies moderadamente xerófilas como *Aspergillus versicolor*, *Penicillium* (por ejemplo, *P. aurantiogriseum* y *P. chrysogenum*) y las extremadamente xerófilas *Aspergillus penicillioides*, *Eurotium* y *Wallemia* (Flanniga, 2011).

Los patógenos micóticos rara vez se encuentran presentes de forma abundante en el aire interior, pero *A. fumigatus* y algunos otros *aspergillus* oportunistas, que pueden invadir el tejido humano, crecen en la tierra de las plantas colocadas en macetas. *Exophiala jeanselmei* es capaz de crecer en desagües. Aunque no es probable que las esporas de éstos y de otros patógenos oportunistas, como *Fusarium solani* y *Pseudallescheria boydii*, sean peligrosas para la salud, sí pueden serlo para personas inmunodeprimidas. Los hongos de transmisión aérea son mucho más importantes que las bacterias como causas de enfermedad alérgica, aunque parece que, al menos en Europa, los alérgenos micóticos son menos importantes que los del polen, los ácaros del polvo de las casas y el detritus animal.

Polen

Los granos de polen contienen sustancias (alérgenos) que pueden causar respuestas alérgicas en personas susceptibles o atópicas, que se manifiestan generalmente como “fiebre del heno” o rinitis. La alergia se asocia principalmente al medio ambiente exterior; en el aire interior, las concentraciones de polen suelen ser considerablemente menores que en el aire atmosférico. La diferencia en la concentración de polen entre el aire exterior y el interior es mayor en el caso de los edificios en los que los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (CVAA) tienen una filtración eficaz en la entrada del aire externo. Las unidades de aire acondicionado de ventana también producen niveles de polen en el interior más bajos que los existentes en edificios con ventilación natural. El aire de algunos ambientes de trabajo de interior puede

Detritus

El detritus está constituido por partículas finas de piel, pelo y plumas (y saliva y orina desecadas), y es una fuente de potentes alérgenos que pueden causar ataques de rinitis o asma en personas susceptibles. Las principales fuentes de detritus en ambientes de interior suelen ser los gatos y los perros, pero también son fuentes potenciales las ratas y los ratones (como mascotas, animales de

experimentación o vermes), hámster, jerbos (una especie de rata del desierto), cobayas y pájaros de jaula. El detritus originado por éstos y otros animales de granja y de compañía (como los caballos) puede estar en la ropa, pero en los ambientes de trabajo la mayor exposición al detritus probablemente tenga lugar en instalaciones de cría de animales y laboratorios o en edificios infestados de vermes.

Insectos

Aunque estos organismos y sus productos excretores pueden causar también alergias respiratorias y de otra naturaleza, no parecen contribuir de forma significativa a la carga biológica en suspensión en el aire en la mayoría de las situaciones. Las partículas de cucarachas (especialmente *Blatella germanica* y *Periplaneta americana*) pueden ser un componente importante en ambientes de trabajo insalubres, cálidos y húmedos. Las exposiciones a partículas de cucarachas y otros insectos, como langostas, gorgojos, escarabajos y moscas de la fruta, pueden ser causa de problemas de salud entre los trabajadores de instalaciones de cría de animales y laboratorios.

Acaros

Son arácnidos que se asocian en particular al polvo, pero puede haber fragmentos de estos parientes microscópicos de las arañas y de sus productos de excreción (heces) en el aire interior. El ácaro del polvo de casa, *Dermatophagoides pteronyssinus*, es la especie más importante. Junto a sus parientes cercanos, es una causa importante de alergia respiratoria. Se asocia principalmente a los hogares, donde abunda en las ropas de cama, pero también están presentes en los muebles tapizados. Existen algunas pruebas que indican que estos muebles pueden constituir nichos de ácaros en las oficinas. Los ácaros de almacén asociados a los alimentos y a los piensos para animales almacenados, como *Acarus*, *Glyciphagus* y *Tyrophagus*, también pueden aportar fragmentos alérgicos al aire interior. Aunque es más probable que afecten a los granjeros y a trabajadores que manipulan género alimentario a granel, como *D. pteronyssinus*,

puede haber ácaros de almacén en el polvo de los edificios, en particular en condiciones calurosas y húmedas.

Virus

Los virus son microorganismos muy importantes en términos del nivel total de problemas de salud que causan, pero no pueden vivir de forma independiente fuera de células y tejidos vivos. Aunque existen pruebas que indican que algunos de ellos se desplazan en el aire recirculante de los sistemas CVAA, el principal medio de transmisión es el contacto entre personas. La inhalación a corta distancia de aerosoles generados al toser o estornudar, como en el caso de los virus del resfriado y de la gripe, también es importante. Por consiguiente, es probable que las tasas de infección sean mayores en situaciones de aglomeración humana. No existen cambios evidentes en el diseño o gestión de los edificios que puedan modificar esta situación.

Bacterias

Son microorganismos que se dividen en dos categorías principales, dependiendo de su reacción a la tinción de Gram (visualización de las características morfológica, sobre todo en muestras clínicas). Los tipos grampositivos más frecuentes se originan en la boca, la nariz, la nasofaringe y la piel, y son *Staphylococcus epidermidis*, *S. aureus* y especies de *Aerococcus*, *Micrococcus* y *Streptococcus*. Las bacterias gramnegativas no suelen ser abundantes, pero en ocasiones especies de *Actinetobacter*, *Aeromonas*, *Flavobacterium* y especialmente *Pseudomonas* pueden ser importantes. El agente causal de la enfermedad del legionario, *Legionella pneumophila*, puede estar presente en suministros de agua caliente y en humidificadores de aire acondicionado, así como en equipos de terapia respiratoria, jacuzzis, saunas y duchas. Se propaga desde estas instalaciones en aerosoles acuosos, pero también puede entrar en los edificios en el aire procedente de torres de refrigeración próximas. El tiempo de supervivencia para *L. pneumophila* en el aire interior parece no ser mayor de 15 minutos. Además de las bacterias unicelulares anteriormente mencionadas, también existen tipos filamentosos que producen esporas dispersadas por el aire,

"Los principios de la construcción sustentable como una medida para abatir el síndrome del edificio enfermo. Estudio de caso: edificios académicos 10,11 y 12 de la unidad profesional Adolfo López Mateos del IPN"

los actinomicetos. Parecen estar asociados a materiales estructurales húmedos, y pueden producir un olor a tierra característico. Dos de estas bacterias capaces de crecer a 60 °C, *Faenia rectivirgula* (antiguamente llamada *Micropolyspora faeni*) y *Thermoactinomyces vulgaris*, pueden estar presentes en humidificadores y otros equipos de CVAA.

Hongos

Los hongos se dividen en dos grupos: el primero, las levaduras y mohos microscópicos conocidos como microhongos, y el segundo, los hongos del yeso y de la madera podrida, denominados macrohongos, ya que producen esporas macroscópicas apreciables a simple vista. Además de las levaduras unicelulares, los hongos colonizan sustratos formando redes (micelio) o filamentos (hifas). Los hongos filamentosos producen numerosas esporas que se dispersan por el aire a partir de estructuras microscópicas (productoras de esporas en los mohos) y de estructuras grandes (productoras de esporas en los macrohongos). Existen esporas de muchos mohos diferentes en el aire de las casas y de los lugares de trabajo no industriales, pero probablemente los más frecuentes sean las especies de *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Eurotium*. Algunos mohos presentes en el aire interior, como las especies de *Cladosporium*, son abundantes en las superficies de las hojas y de otras partes de las plantas del exterior, en particular en verano. En cualquier caso, aunque las esporas presentes en el aire interior pueden originarse en el exterior la *Cladosporium* también es capaz de crecer y producir esporas sobre superficies húmedas en el interior, contribuyendo así a la carga biológica del aire interior. Se considera que las diversas especies de *Penicillium* se originan generalmente en el interior, al igual que *Aspergillus* y *Eurotium*. En la mayoría de las muestras de aire interior se encuentran levaduras, y en ocasiones pueden estar presentes a niveles elevados. Las levaduras rosas *Rhodotorula* o *Sporobolomyces* son componentes destacados de la flora en suspensión en el aire y también pueden aislarse de superficies afectadas por mohos. Los edificios proporcionan numerosos nichos o rincones que contienen el material orgánico muerto que sirve como nutriente a la mayoría de los hongos y bacterias para su crecimiento y producción de esporas. Los nutrientes están



presentes en materiales como los siguientes: madera; papel, pintura y otros revestimientos de superficies; mobiliario como alfombras y muebles tapizados; tierra de macetas; polvo; escamas de piel y secreciones de seres humanos y de otros animales; y en alimentos cocinados y sus ingredientes crudos.

3.3 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS SOBRE LA SALUD HUMANA

Los principales efectos sobre la salud humana de la contaminación de agentes químicos se muestran en la siguiente tabla:

Principales contaminantes del interior, valores guía y mecanismos involucrados según la evidencia toxicológica actual y potenciales consecuencias sobre la salud		
Contaminante (media ponderada en el tiempo/tiempo)	Mecanismo	Efectos potenciales sobre la salud
Dióxido de azufre (365 µg/m³ por 24 h)	Hipersensibilidad bronquial después de exposición aguda, relacionada con partículas	- Exacerbación de asma - EPOC - Enfermedades cardíacas
PM10 (150 µg/m³ por 24 h)	- Inflamación, irritación e hipersensibilidad de las vías aéreas - Disminución de la limpieza mucociliar - Disminución de la respuesta de macrófagos - Disminución de la inmunidad bronquial - Disfunción autónoma - Actividad procoagulante - Estrés oxidativo	- Exacerbación de asma - EPOC - Incremento de infecciones respiratorias - Incremento de la mortalidad, incluyendo enfermedades respiratorias y cardíacas
Ozono (235 µg/m³/h)	Inflamación de vías altas y bajas	- Deterioro de la función pulmonar - Exacerbación del asma
Dióxido de nitrógeno (200 µg/m³ por 8 h)	Hipersensibilidad bronquial después de exposición aguda	- Exacerbación del asma - Interacción con infecciones respiratorias - Disminución de la función pulmonar en niños
Monóxido de carbono (10 mg/m³ por 8 h)	Unión con hemoglobina para producir carboxihemoglobina con incremento de hipoxia tisular	
Formaldehído (0.1 µg/m³ por 30 min)	- Irritación de vías altas y bajas - Susceptibilidad a infecciones virales y bacterianas después de exposiciones crónicas	- Mortalidad perinatal - Incremento de la susceptibilidad a infecciones - Síntomas neurológicos

EPOC. Enfermedad pulmonar obstructiva Crónica.

