



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ASPECTOS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN
SUSTENTABLE**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

Omar Galván Romero

TUTOR:

M.I. RODRIGO TAKASHI SEPÚLVEDA HIROSE



México, D. F., Ciudad Universitaria, Febrero 2013



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/209/12

Señor
OMAR GALVÁN ROMERO
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. RODRIGO TAKASHI SEPÚLVEDA HIROSE, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"ASPECTOS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN SUSTENTABLE"

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
- II. LEGISLACIÓN, NORMATIVIDAD Y CERTIFICACIÓN EN MÉXICO
- III. CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE INTERIOR
- IV. AGUA
- V. MATERIALES
- VI. ENERGÍA
- VII. RESIDUOS
- VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 13 de marzo del 2013.
EL PRESIDENTE


M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH*gar.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. Agustín Demeneghi Colina

Secretario: M.I. Rodrigo Takashi Sepúlveda Hirose

Vocal: M.I. Ricardo Rubén Padilla

1^{er}. Suplente: Ing. Marcos Trejo Hernández

2^{do}. Suplente: Ing. Guillermo Luis Lauro Esquivel Castañeda

Lugar donde se realizó la tesis:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

TUTOR DE TESIS: M.I. Rodrigo Takashi Sepúlveda Hirose

FIRMA

Agradecimientos:

A mi alma máter la Universidad Nacional Autónoma de México, a los docentes, administrativos y personal en general por hacer todo esto posible. Por brindarnos la oportunidad a mis hermanos y a mí, de formar parte de ella, y brindarme las experiencias y conocimientos que darán pauta para continuar desarrollándome como persona y profesionista.

A mi madre por sacarnos adelante a mis hermanos y a mí, aunque el camino no fue fácil. Por enseñarme a ser independiente en todos los aspectos de la vida. Por ser lo que eres y cómo eres, gracias.

A la memoria de mi padre, aunque no estuvo mucho tiempo conmigo con sus virtudes y defectos, me sirve de ejemplo de lo que debo y no debo hacer.

A mis hermanos Roberto, Daniel, Mónica por todo el apoyo que me han dado, porque detrás de cada persona siempre hay alguien impulsándola, ustedes han sido los que siempre me han impulsado a seguir adelante.

A los profesores por transmitirnos sus conocimientos. Para mí, más valioso que el conocimiento, sus experiencias, anécdotas y vivencias, algo que no se aprende en libros. Por enseñarme a no subestimar a las personas que creemos no pueden enseñarnos algo, porque también de ellas se aprende.

Al M.I. Rodrigo Takashi por orientar y guiar esta tesis, por el tiempo invertido y el que me brindo también. Por ser de uno de los mejores profesores que tuve en la universidad.

A la M.A. María de Lourdes Campos por darme el tiempo y las facilidades para la elaboración de la mayor parte de esta tesis.

A los amigos pasados Pedro Medrano, Bernardo Lara. Y a los actuales, Hansel Montes, Miguel Sarmiento, Daniel Falcón, Gersaín Guzmán y todos los demás por brindarme su amistad, por las vivencias y los recuerdos a lo largo de estos 5 años. Por su apoyo y sus recomendaciones las cuales me ayudaron mucho, no saben cuánto.

Por eso y por todo lo demás gracias.

Índice

Introducción	10
Capítulo 1. Antecedentes	12
1.1 Breve historia sobre desarrollo sustentable	12
1.2 Problemática actual.....	14
1.2.1 Población	14
1.2.2 Agua.....	16
1.2.3 Biodiversidad.....	17
1.2.4 Atmósfera.....	18
1.2.5 Suelo.....	19
1.3 Desarrollo Sustentable e ingeniería civil	21
1.3.1 El ingeniero civil	21
1.3.2 Principios del origen del concepto <i>desarrollo sustentable</i>	23
1.3.3 Limitaciones y obstáculos del desarrollo sustentable.....	23
1.3.4 Pilares del desarrollo sustentable	24
1.3.5 Impactos de la industria de la edificación.....	25
1.3.6 Diferencia entre las etapas de la edificación tradicional las de edificación sustentable	27
Capítulo 2. Legislación, normatividad y certificación aplicables en México	32
2.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEPa)	32
2.2 Ley de Aguas Nacionales (LAN)	33
2.3 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	34
2.4 Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética	34
2.5 Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos	35
2.6 Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS)	35
2.7 Normas Oficiales Mexicanas (NOM).....	36
2.8 Normas ISO.....	40
2.8.1 ISO´s- 9000	41
2.8.2 ISO´s-14000	41
2.8.3 ISO´s en materia de edificación sustentable e ingeniería civil.....	41
2.9 Certificaciones	42