Cuadro 7. Contaminantes químicos. Fuente: OSMAN ,2011

“Los principios de la construcción sustentable como una medida para abatir el síndrome del edificio enfermo. Estudio de caso: edificios académicos 10,11 y 12 de la unidad profesional Adolfo López Mateos del IPN”



CAPITULO 4

“Sólo hay dos cosas infinitas, el Universo y la Estupidez Humana, pero no estoy muy seguro de la primera, de la segunda puedes observar cómo nos destruimos solo por demostrar quién puede mas”

Albert Einstein

4.1. ESTUDIO DE CASO

EDIFICIOS ACADÉMICOS 10 11 Y 12 DE LA UNIDAD PROFESIONAL ADOLFO LÓPEZ MATEOS DEL IPN.

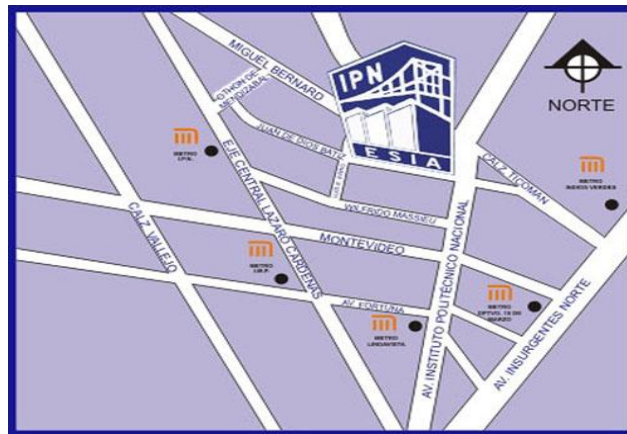
Los edificios 10, 11 y 12 forman parte de la Escuela Superior de ingeniería y arquitectura unidad Zacatenco, que es fundada en 1922 como la Escuela Técnica de Constructores (ETC) con objeto de capacitar personal para los procesos de la construcción, lo cual se hacía directamente en las obras con sistemas parecidos a los utilizados en los gremios. En 1932 se cambia el nombre por la Escuela Superior de Construcción (ESC).

Cuando se estructuró el Instituto Politécnico Nacional en 1936, una de las escuelas fundadoras fue la Escuela Superior de Construcción que tuvo una evolución favorable desde su creación, hasta la fecha en que pasó a ser parte del IPN estando perfectamente organizada, con maestros preparados para impartir carreras profesionales, lo cual sucedió en 1937 al cambiarle el nombre a Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura.

La Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco, contribuye al desarrollo del país, proporcionando a sus estudiantes de Ingeniería Civil una sólida preparación técnica y un profundo sentido social. Cualidades necesarias para desempeñarse exitosamente en el campo profesional. También se imparte la Maestría en Ingeniería y el Doctorado en Hidráulica Ambiental.

La ubicación del estudio de caso es Avenida Juan de Dios Bátiz S/N, Colonia Zacatenco, C.P. 07738, Delegación Gustavo A. Madero, México Distrito Federal como se muestra en el croquis (Figura 6).

Figura 6. Croquis de ubicación de la ESIA- UZ. Fuente: ESIA- UZ, 2010.



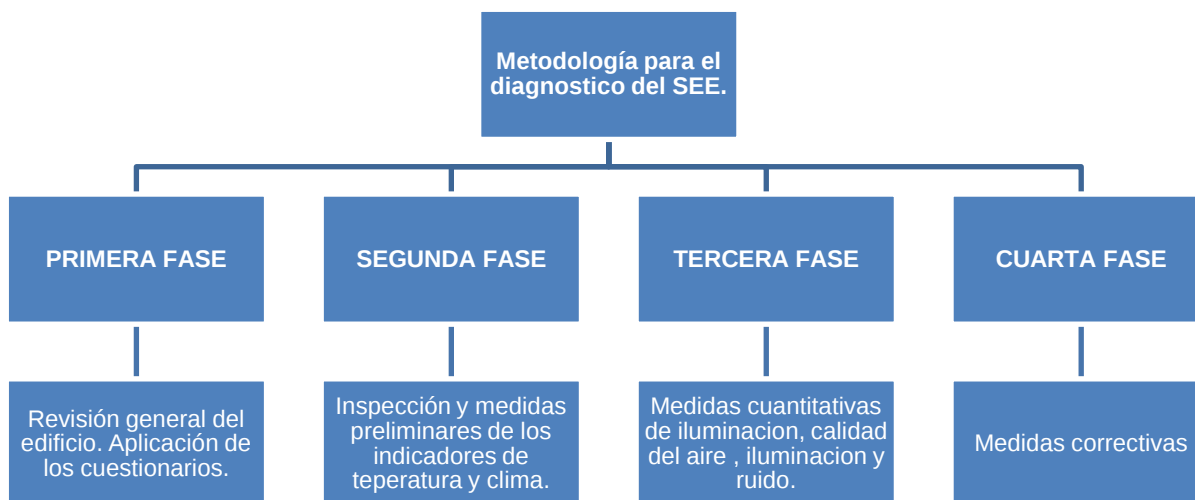
4.2. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL SEE

En general los problemas relacionados con un edificio se manifiestan cuando alguno(s) de sus ocupantes se quejan a la dirección o a los responsables del ambiente ocupacional de molestias e incomodidades que ya se mencionaron. Con esta metodología que se muestra en la figura 7, se trata de identificar el Síndrome del Edificio Enfermo en los edificios de caso de estudio.

La primera respuesta debe ser comprobar si las condiciones operacionales de las instalaciones que regulan la ventilación del edificio son correctas. Es importante, en este punto, comprobar si las personas afectadas pueden modificar directamente la temperatura y la entrada de aire.

Si las condiciones operacionales son consideradas normales y las quejas continúan, habrá que iniciar una investigación técnica e higiénica para determinar la extensión y la naturaleza del problema. Esta investigación permitirá también estimar si los problemas pueden considerarse sólo desde un punto de vista funcional o si han de intervenir especialistas en higiene y psicología.

Figura 7. Metodología de investigación. Estudio de caso. Fuente: propia



4.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS EDIFICIOS

A continuación se presenta la caracterización realizada a los edificios de caso de estudio:

Elemento.	Material.
Mesa profesor	Comprimido de madera y metal.
Silla profesor	Plástico y metal.
Bancas de alumnos	Acero metálico.
Piso	Vinilico
Ventanas	Cristal sencillo 0.90 x 1.20 y persianas 0.90 X 0.15
Plafón	0.60mts del techo esta el Plafón de yeso y canal de aluminio
Luminaria	2 x 0.32 watts
Muros	Multipanel (2 laminas de acero y unicel en el centro)
Pintura	Base de aceite.

Cuadro 8. Elementos físicos de una Aula de clases de la ESIA-UZ. Fuente: Propia

Después de la caracterización de los materiales, se presenta una explicación de sus componentes de cada uno de estos, presentes en el caso de estudio acompañado de una Figura para mostrar físicamente estos elementos:

Madera Comprimida.

La Madera se presenta de diferentes formas para su comercialización, lista para su utilización en construcción y carpintería.

Los nuevos procedimientos de tratamiento de la madera para hacerla resistente a la intemperie y los adhesivos capaces de proporcionar a las uniones características resistentes análogas a las del material, han sido los principales factores del éxito

Son tableros fabricados con pequeñas virutas de Madera aglomeradas entre sí mediante un adhesivo a presión a la temperatura adecuada y sin acabado posterior. Los adhesivos no podrán ser ni colas naturales ni aglomerantes hidráulicas. Es recomendable para cualquier situación en el que no quede a la vista o para equipamiento provisional. Es el tablero más barato. No se recomienda su utilización en condiciones de humedad. Pues la absorbe, se hincha y no se recupera con el secado.

Según se peso específico:

Ligeros (L): de 250 a 450 kg/m³.

Semipesados (SP): de 451 a 750 kg/m³.

Pesados (P): Desde 751 kg/m³

Según su proceso de prensado:

Planos (PP): partículas paralelas a las caras

De Estrusión (PE): partículas perpendiculares a las caras. Macizos (PE/M) o huecos (PE/H).

Según el acabado de sus caras:

Lijados o No Lijados

Cepillados

Revestidos en Chapa de Madera

Revestidos de papel, materiales plásticos y otros

Según su tratamiento:

Normales (color madera): sin tratamiento

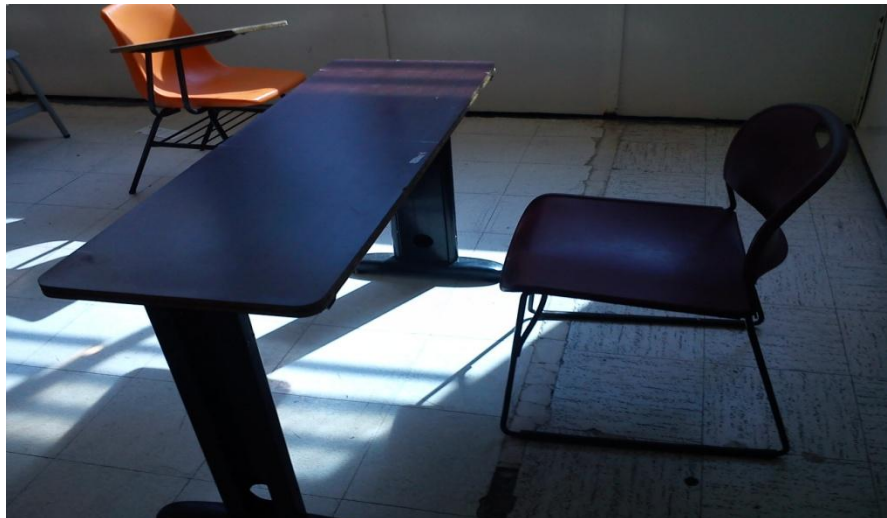
Hidrófugos (verde): con cola de urea-melamina

Ignífugos (rosa): con tratamiento ignífugo

Mixtos (rojo y verde): Tratamiento ignífugo y cola de urea-melamina

Biológicos (azul): con tratamiento biológico (hongos e insectos)

Figura 8. Comprimidos en mesas, ESIA-UZ. Fuente: Propia



Plástico.