2.10 México en materia de edificación sustentable	43
2.10.1 Comparativa con otros países	44
Capítulo 3. Calidad del medioambiente interior de la edificación	46
3.1 Calidad del aire interior (CAI)	46
3.2 Contaminantes y su impacto en la salud.....	47
3.2.1 Sensibilidad química múltiple	47
3.2.2 Enfermedades respiratorias	47
3.2.3 Síndrome del edificio enfermo.....	48
3.2.4 Contaminantes	49
3.3 Soluciones para mejorar la CAI.....	55
3.3.1 Plantas	55
3.4 Condiciones físicas.....	56
3.4.1 Luz artificial	56
3.4.2 Vibración y Ruido	56
3.4.3 Temperatura.....	57
3.4.4 Olores	57
Capítulo 4. Agua	58
4.1 Tecnologías y dispositivos de bajo consumo.....	60
4.1.1 Inodoros.	60
4.1.2 Inodoros secos	60
4.1.3 Mingitorios secos	61
4.1.4 Regaderas	61
4.1.5 Mezcladoras	61
4.1.6 Perlizadores o aireadores y limitadores de caudal	61
4.2 Cultura del agua	62
4.3 Sistemas captadores de agua pluviales	63
4.4 Sistemas de tratamiento.	66
4.4.1 Sistemas de tratamiento primario	66
4.4.2 Sistemas de tratamiento secundario	69
Capítulo 5. Materiales	74
5.1 Herramientas de Selección para Materiales de Construcción Sustentable	75

5.2 Análisis del Ciclo de Vida	77
5.2.1 Objetivo y alcance	77
5.2.2 Variantes del LCA	77
5.3 Materiales para Construcción	79
5.3.1 Concreto	80
5.3.2 Metales.....	82
5.3.3 Madera	83
5.3.4 Plásticos.....	85
5.3.5 Biomateriales	89
5.4 Desmantelamiento selectivo	90
Capítulo 6. Energía	92
6.1 Diseño pasivo.....	94
6.1.1 Materiales de aislamiento.....	97
6.1.2 Muros	98
6.1.3 Pisos.....	100
6.1.4 Techo	101
6.1.5 Ventanales.....	101
6.2 Reducción de cargas.....	103
6.3 Sistemas mecánicos activos	104
6.3.1 Enfriamiento.....	104
6.4 Motores	105
6.5 Sistemas de calefacción y aire acondicionado (HVAC).....	105
6.5.1 Ventilación.....	106
6.6 Sistemas recuperadores de energía	107
6.7 Iluminación	107
6.8 Innovación y optimación de energía	108
6.8.1 Celdas fotovoltaicas	108
6.8.2 Turbinas de viento o aerogeneradores.....	109
Capítulo 7. Residuos	110
7.1 Panorama actual México y el mundo	110
7.2 Generación y Composición de residuos	112