Estructuras que carecen de un punto fijo de evaporación y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido concreto, nombra ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación semi-natural de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

Los plásticos son sustancias químicas sintéticas denominados polímeros, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono. Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización. Los plásticos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden lograrse con otros materiales por ejemplo: color, poco peso, tacto agradable y resistencia a la degradación ambiental y biológica.

Figura 9. Plásticos en sillas, ESIA-UZ. Fuente: propia



Acero:

El acero, que es una aleación de hierro y carbono, es una de las aleaciones de mayor consumo en el mundo comparable al consumo de los alimentos. Sus proporciones son alrededor de 99% de hierro y 1% de carbono.

El proceso en una planta siderúrgica empieza con la mezcla de los pellets de mineral con coque como reductor y fundentes, esta mezcla se alimenta al alto horno donde se produce la reducción y se descarga en ollas que van a los convertidores. El hierro recién fundido contiene una excesiva cantidad de carbono, que lo trace duro y quebradizo. Este carbono es quemado en los convertidores con la inyección de oxígeno a alta presión. El resto de las impurezas se oxida y escorifica, y el producto resultante, acero, se vierte en lingotes, los cuales aun calientes, se pasan a las plantas de laminado y forjado que producen perfiles y barras de diversas formas.

Figura 10. Acero en columnas y trabes, ESIA-UZ. Fuente: propia



Piso Vinílico:

Los pisos vinílicos se componen en base a Polímero, que es un compuesto termoplástico de resina de polivinilo, que se caracteriza por ser tenaz y flexible.

Estos pisos se destacan por tener notables cualidades térmicas, acústicas, antiestáticas, antibacterianas. Estas los hacen excelentes para ser utilizados en hospitales, clínicas, colegios, oficinas, tiendas o casas.

Figura 11. Piso Vinílico, ESIA-UZ. Fuente: propia



Plafón:

Las placas de cartón yeso se fabrican en una anchura estandarizada 1.22 m (4 pies) y diferentes longitudes de 2.44 m (8 pies), 3.05 m (10 pies) y 3.66 m (12 pies). Los fabricantes pueden cambiar la longitud de la placa a las dimensiones del cliente para pedidos suficientemente grandes. Se comercializan en diferentes espesores (3/8", 1/2", 5/8" o hasta 1"), aunque para grandes espesores es habitual superponer varias placas de pequeño espesor, colocadas a mata junta.

Además de las placas de cartón yeso para uso normal, existen placas modificadas para usos especiales.

El cartón yeso no es inflamable, es decir no se incendia aún expuesto al fuego directo. Está hecho de sulfato de calcio hidratado ($\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$) y otros compuestos. Al exponerse al fuego, el sulfato de calcio pierde las moléculas de agua por evaporación, retardando la propagación del fuego por varios minutos. Al secarse o deshidratarse el sulfato de calcio se desintegra (craquela) y la placa se desmorona permitiendo finalmente el paso del fuego al otro lado del tabique.

Necesita ser instalado correctamente para servir de barrera contra el fuego pues cualquier perforación o espacio pequeño permitirá el paso del fuego aun cuando la placa no se haya desintegrado.

Una placa más gruesa resiste más tiempo el embate del fuego que otra del mismo tipo pero más delgada. Dos placas instaladas una sobre la otra también ofrecen

mayor resistencia al fuego, en estos casos es recomendable que los empalmes estén alternados para ofrecer mayor resistencia. Existen versiones especiales fabricadas con compuestos que resisten más tiempo al fuego.

Las placas de yeso tienen una masa muy reducida, por lo que por sí solas no proporcionan un gran aislamiento acústico. Este aislamiento se suele obtener mediante la colocación de un material absorbente colocado en el interior de la cámara del tabique, o bien entre la placa de trasdosado y el elemento de soporte.

El sonido se propaga a través de materiales sólidos como pueden ser estructuras metálicas que soportan las placas o a través de los huecos que quedan sobre los plafones. Por lo tanto es importante que el tratamiento anti-sonido sea un proyecto conjunto de paredes, estructuras y techos para tener una mayor efectividad.

Las placas de yeso por si solas no son buenas aisladoras de temperatura. Debido a su espesor delgado, el calor o frío fácilmente penetra de un lado al otro la placa de yeso resultando en temperaturas incómodas en el interior del espacio construido. Para obtener un buen aislamiento térmico, es necesario recubrir el interior de los muros o techos con aislamiento térmico de fibra de vidrio, placas sólidas de espuma u otros materiales.

Figura 12. Plafón, ESIA-UZ. Fuente: propia



4.2.2. ENCUESTA A TRAVÉS DE UN CUESTIONARIO

Para la determinación de que los ocupantes presenciaran algunas molestias estando en el edificio y saliendo desaparecieran, se realizó una determinación con base a un cuestionario, que se entregó en primer nivel y segundo nivel del edificio, además de que se seleccionaron dos horarios uno por la mañana y otro por la tarde siendo los más concurridos, adicional a este cuestionario se agregó esta hoja con preguntas específicas contenidas en la figura 13, Se exigió que el encuestado hubiera ocupando el edificio un mes, como mínimo. Para el diagnóstico del SEE, su aplicación no debería dilatarse, tras el inicio de las quejas. En el resto de supuestos lo ideal sería repetir el cuestionario en la misma muestra de individuos. El cuestionario realizado se podrá observar a detalle en el Anexo 1.

Figura 13. Cuestionario para treinta días. Fuente: INSHT, 2011

Las siguientes preguntas se refieren a ciertos síntomas que Ud puede haber experimentado durante su trabajo en los últimos treinta días.

Importante: Por favor, anote Ud tan sólo aquellos síntomas o molestias que lo hayan ocurrido en los últimos treinta días y que mejoren al abandonar el edificio donde trabaja (ya sea inmediatamente o después de algunas horas)

SÍNTOMAS	PRESENCIA	MEJORA AL ABANDONAR EL EDIFICIO	NÚMERO DE VECES EN LOS ÚLTIMOS TREINTA DÍAS
OJOS			
SEQUEZAD	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2
ESCOZORIFICACIÓN	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2
LAGRIMEO	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2
NARIZ			
NARIZ TAPADA	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2
SEQUEZAD	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2
GARGANTA			
SEQUEZAD	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2
ROJORESCOZOR	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2
GENERALES			
DOLOR DE CABEZA	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2
DEBILIDAD	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2
ALETARGAMIENTO	SÍ NO	SÍ NO	0 ≤ 2 > 2

Nº DE SÍNTOMAS POSITIVOS (se rellena por el encuestador)

Análisis Estadístico.

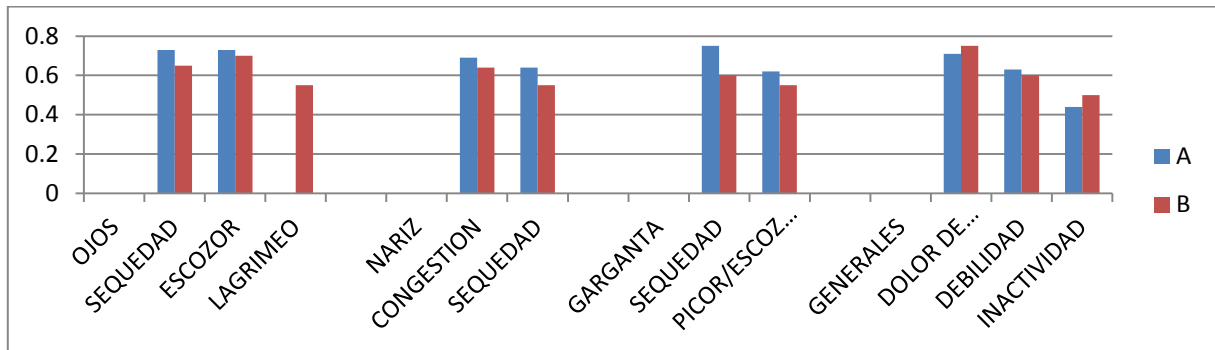
La población de la ESIA-UZ es de 5,467 alumnos, se realizó a un 5.48 % aproximado de la población en cuestión y en primer nivel (A) y segundo nivel (B), a continuación se presenta los resultados de la encuesta rápida (cuadro 9 y figura 14) , siendo el cien por ciento todas las respuestas positivas, posteriormente se presenta los resultados del análisis estadístico del cuestionario (Figura 15), donde se selecciono el tamaño de la muestra, quedando demostrado que la presencia del SEE existe para los ocupantes del caso de estudio.

	A	B
OJOS		
SEQUEDAD	0.73	0.65
ESCOZOR	0.73	0.70
LAGRIMEO	0.00	0.55
NARIZ		
CONGESTIÓN	0.69	0.64
SEQUEDAD	0.64	0.55
GARGANTA		
SEQUEDAD	0.75	0.60
PICOR/ESCOZOR	0.62	0.55
GENERALES		
DOLOR DE CABEZA	0.71	0.75
DEBILIDAD	0.63	0.60
INACTIVIDAD	0.44	0.50

Cuadro 9. Interpretación de resultados de encuesta rápida.

Fuente: propia

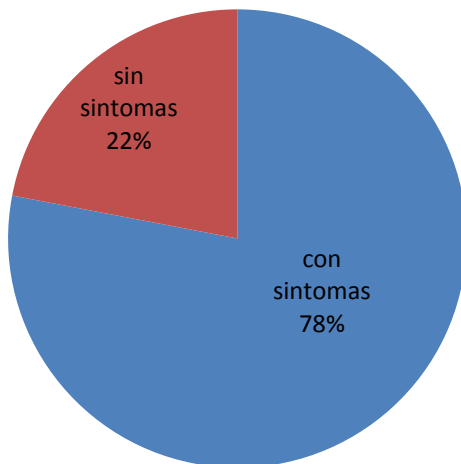
Figura 14. Encuesta rápida. Fuente: propia.



En cuanto al cuestionario general, para determinar el tamaño de la muestra se obtuvo:

- ✓ Para poblaciones superiores ($N > 150$) se extrae una muestra representativa mediante muestreo al azar, teniendo en cuenta lo siguiente:

Figura 15. Análisis estadístico general. Fuente: propia



La población es de 300 personas siendo el 100 por ciento, del cual el 78 por ciento 234 personas presenta síntomas. La determinación se realizó en una simplificación de interpretación de resultados, tomando las respuestas positivas el valor de 1 y las negativas el valor de cero, así cada encuesta tomó un valor numérico, facilitando la interpretación de los resultados y el universo muestreado representado con el gráfico de la izquierda.