7.3 Manejo sustentable de residuos en edificaciones	113
Capítulo 8. Conclusiones	118
Bibliohemerografía.....	121

Índice de figuras

FIGURA 1-1 EFECTO INVERNADERO: NÓTESE EL CAMBIO DE LONGITUD DE ONDA ENTRE LA LUZ QUE INCIDE EN LA SUPERFICIE TERRESTRE Y LA QUE ES REFLEJADA POR LA SUPERFICIE TERRESTRE UNA VEZ QUE SE HA CALENTADO. FUENTE: REVISTA DIGITAL UNIVERSITARIA, 2008. -----	19
FIGURA 1-2 TRES PILARES FUNDAMENTALES DE LA SUSTENTABILIDAD O TRIPLE LINE BOTTOM. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, BASADO EN UNIVERSIDAD DE MICHIGAN, SUSTAINABILITY ASSESSMENT, 2002. -----	25
FIGURA 1-3 ETAPAS DE LA EDIFICACIÓN TRADICIONAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. -----	28
FIGURA 1-4 ETAPAS DE LA EDIFICACIÓN SUSTENTABLE. FUENTE: ELABORACION PROPIA. -----	30
FIGURA 3-1 SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO, FUENTES CONTAMINANTES INTERIORES. FUENTE: DAVID PADGETT'S COOLING & HEATING INC, TRADUCCIÓN -----	49
FIGURA 4-1 COMPONENTES DE UN INODORO SECO (IMAGEN 1). INODORO QUE FUNCIONA CON ENERGÍA SOLAR Y PRODUCE HIDRÓGENO Y ELECTRICIDAD, DEL INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE CALIFORNIA (IMAGEN2). FUENTE: WWW.SANITARIOSYACCESORIOS.COM.MX, (MODIFICADO POR EL AUTOR) Y HTTP://NOTICIASCIENCIA.NET, RESPECTIVAMENTE. -----	61
FIGURA 4-2 LIMITADOR DE CAUDAL Y PERLIZADOR FIGURA 1 Y 2 RESPETIVAMENTE. FUENTE: WWW.CASABIOCLIMATICA.COM, WWW.ECONOMIZANDO.INFO -----	62
FIGURA 4-3 UBICACIÓN Y FRECUENCIA DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS. FUENTE USO EFICIENTE DEL AGUA EN DESARROLLOS HABITACIONALES, CONAFOVI, 2005. -----	63
FIGURA 4-4 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES. FUENTE: WWW.WATERCACHE.COM. -----	65
FIGURA 4-5 COMPONENTES DE UN RECTOR UASB. FUENTE: HTTP://INTALASIPENGOLAHANAIRLIMBAH.BLOGSPOT.MX/ -----	69
FIGURA 4-6 HUMEDAL ARTIFICIAL, MODELO ESQUEMÁTICO. FUENTE: PGOFORTH.MYWEB.UGA.EDU. -----	70
FIGURA 5-1 ETAPAS A CONSIDERAR EN EL ANÁLISIS CICLO DE VIDA PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. -----	78
FIGURA 5-2 ETAPAS EN LA FABRICACIÓN DE METAL PRIMARIO Y DE METAL SECUNDARIO. ES EN LA PRIMERA ETAPA, LA DE REDUCCIÓN DONDE SE CONSIDERA QUE ESTA EL MAYOR IMPACTO DE LOS METALES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. -----	83
FIGURA 5-3 SIMBOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS. FUENTE: ASOCIACIÓN NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA A.C. -----	86
FIGURA 6-1 VARIABLES EXPLICATIVAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. FUENTE: REDALYC.UAEMEX.MX -----	94
FIGURA 6-2 EJEMPLO DE UN MAPA DE TRAYECTORIA SOLAR. FUENTE: MIREZ.WORDPRESS.COM. -----	96
FIGURA 6-3 EJEMPLO DE VENTILACIÓN CRUZADA EN LA EDIFICACIÓN. EL AIRE CALIENTE SE ELEVA Y EL AIRE FRIO SE MANTIENE EN EL INFERIOR DANDO CONDICIONES HIGROTÉRMICAS ADECUADAS. FUENTE: WWW.PERUARKI.COM. -----	97
FIGURA 6-4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MURO TROMBE EN PRIMAVERA Y VERANO. FUENTE: WWW.PLATAFORMAARQUITECTURA.CL -----	99

FIGURA 6-5 MURO VERDE EN EL AEROPUERTO DE EDMONTON, FORMADO POR 8.000 PLANTAS DE 32 ESPECIES DIFERENTES, CONSTRUIDO CON MATERIALES RECICLADOS Y CULTIVO HIDROPÓNICO. FUENTE: HTTP://WWW.MEDIOAMBIENTE.ORG -----	100
FIGURA 6-6 IMAGEN 1.-ESTRUCTURA DE UN TECHO VERDE. IMAGEN 2.- AZOTEA VERDE DE MIL 190 M2 EN EL CENDI DE LOS TRABAJADORES DEL METRO, EN DELICIAS 65. EN ESTE NUEVO ESPACIO LOS NIÑOS APRENDEN A CULTIVAR HORTALIZAS. FUENTE: DAVIDHUERTA.TYPEPAD.COM Y WWW.GUIADELCENTROHISTORICO.MX RESPECTIVAMENTE.-----	101
FIGURA 6-7 VENTANAS CON CELDAS FOTOVOLTAICAS INTEGRADAS. UNIVERSIDAD DE OREGON, CENTRO DE INGENIERÍA KELLEY. FUENTE: DAVID SUMMERS, PE, LEED®AP, LOS ANGELES.-----	102
FIGURA 6-8 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO. FUENTE: WWW.CMA.GVA.ES -----	105
FIGURA 7-1 GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. FUENTE: SEMARNAT. -----	110

Índice de tablas

TABLA 1—1 INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD. FUENTE: CENTRO DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN AMBIENTAL DE NORTE AMÉRICA	14
TABLA 1—2 GASES DE EFECTO INVERNADERO Y SUS PRINCIPALES FUENTES DE GENERACIÓN EN MÉXICO..	20
TABLA 1—3 EXTENSIÓN Y CAUSAS DE DEGRADACIÓN DEL SUELO. FUENTE: FAO, 1996, GEO: GLOBAL ENVIRONMENT OUTLOOK 3	21
TABLA 1—4 VIDA ÚTIL MEDIA DE ELEMENTOS DE LA EDIFICACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, EDWARDS, 2004.	26
TABLA 1—5 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS EDIFICACIONES. FUENTE: PERS. COM. C. MACLEOD, UNIVERSIDAD DE TASMANIA.....	26
TABLA 1—6 PORCENTAJES DE USO DE RECURSOS DEL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN. FUENTE: PLANET, PEOPLE, PROSPERITY - OUR COMMITMENT TO SUSTAINABLE CONSTRUCTION, HTTP://WWW.ISOVER.COM/DOCUMENTATION	27
TABLA 1—7 PRINCIPIOS DE LA EDIFICACIÓN SUSTENTABLE. FUENTE: KIBERT, 2009.	30
TABLA 2—1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS REFERENTES A ENERGÍA. FUENTE CONUEE.....	37
TABLA 2—2 NORMAS OFICIALES MEXICANAS REFERENTES AL AGUA. FUENTE: SEMARNAT.	38
TABLA 2—3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS REFERENTES A TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. FUENTE: SEMARNAT.....	38
TABLA 2—4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS REFERENTES SUELO. FUENTE: SEMARNAT.	39
TABLA 2—5 NORMAS OFICIALES MEXICANAS REFERENTES A IMPACTOS AMBIENTALES. FUENTE: SEMARNAT.	39
TABLA 2—6 NORMAS OFICIALES MEXICANAS REFERENTES AL MANEJO DE RESIDUOS. FUENTE: SEMARNAT.	40
TABLA 2—7 NORMAS OFICIALES MEXICANAS REFERENTES A CONTAMINANTES EN LA ATMOSFERA. FUENTE: SEMARNAT.....	40
TABLA 3—1COMPONENTES DEL HUMO DEL CIGARRO CONSIDERADOS CAUSANTES DE DISTINTAS ENFERMEDADES. FUENTE: BOLETÍN PARA EL CONTROL DEL TABACO, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PUBLICA	54
TABLA 3—2 PLANTAS DE INTERIOR PARA MEJORAR LA CAI. FUENTE: B.C. WOLVERTON, 1997.	55
TABLA 3—3 RANGOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD CONFORTABLES. FUENTE: KIBERT, 2009.....	57
TABLA 4—1 USOS DEL AGUA EN CASA HABITACIÓN Y VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES. FUENTE: VALORES SEGÚN LAS NOM DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA).....	58
TABLA 4—2 PROCESOS EMPLEADOS POR PLANTAS PARA ELIMINAR CONTAMINANTES. FUENTE: WWW.ECOJOVEN.COM	71
TABLA 5—1 MATERIALES MÁS COMÚNMENTE EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	76
TABLA 5—2 PRODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL DE CEMENTO 2009, EN MILLONES DE TONELADAS. FUENTE: FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO (FICEM), <i>INFORME ESTADÍSTICO</i> , 2011.	80
TABLA 5—3 BENEFICIOS DEL RECICLADO DE METALES. FUENTE: INSTITUTE OF SCRAP RECYCLING INDUSTRIES.....	83

TABLA 5—4 CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS. FUENTE: ASOCIACIÓN NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA A.C.....	86
TABLA 5—5 TIPOS DE PLÁSTICOS MÁS COMUNES Y SUS USOS EN LA CONSTRUCCIÓN. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.....	88
TABLA 5—6 BIOMATERIALES Y ORIGEN. FUENTE: MEG CALKINS, <i>MATERIALS FOR SUSTAINABLE SITES</i> , 2009.	90
TABLA 7—1 COMPOSICIÓN DE RCD. PORCENTAJES ESTIMADOS POR TIPO DE MATERIAL. FUENTE: KEN SANDLER, EPA 2003.....	112
TABLA 7—2 CLASIFICACIONES DE RESIDUOS Y COLOR DE LOS CONTENEDORES CORRESPONDIENTES. FUENTE: SEMARNAT MANUAL DE SISTEMAS DE MANEJO AMBIENTAL, 2010.....	114

Índice de gráficos

GRÁFICO 1—1 POBLACIÓN ESTIMADA 1950-2000, Y PROYECCIONES 2000-2050. FUENTE: WORLD POPULATION TO 2300, NACIONES UNIDAS.....	15
GRÁFICO 1—2 PORCENTAJES DE AGUA EN EL MUNDO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, BASADO EN DATOS DE UNEP NACIONES UNIDAS, HTTP://WWW.UNWATER.ORG	16
GRÁFICO 1—3 DESGLOSE DE RECURSOS AGUA EN EL MUNDO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, BASADO EN DATOS DE UNEP, NACIONES UNIDAS.	16
GRÁFICO 1—4 PORCENTAJES DE USOS DEL AGUA EN EL MUNDO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, BASADO EN DATOS DEL WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP).	17
GRÁFICO 4—1 DISTRIBUCIÓN DE VOLÚMENES CONCESIONADOS PARA USOS CONSUNTIVOS. FUENTE: ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO, 2011.....	58
GRÁFICO 4—2 CONSUMO DE AGUA EN OFICINAS. FUENTE: MANUAL PARA EL USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA, IMTA.....	59
GRÁFICO 4—3 USOS DEL AGUA. FUENTE: COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.....	59
GRÁFICO 6—1 CAPACIDAD ELÉCTRICA DEL PAÍS A DICIEMBRE 2010. FUENTE: COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD Y COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA.....	92
GRÁFICO 6—2 ESTRUCTURA DE LAS EMISIONES DE CO ₂ POR SECTOR. FUENTE: WWW.ENERGIA.GOB.MX , SENER.....	94
GRÁFICO 7—1 GENERACIÓN DE RSU EN MÉXICO (MILES DE TONELADAS). FUENTE: SEDESOL.....	112
GRÁFICO 7—2 COMPOSICIÓN DE RSU EN MÉXICO .FUENTE SEMARNAT, INFORME DE LA SITUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE 2001.....	113