Para estimar el tamaño de muestra necesario para realizar una encuesta se debe de aplicar la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 pq}{B^2}$$

Donde:

Prevalencia (frecuencia de síntomas debe ser de 20%) mínima requerida para determinar la existencia de un SEE:

Frecuencia (p) = 0.20

$q = 1 - p$

Nivel de confianza escogido:

95% ($z = 1.96$ valor normalizado)

Error máximo de precisión permitido en la estimación de la muestra:

$B = 0.05$.

Con estos datos el tamaño (n) de la muestra se calcula mediante la fórmula:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.20)(0.80)}{0.05^2} = 245.86$$

Este resultado se puede corroborar con el cuadro 8, donde se marca la prevalencia esperada y la precisión o error y justo donde convergen se obtiene el tamaño de la muestra.

Prevalencia esperada	Precisión o error						
	25%	20%	10%	5%	3%	1%	0,5%
5%	3	5	19	73	292	1.825	7.300
10%	6	9	35	139	554	3.458	13.830
15%	8	13	49	196	784	4.899	19.593
20%	10	16	62	246	984	6.147	24.587
25%	12	19	73	289	1.153	7.203	28.812
30%	13	21	81	323	1.291	8.068	32.270
35%	14	22	88	350	1.399	8.740	34.959
40%	15	24	93	369	1.476	9.220	36.880
45%	16	24	96	381	1.522	9.508	38.032
50%	16	25	97	385	1.537	9.604	38.416

Cuadro 10. Tamaño de muestra necesario para determinar la prevalencia en una población grande y con un nivel de confianza del 95%. Fuente: Mateu, 2003.

4.2.3. DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LA PRESENCIA DEL SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO.

ILUMINACIÓN.

Lugar: unidad profesional Adolfo López Mateos edificios 10, 11 y 12.

Hora: 16 hrs.

Mediciones a una altura de entre 0.7 y 0.75 m, dependiendo de la altura de las bancas.

Equipo utilizado: Luxómetro de bolsillo Testo 540 exactitud del $\pm 5\%$ (Figura 16), las especificaciones del aparato se encuentran en el Anexo 2.

Figura 16. Luxómetro de bolsillo. Fuente: Testo, 2010.



El procedimiento para medir los luxes emitidos por las lámparas dentro de los salones fue en base a la Nom-025-STPS-2008, primero se midieron con la luz apagada y posteriormente se hicieron mediciones con la luz encendida (esto después de un lapso de 20 minutos según la norma), las luminarias se encuentran en el extremo derecho pegado a la ventana, en el centro y extremo izquierdo 3 x 3 como muestra la Figura 17.

LUZ APAGADA.		
Extremo derecho (ventana)	centro	Extremo izquierdo
252 Lx	197 Lx	151 Lx
254 Lx	204 Lx	162 Lx
282 Lx	201 Lx	162 Lx
LUZ ENCENDIDA.		
Extremo derecho (ventana)	centro	Extremo izquierdo
810 Lx	720 Lx	638 Lx
844 Lx	723 Lx	656 Lx
846 Lx	706 Lx	656 Lx

Figura 17. Esquema representativo de medición en las aulas de la ESIA- UZ.

Para determinar las Zonas de medición se aplicó la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x+y)}$$

donde:

IC= índice del área

IC= 20

X, Y = dimensiones del are largo y ancho en metros.

X=10 mts. Y= 6 mts.

h= altura de las luminarias respecto al plano de trabajo.

h= 0.75mts.

Indice de área	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
$IC < 1$	4	6
$1 \leq IC < 2$	9	12
$2 \leq IC < 3$	16	20
$3 \leq IC$	25	30

**Cuadro 11. Relación entre el Índice de Área y el número de Zonas de Medición. Fuente: Tabla A1
Nom-025-STPS-2008.**

Observando los valores establecidos por la norma mexicana de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Ésta determina los niveles de luxes para distintas actividades de trabajo más no para aulas escolares, sin embargo de las actividades mencionadas podemos concluir que lo normal es trabajar con luz encendida en el rango de 100 a 300 luxes (Cuadro 10).

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Area de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500

Cuadro 12. Niveles de iluminación. Fuente: NOM-025-STPS-2008



CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Contaminantes químicos CO₂.

Para la determinación de CO₂ se realizó un análisis analítico similar al efectuado en la universidad de Puebla y ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*), también se presenta una medición con aparato que al final se compararan ambos resultados (López, 2008).

Tenemos que una persona adulta emite diariamente durante el proceso normal de respiración, aproximadamente 350 litros de CO₂. (Con un peso aproximado de 75 Kg.), ahora al considerar un número de 24 alumnos más el profesor, se obtiene:

1 día por persona = 350 litros

1 hora = 14.58 litros

1 lt. = 0.01458m³

Ecuacion:

(m³ de CO₂ generados en 1 hora) * (No. De personas)= m³ de CO₂ aportado en 1 hora.

Una persona adulta, respira en un minuto aproximadamente 8.5 litros de aire, así, en una hora para el total de 25 personas sería:

(8.5 litros)(60 minutos)(25 personas)= 12 750 litros de aire total respirado durante una hora de clase.

Si consideramos que 1litro= 0.001 m³, tendríamos que del volumen total de aire contenido en el salón (174 m³) se respiraron solo 12.75 de ellos durante la hora de clase.

La concentración de CO₂ aumentó de: 0.0732 m³ a 0.5862 m³

Algunas organizaciones, entre ellas el Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo Español, recomiendan que los valores máximos de exposición en

condiciones de ambiente laboral sean de 5000 partes por millón para jornadas de 8 horas. En metros cúbicos resultarían 0.5 por debajo de los 0.5862 calculados previamente.

El instrumento electrónico utilizado para medir la cantidad de CO₂ en espacios cerrados, es muy simple (figura 18) ofrece lecturas cómodas y rápidas que permiten fijar una alarma cuando los niveles de CO₂ se salgan de los parámetros que se le hayan establecido.

Figura 18. Sense life. Fuente: senselife.com



Registra en pantalla:

- CO₂ en el aire (de 0 a 9999 ppm).
- Temperatura (de 0 a 50 °C).
- Humedad (de 30 al 80 % HR).

Medidas: 115 x 108 x 63 mm. Peso: 180 gr.

Figura 19. Sense Life, medidor de CO₂. Fuente: propia



Los resultados obtenidos en el medidor de CO₂ en un salón ocupado por 25 personas marco 6100 ppm o bien 0.61 m³, lo que quiere decir que no hay una buena ventilación cuando los salones están a su máxima capacidad.

Contaminantes Biológicos.

La medición de los agentes biológicos no es un proceso sencillo, la propia naturaleza de los agentes biológicos, son seres vivos, y sus requerimientos vitales, condicionan la medición que deberá ser planificada cuidadosamente. De la cadena de cuestiones que deben ser respondidas: por qué hay que medir; qué tipos de agentes biológicos se van a medir; dónde, cuándo y cuántas muestras se deben tomar para obtener resultados representativos y, por último, cómo se van a medir, es, quizá, esta última cuestión una de las que mayor importancia tiene.

Buena parte de los equipos disponibles para el muestreo de bioaerosoles son derivaciones y modificaciones de los utilizados para la captación de agentes químicos, esas modificaciones consisten, no tanto en los principios de funcionamiento, como en los soportes de captación que deben adaptarse a las características de los agentes biológicos.

La principal condicionante de los soportes de captación, cuando se trata de captar microorganismos vivos y cultivables, es que el material en el que se recogen las partículas de bioaerosoles permita la supervivencia de los mismos hasta que sean analizados en el laboratorio. Los requisitos que debe reunir un soporte de captación son los siguientes: deben proporcionar alimento y agua y estar constituidos de un material que no dañe a las células durante la captación. Estos requisitos los reúnen los medios de cultivo, generalmente, semi-sólidos, elaborados a base de agar (sustancia gelatinosa extraída del alga Agar agar), a la que se añaden nutrientes y otros productos que definirán las propiedades del medio de cultivo. Los medios de cultivo son la base de los ensayos analíticos utilizados para la identificación de las especies microbianas.

Cuando lo que se trata de captar son formas resistentes (esporas, granos de polen, etc.) o productos (endotoxinas, micotoxinas, glucanos, etc.), el soporte de captación más frecuentemente utilizado es el filtro; en estos casos los agentes captados son materia inerte o están suficientemente preparados para sobrevivir en unas condiciones adversas (NTP 609,2011).

Equipos de muestreo

Impactadores

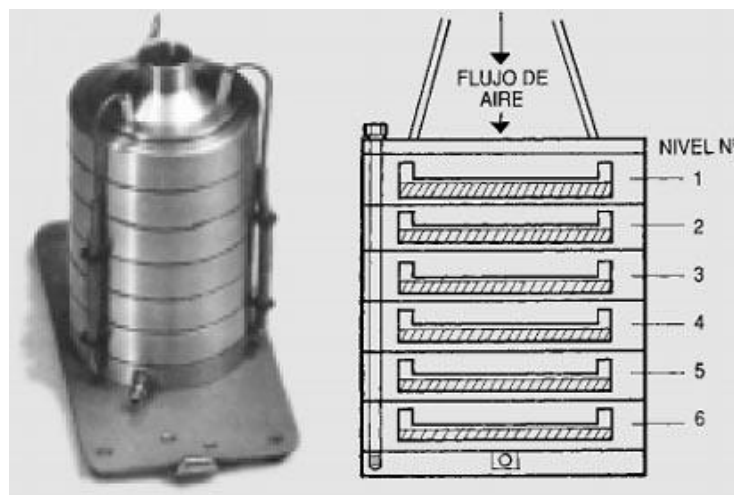
- *Muestreador de rendija.* En estos muestreadores el aire penetra a través de una o cuatro rendijas con flujos de aire de 30 l/min y 700 l/min, según el modelo, y es impulsado sobre la superficie de impactación que consiste en: una placa con medio de cultivo, un portaobjetos o una cinta adherente. La placa de cultivo permite la incubación, recuento de colonias e identificación de las especies microbianas; los portaobjetos y las cintas, permiten la observación directa al microscopio de las partículas captadas. Estos soportes de captación pueden estar estáticos o colocados sobre un soporte giratorio dotado de distintas velocidades. Al disponer de un único nivel de captación no se obtiene información sobre la distribución por tamaño de partícula. Este equipo tiene un diámetro aerodinámico de corte calculado de 0,67 μ m. En la figura 20 se muestra un esquema de este tipo de muestreador.