Introducción

Objetivo

El objetivo de esta tesis es proporcionar un panorama de la sustentabilidad aplicable a la edificación en México, los diversos aspectos que la componen y en qué consiste cada uno de estos: energía, agua, residuos, aire y materiales. Se espera que este trabajo brinde una perspectiva al lector, ingeniero o no, para formarse un criterio sobre si es conveniente o no la implementación del concepto de sustentabilidad para futuros proyectos de edificación.

Dados los problemas económicos, cambio climático, explosión demográfica y el ritmo acelerado de vida que tiene la humanidad actualmente, es necesario que con estos problemas haya cambios en la forma y en los hábitos de consumo que tenemos, en estilo de vida y sobre todo la manera en la que hacemos las cosas. Es en esto donde el concepto de sustentabilidad toma fuerza para ser una posible solución a esta problemática, el cual está empleándose de diferente manera y en diversos aspectos de la vida alrededor del mundo.

Con este concepto se trata, no de eliminar la huella dejada por las actividades humanas, sino de atenuar, tan lejos y tan practico como sea posible el impacto de dichas actividades, de tal manera que sea posible soportar para el mundo y para la humanidad misma, su presencia, cuidando tres aspectos generales que son económico, ecológico y social.

Es por ello que lo que nos atañe como ingenieros civiles es cambiar las prácticas viejas por unas que tomen en consideración los tres aspectos mencionados sin que se vea comprometida la calidad, seguridad y costo. Por ello a lo largo de este trabajo se mostrará un abanico de posibilidades como tecnologías, estrategias, prácticas, normatividad y leyes, todo esto mostrado de manera integral y enfocada hasta donde se pudo a nuestro país, México. Todo esto aplicable a proyectos de edificación ya sea edificios de gran tamaño como de vivienda.

Por ello, para la realización de este trabajo se llevó a cabo una exhaustiva investigación bibliográfica con base en libros, artículos, manuales, recursos electrónicos, publicaciones relacionados con la edificación sustentable a fin de integrar un texto que sirva de guía y ayuda para el lector, sea ingeniero o no, con el fin de que se forme un criterio, cuando se le presente algún proyecto sustentable o si está interesado en aplicar algo de esto y vea todas las opciones que pueden aplicarse y tome la decisión de si en verdad la sustentabilidad es conveniente o no, enfocado al ámbito mexicano.

En el primer capítulo se abordará la problemática actual con los recursos naturales y medio ambiente, así como una pequeña reseña de lo que es la sustentabilidad y en qué consiste además de una comparativa entre un proyecto de ingeniería civil tradicional y el nuevo enfoque que está en boga.

En el segundo capítulo se mostrará lo concerniente a normatividad, legislación y leyes, y una breve descripción de lo que trata cada una de éstas, aunque muchas de ellas no guardan relación alguna, pueden tomarse como base para proyectos sustentables de edificación en territorio nacional. También se mencionará lo relacionado con las certificaciones y algunas comparativas de México con otros países

En el tercer capítulo se trata lo referente a la calidad del medioambiente interior, que comprende la calidad del aire principalmente, la iluminación, ruido temperatura. Se mostrarán de qué manera impactan estas variables dentro del edificio en la salud y desempeño de los ocupantes y que se debe tener en cuenta para su mejoramiento.

En el cuarto capítulo se analizan las diversas alternativas existentes para la reducción y reutilización del líquido como son dispositivos, sistemas de tratamiento, cultura del agua, los pros y los contras de la implementación de algunos de ellos.

En la capítulo quinto se muestran algunas consideraciones a tomar en cuentas a la hora de seleccionar los materiales para que estos sean de alguna manera más sustentables. Se muestran los materiales más comunes empleados en la edificación, como se pueden hacer más sustentables y qué criterios se deben emplear. Uno de estos criterios es el LCC (life cycle análisis) que evalúa la sustentabilidad de estos, también se muestran algunas prácticas de diseño empleadas para la reutilización de materiales de la edificación

En el capítulo sexto se tratará la disminución de energía eléctrica y algunas estrategias empleadas para este fin como lo son el diseño pasivo, la envolvente del edificio y sistemas eléctricos como motores, reducción de carga, etc y algunas tecnologías de vanguardia utilizadas para la optimación de energía, analizando sus respectivas ventajas y desventajas, y las consideración para su implementación.

En el séptimo y último capítulo se darán algunas prácticas comunes de como se hace el manejo de residuos al interior de la edificación, que va desde los residuos generados por los ocupantes hasta, considerar a la edificación misma como un residuo, diseñándola edificación desde un principio, para que al termino de sus vida útil, ésta pueda, ser desmontada y desmantelada y reutilizada para futuros proyectos sustentables.



Capítulo 1. Antecedentes

1.1 Breve historia sobre desarrollo sustentable

El concepto de desarrollo sustentable no es nuevo, pero es algo que hoy en día está muy de moda y en muchos de las veces ha llegado a ser mal empleado o tomado muy a la ligera sin saber realmente de que trata y en qué consiste. Este concepto apareció y fue debatido por primera vez en el año 1972 durante la primera reunión celebrada por la ONU conocida como la *Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano*, en Estocolmo.

Se abordó principalmente la problemática del medio ambiente haciendo énfasis en la importancia que tiene para el ser humano y los demás seres vivos. En la Declaración de Estocolmo se plasmaron los principios de lo que sería el desarrollo sostenible o sustentable y la protección del medio ambiente, con recomendaciones y principios a seguir para lograrlo. En esa década para la gran mayoría de los gobiernos no se encontraba dentro sus prioridades tratar este tema, mucho menos contaban con las instituciones capacitadas para ello.

En el año de 1987 la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) publicó el informe denominado “Nuestro Futuro Común” o “Informe de Bruntland”, partiendo de la idea central de que el desarrollo (entendido como económico y social) y el medio ambiente no deben abordarse como partes separadas, para lo cual quedo definido de la siguiente manera:

El Medio ambiente y el desarrollo, no constituyen desafíos separados; están inevitablemente interligados. El desarrollo no se mantiene si la base de recursos ambientales se deteriora. El medio ambiente no puede ser protegido si el crecimiento no toma en cuenta las consecuencias de la destrucción ambiental.¹

En este informe también se da la definición de lo que hoy conocemos como *desarrollo sustentable*:

El desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas.²

Analizando el concepto, éste presenta algunas deficiencias dejando espacios vacíos y prestarse a ambigüedades, que pueden ser interpretadas de diversas formas. Puede ser usado a conveniencia, ejemplo de ello es que algunos empresarios lo interpretan como mantener el mismo

¹ Cita de “Nuestro futuro común”, tomado del Capítulo “Historia del concepto de desarrollo sustentable”, Naina Pierri.

² Traducción y cita del Informe de la CMMAD (Comisión Brundtland): *Nuestro Futuro Común* (Oxford: Oxford University Press, 1987)



ritmo de desarrollo, empleando la misma cantidad de recursos naturales, pero disminuyendo la cantidad de desperdicio.

Durante 1992 se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida también como *Cumbre de la Tierra*, que tuvo como escenario la ciudad brasileña de Río de Janeiro. En ella se aprobaron 5 documentos principales: la Declaración de Río sobre medio ambiente, la Agenda XXI, La Convención marco sobre Cambio Climático, la Convención sobre diversidad biológica, y la Declaración de principios sobre el manejo, conservación y desarrollo sustentable de todos los tipos de bosques.³

Durante este evento hubo algunos retrocesos en los acuerdos logrados en la reunión en Estocolmo, ejemplo de ello fue que algunos países hicieron caso omiso y prefirieron no comprometerse a cumplir con los principios de sustentabilidad, mostrando algunas cosas que los países desarrollados no estaban dispuestos a hacer. Particularmente de lo aprobado en la Agenda XXI, se establecieron los indicadores de sustentabilidad de donde se clasificaron en cuatro categorías: social, económica, ecológica e institucional (**Tabla 1—1**).

Aunque actualmente la última revisión que se hizo de estos indicadores fue en 2005 por la CSD (Comisión de Desarrollo Sustentable, ONU) estos se desglosaron en más categorías, como los indicadores de pulso, de estado y de reacción.