Figura 20. Esquema de muestreador de rendija. Fuente: propia



- **Muestreador Anderson.** Este muestreador es un impactador en cascada que capta las partículas en una serie de placas con medio de cultivo a un caudal de aire de 28,3 l/min. En general, este impactador tiene seis niveles de captación, cada nivel está separado del siguiente por un elemento perforado por 400 orificios, debajo de cual se coloca la placa con medio de cultivo, en cada nivel todos los orificios tienen el mismo diámetro, pero de un nivel al siguiente disminuye el tamaño del diámetro de los orificios, lo que provoca un aumento de la velocidad del aire al pasar de un nivel a otro. La captación se basa en la inercia de las partículas, en el primer nivel se separan las partículas de mayor tamaño; las de menor tamaño, cuya inercia no es lo suficientemente grande, son arrastradas por la corriente de aire que pasa al siguiente nivel, al aumentar la velocidad también aumenta la inercia de las partículas arrastradas, algunas serán captadas en el segundo nivel mientras que otras seguirán en el aire pasando al tercer nivel, y así sucesivamente. El resultado final es una separación por tamaño de partícula. El modelo con un solo nivel dispone de una placa perforada (400 orificios), su caudal de aire es de 28,3 l/min y el diámetro de corte teórico es de 0,65 μ m. En el modelo con dos niveles, las placas perforadas disponen de 200 orificios, un caudal de aire de 28,3 l/min y unos diámetros de corte teóricos de 8,0 μ m y 0,95 μ m respectivamente. Este muestreador es uno de los designados como de referencia en las pruebas de ensayo para la validación de otros muestreadores. En la figura 21 se muestra un esquema de este muestreador.

Figura 21. Muestreador Anderson. Fuente: propia



Para el caso de estudio se presentan a continuación los resultados del muestreo (muestreador Anderson):

Se determinó que sitios serian los muestreados y se colocó el equipo, después se pasó una torunda por la boquilla del equipo para evitar cualquier contaminación externa y también de las cajas petri ya con su respectivo agar – agar.

Figura 22. Contaminación biológica. Equipo Anderson. Fuente: propia



Los valores medios obtenidos fueron los siguientes (cuadro 13) con su respectiva representación grafica:

BACTERIAS	TESTIGO	2 HORAS	6 HORAS	24 HORAS
Staphylococcus Aureus	1.5×10^4	6×10^3	2.5×10^3	8×10^2
Bacillos Sp	7.5×10^3	3.5×10^3	1.5×10^3	2×10^2
Pseudomonas Sp	1.5×10^4	5×10^3	4×10^3	5×10^2
HONGOS	TESTIGO	2 HORAS	6 HORAS	24 HORAS
Aspergillus Niger	10^4	5×10^3	3×10^3	5×10^2

Cuadro 13. Contaminación biológica, resultados. Fuente: propia

Representaciones graficas de los resultados:

Figura 23. Staphylococcus. Fuente: propia

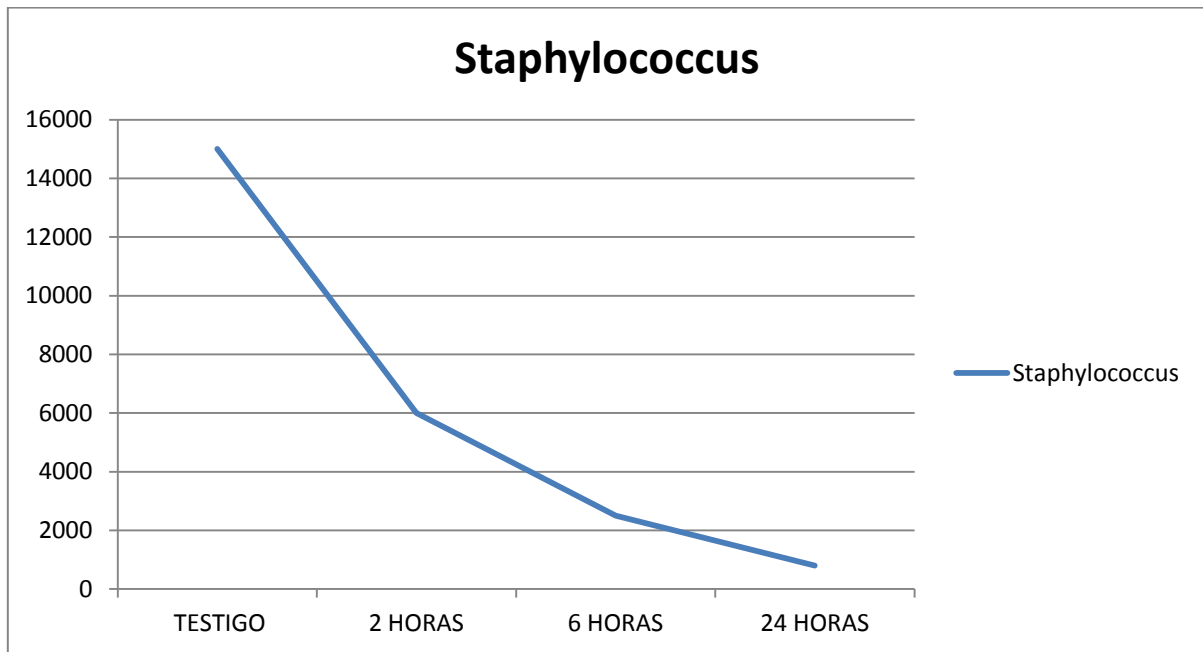


Figura 24. Bacillos Sp. Fuente: propia

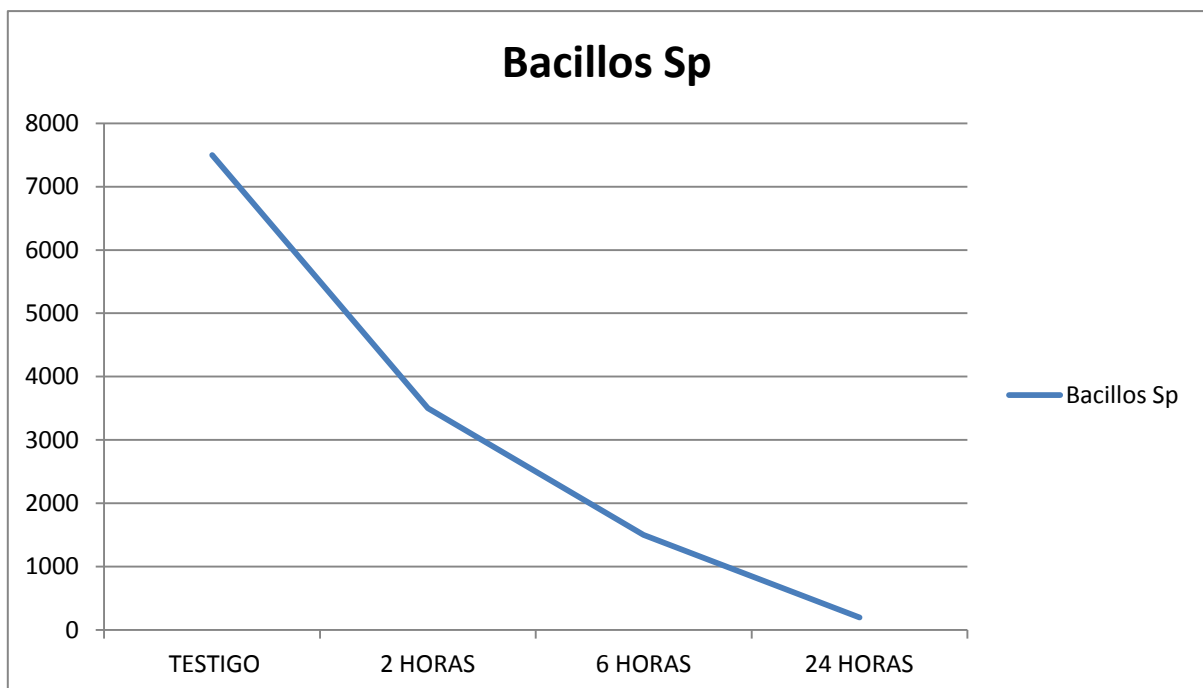


Figura 25. *Pseudomonas Sp.* Fuente: propia

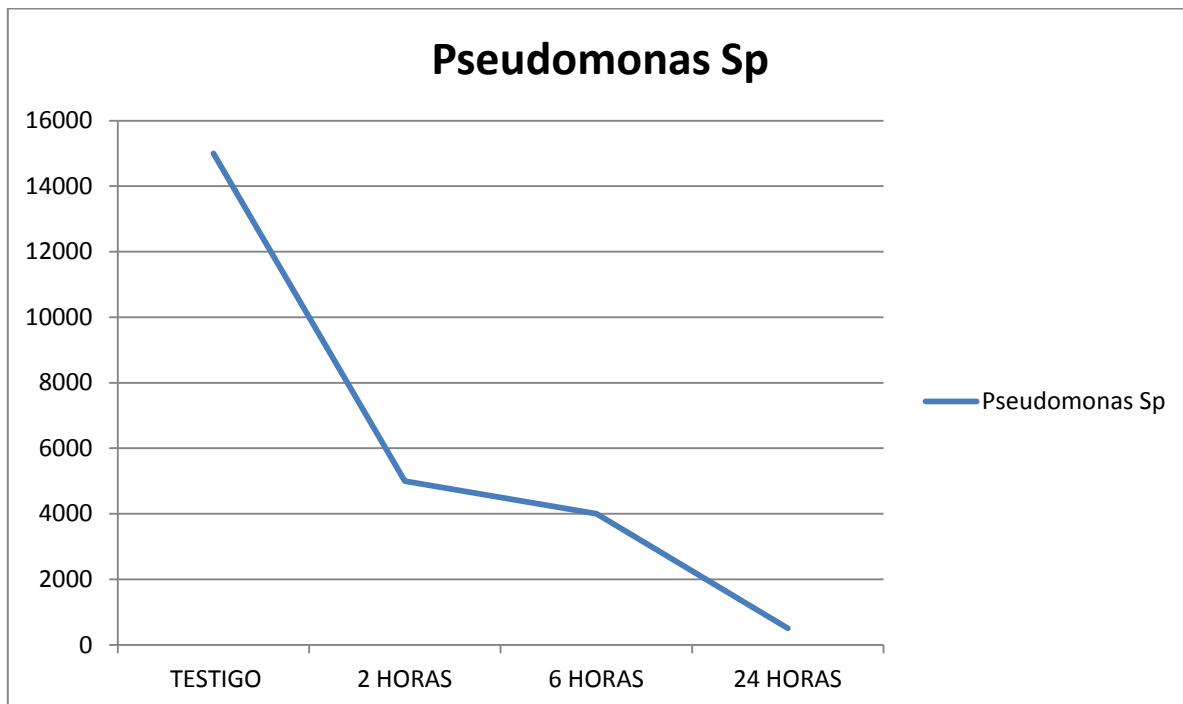
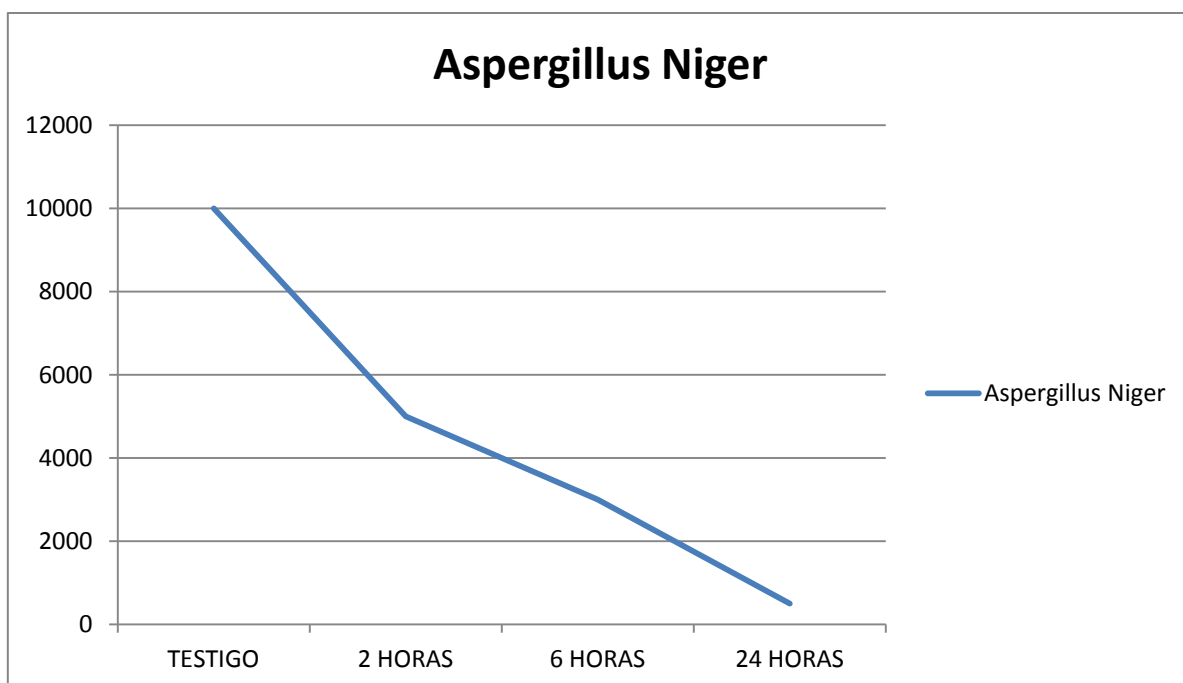


Figura 26. *Aspergillus Niger.* Fuente: propia



Las bacterias y hongos encontradas en el caso de estudio son inofensivas en exposición y cantidad mínima respirable, A continuación se presenta una tabla con los efectos sobre la salud humana:

TIPO	EFEECTO
Staphylococcus	Bacteria anaerobia Infecciones cutáneas y de la mucosa
Bacillos Sp	Bacteria en forma de bastón Inflamación en la faringe
Pseudomonas Sp	Bacilos rectos Afecta vías respiratorias
Aspergillus Niger	Hongo en altas concentraciones pueden producir alteraciones pulmonares

Cuadro 14. Efectos sobre la salud. Fuente: Granados, 2003

Ruido.

Para poder realizar las mediciones de ruido dentro de las instalaciones de la ESIA-UZ se utilizó un sonómetro o Decibelímetro PCE-318 (figura 27) con un rango de medición de 26 a 130 dB ya calibrado según la NTP-011-STPS-2001 (Anexo 3) y se realizaron los siguientes pasos:

Figura 27. Decibelímetro PCE-318. Fuente: internet



1. Definir el área de trabajo en la cual se realiza la evaluación de ruido.
2. Localizar los nueve puntos clave, los cuales servirán de referencia para tomar las lecturas dentro del área de trabajo (Figura 29).

Figura 29. Localización de los cinco puntos dentro del área de trabajo donde se tomarán las lecturas de ruido. Fuente: Hurtado, 2000.



3. Calibrar el instrumento (sonómetro) de medición, debe ajustarse al Nivel Sonoro Criterio de 90 dB para una jornada laboral de 8 horas y una tasa de intercambio de 3 dB(A) y colocarlo en el primer punto de medición a la altura de la paleta de las bancas de los alumnos, posteriormente dejar que se estabilice la lectura.

4. Registrar las lecturas para control (figura.
5. Se concluye sobre la condición de ruido que se presenta en el área de trabajo y se toman medidas preventivas y/o correctivas (figura 30) para lograr estar dentro de los niveles de exposición permitidos.

Figura 30. Lecturas del Sonorometro. Fuente: propia



El la figura 31 se presenta un diagrama con los puntos de medición y sus respectivos valores obtenidos.

Figura 31. Diagrama de conformación de mediciones y sus resultados. Fuente: propia

	1	80dbB		4	80dB		7	90dB
	2	80dB		5	80dB		8	100dB
	3	100dB		6	80dB		9	100dB

Como se menciona en el apartado sobre ruido la organización mundial de la salud recomienda como límite máximo permitido para los alumnos son 80dB lo cual nos muestra que estamos por encima de lo establecido.

Ambiente térmico.

Las mediciones se hicieron con un termómetro digital marca Citizen y la temperatura del aire la marcó el medidor de CO₂ SenseLife. Se tomaron distintas variables que fueron las de las estaciones del año: invierno y primavera, después por sexo: hombres y mujeres, por turno: mañana y tarde, los salones debieron estar ocupados en su capacidad total; todo esto para llevar un registro de las temperaturas y se obtuvo lo siguiente:

El cuerpo genera una cantidad de calor (especifico para este peso y temperaturas) que se puede medir en kilojoules (kj) y se calcula con la siguiente fórmula:

$$K = 3,48 P_c (0,65t_r + 0,35t_p)$$

donde:

3.48= Calor especifico del cuerpo, (Kj)

P_c= Peso corporal, (Kg)

t_p = temperatura de la piel, (°C)

t_r = temperatura rectal, (°C)

datos:

t_p = 36.5 °C

t_r = 37.5 °C (según Ernest Pöppel)

P_c = 70 kg

K = 9049.74 kj

El ser humano genera suficientes Kj para mantenerse en confort, mientras no haya agentes externos que alteren sus temperaturas y exista una sobrecarga o tensión

La temperatura del aire dentro de los edificios se tomo con un termómetro digital (figura 32) y se obtuvo:

	Primavera		Invierno	
Temperatura del aire interior del edificio	28 °c	32 °c	17 °c	23 °c

Como mencionamos en el apartado de ambiente térmico la vestimenta es un factor de estrés, por lo que se tomaron en cuenta dos variables hombres y mujeres, éstas tienden a llevar más ropa en invierno y menos en primavera:

Hombres				
	primavera Mañana	primavera Tarde	invierno Mañana	invierno Tarde
temperatura corporal	36	36.5	36.5	36
Mujeres				
	primavera Mañana	primavera Tarde	invierno Mañana	invierno Tarde
temperatura corporal	36	37	35.7	36.7

Figura 32. Termómetro digital. Fuente: propia





Con lo anterior podemos demostrar que las temperaturas no cambian significativamente si es invierno o primavera y mucho menos si es por género. Sin embargo lo que si podemos decir es que el estrés se genera por el tipo de vestimenta y por la cantidad de personas que estén en tu alrededor, también un factor importante es el estrés psicológico que te causa estar bajo algunas circunstancias.



CONCLUSIONES

Es importante destacar que dentro de las manifestaciones más comúnmente observadas a nivel mundial respecto a la presencia del Síndrome del Edificio Enfermo resaltan las sintomatologías por los ocupantes, tal como fue manifestado en la presente tesis, ello relacionado a problemas de ventilación y presencia de diversos agentes tanto químicos, físicos y gases que pueden estar condicionando dichas sintomatologías, tales contaminantes pueden tener su origen en una variedad de fuentes de dentro o fuera del edificio, materiales químicos, bacterias, hongos, polen y el polvo todos pueden contribuir al problema, al igual que factores que impactan con la calidad del aire, tales como la temperatura, la humedad, la iluminación, el ruido, el estrés de los estudiantes y lo relacionado con condiciones de salud preexistentes.

Con todo lo antes mencionado podemos establecer el diagnóstico de Síndrome del Edificio Enfermo presente en los edificios 10, 11 y 12 de la unidad profesional Adolfo López Mateos del IPN, por tanto es prioritario identificar cuál o cuáles son los elementos condicionantes de la aparición de este síndrome para así, tomar las respectivas consideraciones y recomendaciones en pro del beneficio en cuanto a la salud de los ocupantes, por ende a las futuras generaciones y presentes que ocupan la ESIA-UZ, es de vital importancia tener un edificio donde su mente y su desarrollo sea óptimo para que los factores que el edificio está mostrando sobre ellos no afecte en su desempeño.

El Síndrome del Edificio Enfermo no es exclusivo de viejos edificios o de nuevos cualquier edificio incluso casa habitación puede tener factores que afecten la salud y confort de los ocupantes, se pudo observar que la iluminación excede los límites permisibles que marca la Secretaría del Trabajo, Sin embargo no existen valores permisibles o normatividad específica para centros educativos o incluso los hogares.

Es de vital importancia el análisis de este Síndrome ya que de estar presente, puede causar bastante daño a la salud de los ocupantes. Es parte fundamental de las edificaciones las personas que los ocupan o que los habitan, se deben tomar medidas preventivas desde la planeación del proyecto y hasta la ejecución del mismo, al aplicarse los principios de la construcción sustentable se puede tener un



equilibrio entre no perjudicar al medio ambiente y que la calidad de vida de los ocupantes sea lo mejor posible.