En 2002 se celebró la última convención en materia de desarrollo sustentable. Fue llevada a cabo en Johannesburgo, la cual fue una continuación, por decirlo así, de la Convención de Río, para renovar los compromisos y lo que se había logrado en esta cumbre. Cabe resaltar que los temas abordados en Johannesburgo fueron principalmente el derecho al agua, combate a la pobreza, consumo de energéticos y el cambio a energías renovables, pero sin mencionar el *cómo, cuándo y de qué manera* se cumplirían. Por ejemplo, el tratamiento de las aguas residuales, un plan para países subdesarrollados para disminuir la pobreza, entre otros. Esta cumbre recibió duras críticas principalmente por que no se lograron avances en otros aspectos, así como la falta de presión hacia los países desarrollados a comprometerse más en materia ambiental dejando de lado los aspectos monetarios y la protección de los intereses de particulares.

Actualmente lograr un desarrollo sustentable es un reto que no se ha podido lograr plenamente ya sea por la falta de interés, desinformación o indiferencia. Para algunos empresarios el desarrollo sustentable, más que una manera de atenuar la presencia del hombre en el planeta, es visto más como un negocio y para otros formalidad que hay cumplir para evitar críticas. En este ámbito sólo encuentro tres maneras de hacer las cosas para alcanzar lo que se persigue con el desarrollo sustentable, por decirlo de una manera: “hacer lo correcto, hacer lo importante y hacer lo urgente” actualmente habrá que enfocarnos lo tercero, atacando el problema de raíz, dejar de lado lo discursivo y proponer soluciones temporales que no tengan efecto alguno, proponiendo soluciones integrales, que resuelvan los problemas, a corto como a largo plazo.

³ Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo, 1993, Río 92. Programa XXI



Indicadores de sustentabilidad.	
<p>Aspectos Sociales Combate a la pobreza. Dinámica demográfica y sustentabilidad. Promoción de la educación, la concientización pública y la capacitación. Protección y promoción de la salud humana. Promoción del desarrollo de asentamientos humanos sustentables.</p> <p>Aspectos Económicos Cooperación Internacional para mejorar el desarrollo sustentable en los países, y en sus políticas internas. Cambio de patrones de consumo. Mecanismos y recursos financieros. Transferencia de tecnología.</p> <p>Aspectos Institucionales Integración del ambiente y el desarrollo en la toma de decisiones. Ciencia para el desarrollo sustentable. Instrumentos y mecanismos legales internacionales. Información para la adopción de decisiones. Fortalecimiento del papel de los grupos principales</p>	<p>Aspectos Ecológicos Recursos de agua dulce. Protección de océanos, todo tipo de mares y áreas costeras. Enfoque integrado para la planificación y administración de recursos del suelo. Manejo de ecosistemas frágiles: Combate a la desertificación y la sequía. Manejo de ecosistemas frágiles: Desarrollo sustentable en zonas montañosas. Promoción de la agricultura sustentable y desarrollo rural. Combate a la deforestación. Conservación de la diversidad biológica. Manejo ambientalmente limpio de la biotecnología. Protección de la atmósfera. Manejo ambientalmente limpio de desechos sólidos y aspectos relacionados con aguas servidas (residuales). Manejo ambientalmente limpio de sustancias químicas tóxicas. Manejo ambientalmente limpio de desechos peligrosos. Manejo seguro y ambientalmente limpio de desechos radioactivos.</p>

Tabla 1—1 Indicadores de sustentabilidad. Fuente: Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América

1.2 Problemática actual

Tomando como referencia los principales factores que influyen en la elaboración de los indicadores de sustentabilidad como lo son población, agua, energía, suelo (principalmente la degradación), atmósfera y biodiversidad, mostraré un breve panorama de manera cuantitativa y cualitativa de cada uno estos aspectos algunas proyecciones a futuro.

1.2.1 Población

Entendida como el número de personas habitando en el planeta en un determinado momento, tomando en cuenta los nacimientos, muertes y esperanza de vida de los individuos. La población actual ha alcanzado ya, la cifra oficial de 7 mil millones de habitantes con un crecimiento de 1.22% en el año 2011 y para el periodo 2045-2050 se estima haya una disminución del



crecimiento a un 0.33%. De ser así se estima que la población mundial se ubique en el rango de 7.4 y 10.6 mil millones de habitantes (**Gráfico 1—1**).⁴