El Síndrome del Edificio Enfermo no es un diagnóstico fácil, requiere bastantes pruebas en cuanto a la calidad del aire interior ya que, todo lo que está en el exterior llega a parar a las edificaciones, además de que los elementos con los que se construye el edificio pueden ser los que estén causando los problemas. Para poder hacer un análisis exhaustivo es importante involucrar otras aéreas disciplinarias, como expertos en microbiología, expertos en iluminación, ingenieros civiles, etc. y así darle una solución correctiva a los edificios existentes y una solución preventiva a las futuras edificaciones.

En función de los resultados obtenidos en la presente tesis se pueden hacer muchas recomendaciones, para futuras investigaciones y que se pudieran aplicar en el caso de estudio. Como todo la presente tesis cuenta con limitaciones de ejecución ya que no se contó con el recurso monetario y la disponibilidad de los equipos.

Los principios de la construcción sustentable hablan de ocupar materiales para la remodelación o construcción que sean nativos del lugar, de tal manera que no sean transportados por grandes distancias y así evitar su impacto al medio ambiente, cuando se haga algún tipo de remodelación en el caso de estudio se podría aplicar este principio para su ejecución.





RECOMENDACIONES.



Se recomienda Poner apagadores dentro de cada una de las aulas para así regular la cantidad de luxes que se necesitan para realizar las tareas, ya que se puede aprovechar la luz del día todo el turno de la mañana y parte del turno de la tarde, así también contar con más fuentes de ventilación en cada uno de los salones para no permitir la acumulación de CO₂ u otros contaminantes de origen biológico, cambiar los paneles existente por paneles acústicos para que el sonido no salga, ni fuentes externas interrumpan las clases, Cambiar los mobiliarios de madera comprimida ya que estos contienen formaldehidos y son causantes de contaminación interior, todas estas recomendaciones son con la finalidad que las autoridades competentes vean no solo por que el edificio sea funcional y lo primero que se encuentre sea lo que se use si no se ponga mucha más atención sobre la salud de los ocupantes ya que permanecen más de 8 horas diarias dentro de los edificios de caso de estudio.

Otra parte fundamental que se debe tomar en cuenta es el mobiliario debe ser requerido ergonómicamente y diseñado para la comodidad y buena postura de los ocupantes, para que en lugar de ser un martirio sea cómodo estar sentado por largos periodos y así el aprovechamiento sea optimo.

Al final ponemos decir que incorporar los principios de la construcción sustentable en remodelaciones o nuevos proyectos, significa una inversión mayor (hablando de dinero) a la de construcciones tradicionales, pero que al final se verá reflejado en la calidad de vida y de los ocupantes que son el engranaje principal de toda edificación, así como también una comunión con el medio ambiente.

Es importante destacar que en México aun existe un gran camino para abatir el Síndrome del Edificio Enfermo, en especial importancia la calidad del aire en interiores, donde se podrían implementar normativas y reglamentos y así la calidad de vida y salud de los ocupantes no se verá afectada.



BIBLIOGRAFÍA



- Adellac M., A (2012) Síndrome del edificio enfermo. Asociación para la prevención de accidentes. San Sebastián, España. En internet: http://www.seslap.com/seslap/html/curCong/congresos/xixcongreso/jueves_26/bastida/mesa6/ana_adellac.pdf
- Aguilar R., J. L. (2010). Importancia de tomar la auditoria ambiental voluntaria en un carácter obligatorio. UPIICSA, IPN. México. En internet: <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/7220/1/I2.1179.pdf>
- Anonimo, (2007). Gases de efecto invernadero. En internet: http://www.taringa.net/posts/ecologia/8479413/el-_efecto-invernadero_.html
- Antón V., M. A., (2004) Metodología del análisis del ciclo de vida, en Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo, tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Cataluña. En internet: http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0420104-100039/#documents
- Aviléz O., S., (2007). Metodología para el diagnostico de la calidad del aire interior (CAÍ) en recintos escolares: Caso UPIICSA. Tesis de grado de la UPIICSA del IPN, Ciudad de México, México.
- Baño N., A. (2005) Guía de construcción sustentable, ministerio del medio ambiente, España. En internet: http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/programas-de-educacion-ambiental/hogares-verdes/guia-construccion-sostenible_tcm7-193266.pdf
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), (2008). Edificación Sustentable en América del Norte. En internet: www.cec.org



- Cuchí A. (2008)., Edificación Sostenible, Cataluña, España. En internet:
portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numaportat=4&id=2358&numopcn=1
- Domínguez C., F. (2007).Propuesta de norma, condiciones ambientales, iluminación, ruido y ventilación en centros educativos de nivel superior. UPICSA, Ciudad de México, México.
- Flanniga, B. (2011). Calidad del aire interior. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, España. En internet:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/44.pdf>
- García P., B. (2010). Modelos de sustentabilidad y su relación en la disciplina del diseño. Ciudad de México, México. En internet:
http://www.circuloverde.com.mx/es/cont/calentamiento_global/Modelos_de_sustentabilidad_y_su_relaci_n_en_la_disciplina_del_dise_o.shtml#.UHhBF65_iSo
- González M., G. (2008). El ahorro de energía en sistemas de iluminación en interiores. Boletín IIE, México.
- Granados P., R. y Villaverde P., M. C. (2003). Microbiología. Madrid, España. Editorial Thomson.
- Guardino S., X. (2011). Calidad del aire interior. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, España. En internet:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/44.pdf>
- Hernández C., A. (2011) Instituto Nacional de Seguridad e higiene del trabajo, NTP 609. Agentes biológicos: equipos de muestreo. En internet:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_609.pdf



Hernández, C. (2004): Manual de ergonomía. Incrementar la calidad de vida en el trabajo. Málaga, Agapea. En internet: www.consumer.es/web/es/educacion/escolar

Instituto Nacional de Seguridad, higiene del Trabajo (INSHT), (2005). España. En internet: <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/AF2BD786-0A6D-4564-9076-BE42220B4843/225685/calorytrabajoprofesional.pdf>

Lejbowicz, A., (2010), Arquitectura del futuro. En internet: nvmexico.squarespace.com/blog/2013/3/1/arquitectura-del-futuro.html

López A. y López R. (2008). El ambiente en el salón de clases y su importancia para el éxito del proceso educativo, Benemérita universidad de Puebla. En internet: http://www.cienciasaplicadas.buap.mx/convocatoria/memorias_2005/008.pdf

López L., V. M. (2008). Sustentabilidad y desarrollo sustentable. Ciudad de México, México. Editorial Trillas.

Macías, M. (2009). Metodología y herramienta verde para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. En internet: <http://www.doaj.org/doaj?func=abstract&id=506659>

Martínez, P., González, V. y Da Fonseca, E. (2009). Integración conceptual Green-Lean en el diseño, planificación y construcción de proyectos. Valparaíso, Chile. En internet: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732009000100001&script=sci_arttext

Mateu E. y Casal J. (2003). Tamaño de la muestra. Universidad Autónoma de Barcelona. En internet: http://www.epidemio.com/epidemio/img/datos/21_06_58_2TamanoMuestra3.pdf



- Mirta, M. A. (2011). Análisis del ciclo de vida y huella del carbono, España. En internet:
http://www.inti.gob.ar/ambiente/pdf/presenaciones/presentacion_huellaPinamar.pdf
- Móndelo, P. (1999). Ergonomia 2.Confort y estrés térmico. Edición UPC. En internet: <http://es.scribd.com/doc/96993767/Pedro-Mondelo-Ergonomia-2-Confort-y-Estres-Termico>
- Murphy, M. (2006). Sick Building Syndrome and the problem of uncertainty. Estados Unidos de América. En internet:
http://books.google.com.mx/books?id=tryhre4-nvMC&printsec=frontcover&dq=sick+building+syndrome&source=bl&ots=MKlBp4eEWU&sig=lxve0pyJ-ryE4TxsmvEZ43EfU0g&hl=es&sa=X&ei=IXB4UNvVD4_iqAGayYD4DQ&ved=0CDgQ6AEwAw#v=onepage&q=sick%20building%20syndrome&f=false
- Observatorio de salud y medio ambiente (OSMAN). Calidad del aire interior. Unión europea.
- Presti, S. M. (2011). El Síndrome del Edificio Enfermo y la calidad de aire interior de viviendas y oficinas. En internet:
<http://es.scribd.com/doc/72611176/Sindrome-del-edificio-enfermo-10-03-2011>
- Rodríguez H., L. y Alonzo S., J. E. (2004). Efecto de los factores ambientales, laborales y psicosociales en el Síndrome del Edificio Enfermo. En internet: www.revista.ingenieria.uady/volumen8/efecto.pdf
- Rosell F., M. G. (2011). Calidad del aire interior. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, España. En internet:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/44.pdf>



- Sanchidrián D., C. (2011). Acústica en la Edificación Española. Análisis de la situación actual .E.T.S. de Arquitectura, España. En internet: http://www.aemcm.net/archivos/p2_1_2_acustica.pdf
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), (2001).Ruido. NOM-011-STPS-2011, México. En internet: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-011.pdf>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), (2008).Niveles de iluminación recomendados. NOM-025-STPS-2008, México. En internet: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-025.pdf>
- Solé G., M. D., (2011). Instituto Nacional de Seguridad, higiene del Trabajo, NTP 290, El síndrome del edificio enfermo: cuestionario para su detección. España. En internet: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_290.pdf
- Wanner, H. U., Verhoeff AP, Colombi A., Flannigan B., at all.(1993). Biological Particles in Indoor Environments. Indoor Air Quality and Its Impact On Man. Bruselas: Comisión Europea.
- United States Green Building Council (USGBC), (2012). Certificaciones LEED México. En internet: <http://suenamexico.com/verde-y-social/sustentabilidad-y-certificacion-de-edificios-en-mexico/>



ANEXOS



ANEXO 1. CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA ENCUESTA

Cuestionario para el diagnostico del Síndrome del Edificio Enfermo.

N° de cuestionario		
Escuela:		Fecha:
1. Semestre:		
2. En que piso del edificio estudia:		
3. Sexo:		
4. ¿Cuántos años ó meses lleva estudiando en este edificio?		
5. ¿Qué carrera es la que está estudiando?		
6. ¿Cuánto tiempo tiene que estudia en este edificio?		
7. ¿usted está desfasado algún semestre o año?		
8. ¿Qué días de la semana está dentro del edificio? (indique las horas por día)		
9. hay ruido que proceda de:		
	el sistema de ventilación	
	los equipo de computo	
	conversaciones	
	otro (especifique)	
	no hay ruido	
10. ¿Cuántas horas permanece dentro del edificio por día?		
11. ¿Usted fuma?		
12. ¿Usted fuma dentro del edificio?		
13. estudia usted en:		
	un salón chico	
	un salón grande	
	un salón cerrado	
	en un área abierta con otras personas	
14. ¿Se sienta usted a menos de 5 mts de una ventana?		
15. ¿tiene ventanas su salón?		
16. ¿Cuántas ventanas tiene su salón?		
17. ¿pueden abrir la(s) ventana(s)?		
18. En un radio de 10 mts cuantas personas tienen laptop		
19. De estas personas cual es el tiempo que usan estos equipos (incluyéndote)		
20. hay ruido que procede de:		
	el sistema de ventilación	
	los equipo de computo	
	la calle, el exterior	
	conversaciones	
	otro (especifique)	
	no hay ruido	
21. La tempera/humedad produce:		
	demasiado calor	
	demasiado frio	
	demasiada humedad	
	demasiada sequedad	
	otros (especificar)	
	no produce nada	
22. En relación a la ventilación:		
	hay corrientes de aire	
	falta de ventilación/ estancamiento del aire	
	otros (especificar)	
	no hay problemas	
23. se perciben olores de :		
	comida	
	humo de tabaco	



24. La iluminación	corporales		
	otros (especificar)		
	no hay olores		
	es demasiado intensa		
	es escasa		
25. El área de trabajo le molesta:	produce deslumbramientos		
	se producen parpadeos de luz		
	otros (especificar)		
	es correcta		
	la decoración		
26. otros aspectos que le molestan	el mobiliario		
	los muros		
	otros (especificar)		
	no me molestan estos aspectos		
	aislamiento		
27. En general el nivel de los profesores que imparten las materias es:	falta de intimidad		
	vistas		
	perturbaciones/ distracciones		
	sentimiento de encierro		
	otros (especificar)		
28. En el semestre que esta, la carga de trabajo es:	Ninguno.		
	alto	☐	
	regular	☐	
	bajo	☐	
29. el ambiente dentro de las clases es	poca	☐	
	regular	☐	
	mucha	☐	
	excesiva	☐	
	bueno	☐	
	regular	☐	
	malo	☐	

ANEXO 2. SONOROMETRO

testo 540	Luxómetro de bolsillo
El sensor del testo 540 está adaptado a la sensibilidad espectral del ojo humano, lo que resulta ideal para la medición de intensidad de luz. La función "Hold" permite una fácil lectura de los valores medidos. También se pueden visualizar los valores mín./máx. con solo pulsar una tecla. El testo 540 es pequeño, manejable y muy sencillo de usar.	● Sensor adaptado a la sensibilidad espectral del ojo humano ● Función "Hold" y valores mín./máx. ● Visualizador iluminado ● Almacenamiento seguro gracias a la tapa de protección ● Cinta de sujeción y soporte de cinturón incluidos ● Incl. protocolo de calibración
testo 540; luxómetro, incl. tapa de protección, pilas y protocolo de calibración	
Modelo 0560 0540	

Datos técnicos	
Rango	0 ... 99.999 Lux
Exactitud ±1 dígito	±3 % (respecto a la Clase B, DIN 5032 Parte 7)
Resolución	1 Lux (0 ... 19.999 Lux) 10 Lux (rango restante)
	Intervalo de medición 0.5 s
	Temp. Almac. -40 ... +70 °C
	Tipo de protección IP40
	Temp. Func. 0 ... +50 °C
	Tipo de pila 2 pilas tipo AAA
	Vida de la pila 200 h (promedio, sin iluminación en el visualizador)
	Medidas 133 x 46 x 25 mm
	Peso 95 g (con pilas y tapa de protección)
	Garantía 2 años

Accesorios	Modelo
Certificados de Calibración	
Certificado de calibración ISO de Luz; Puntos de calibración 0;500;1000;2000;4000 Lux	0520 0010

ANEXO 3. DECIBELÍMETRO

Decibelímetro PCE-318

decibelímetro con un rango entre 26 ... 130 dB (A) y una salida analógica / recalibrable / clase II (precisión $\pm 1,5$ dB)

El decibelímetro PCE-318 determina el volumen a partir de un nivel acústico de 26 dB(A). Por ello este decibelímetro resulta ideal para determinar ruidos mínimos, como los que emiten los ventila-dores de los ordenadores. El decibelímetro de la clase II con pantalla Jumbo se adecua muy bien para realizar mediciones en diferentes entornos, en el puesto de trabajo, en el control de máquinas, etc. Este aparato, que también puede encontrar con la denominación de fonómetro, ha sido concebido según la IEC 651 tipo II y tiene una alta precisión de $\pm 1,5$ dB. Otra gran ventaja de este decibelímetro es su salida analógica que permite conectar un logger de datos externo para realizar registros de larga duración.

- Rango de medición de **26 ... 130 dB**
- 6 rangos a elegir
- Salida analógica (AC & DC) / para usar en combinación con el logger de datos opcional (ver componentes adicionales)
- Memoria para 99 valores que se pueden recuperar en pantalla





- Rango de frecuencia de 31,5 Hz a 8 kHz

- Gran pantalla con gráfico de barras

- Rangos de medición a ajustar en el decibelímetro: Low & High

- Valoración de frecuencia A y C
(Información)

- Valoración temporal rápida y lenta
(Información acerca de la valoración temporal)

- Función Min & Max Hold

- Dispositivo de montaje del trípode

- Incluye supresor de ruidos de viento

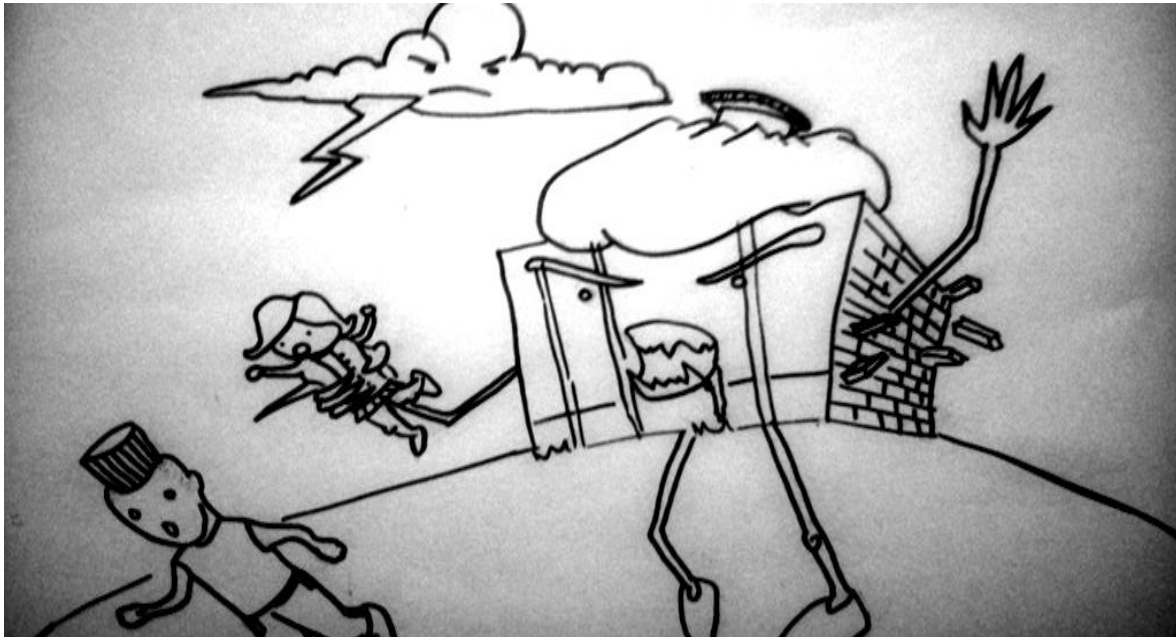
Especificaciones técnicas

Rango de medición	26 ... 130 dB en 6 rangos: 26 ... 80 dB / 30 ... 90 dB / 40 ... 100 dB 50 ... 110 dB / 60 ... 120 dB / 70 ... 130 dB
Resolución	0,1 dB
Precisión	$\pm 1,5$ dB ref. 94 dB para 1kHz



Rango de frecuencia	31,5 Hz ... 8 kHz
Valoración temporal	FAST & SLOW (rápida & lenta)
Valoración de frecuencia	A y C
Memoria	99 valores recuperables en pantalla
Salida	analógica, AC & DC
Temperatura operativa	-10 ... +50 °C, menos de 90 % H.r.
Temperatura almacenado	-10 ... +60 °C, menos de 75 % H.r.
Alimentación	batería de bloque de 9 V (PP3)
Peso	aprox. 260 g
Dimensiones	264 x 68 x 27 mm
Normativa	IEC 651 tipo II (clase II)

ANEXO 4. FOLLETOS ENTREGADOS PARA LA DIFUSIÓN DEL SEE.



SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO

El término "síndrome del edificio enfermo" (SEE) se usa para describir determinadas situaciones en las cuales los ocupantes de un edificio experimentan ciertos problemas de salud e incomodidad relacionados con su uso. Suelen ser construcciones modernas dotadas de aire acondicionado, aisladas del exterior para evitar pérdidas energéticas.

¿QUÉ SÍNTOMAS SE ASOCIAN A ESTE SÍNDROME?

Picor e irritación de garganta, nariz y ojos (conjuntivitis, intolerancia a las lentes de contacto), sequedad de piel y mucosas, somnolencia, fatiga y/o decaimiento, dolor de cabeza, vértigo, dificultad de concentración, resfriados, asma, disfonía, tos, disminución de la sensibilidad olfativa y gustativa, náuseas, trastornos gastrointestinales, potenciación de enfermedades del propio trabajador, comezón, sensación de falta de aire y hasta caída de cabello.

Estos síntomas aumentan durante la estancia dentro del edificio, disminuyen al salir del trabajo y pueden desaparecer en largos periodos de descanso.

¿QUÉ FACTORES PUEDEN CAUSARLO?

1. De Origen Físico, como una inadecuada ventilación, Iluminación, temperatura, humedad, excesivo ruido...

2. De origen químico:

- Provenientes del interior, como los adhesivos, , pegamentos, , las tapicerías, los elementos de madera, las fotocopadoras, los insecticidas, los productos de limpieza, los calentadores, los sistemas de calefacción y las estufas.

- Provenientes del exterior, como los gases de escapes, las chimeneas, las salidas de aire de cocinas o cuartos de baño del mismo edificio o de otro ajeno que pueden penetrar al interior del edificio.