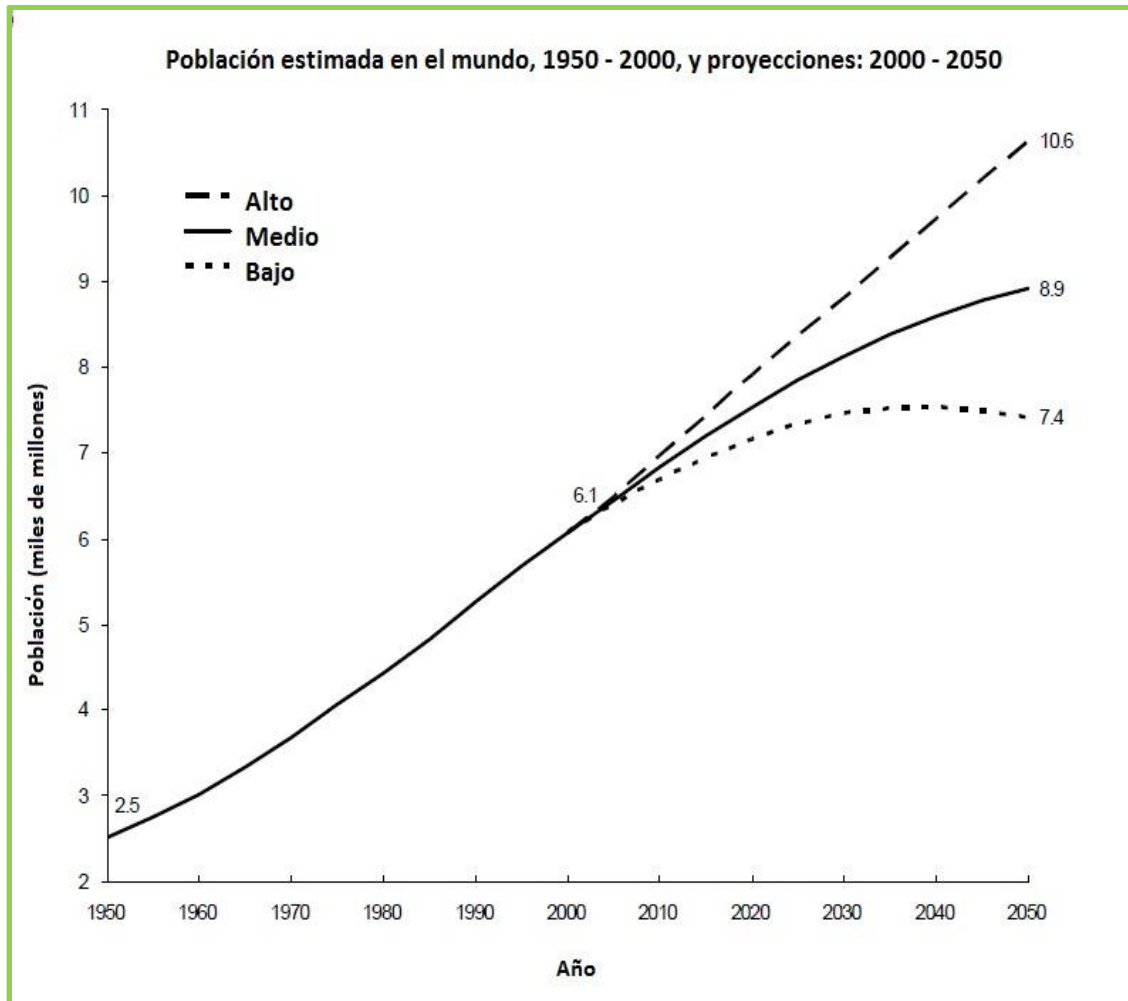


Gráfico 1—1 Población estimada 1950-2000, y proyecciones 2000-2050. Fuente: World Population to 2300, Naciones Unidas

Cabe resaltar que de lo investigado sobre las Conferencias Mundiales de sustentabilidad a i particular punto de vista no se ha tomado en cuenta el aumento de la población, lo menciono por el simple hecho de que la población vista como una sociedad, es uno de los tres pilares fundamentales de la sustentabilidad, ya que al no haber sociedad, no habría razón para hablar de sustentabilidad. Esto referido a que una persona consume recursos y hace uso de ellos para poder vivir como lo son el agua, el suelo para cultivar la comida y para tener alojamiento por ejemplo, y esto de alguna forma repercute de manera directa en el entorno, si esto lo extrapolamos a una población de 10 mil millones para el año 2050. La degradación del planeta para ese año puede resultar catastrófica.

⁴ Datos del informe “World Population to 2300”, según el Department of Economic and Social Affairs Population Division, de las Naciones Unidas



1.2.2 Agua

El agua es el recurso indispensable para que cualquier planeta pueda albergar forma de vida alguna ya que buen porcentaje de los organismos se compone de la misma. Es de suma importancia cuidar el preciado líquido ya que, el agua en el planeta no se agotará, esto es que siempre habrá agua en el planeta de una forma u otra, lo que puede pasar es que en un futuro muy próximo, ésta no esté disponible con las condiciones óptimas para sostener vida, lo cual es el verdadero problema.

El volumen de agua en el planeta se calcula, es de 1400 millones de km^3 , del cual un 2.5% (35 millones de km^3) es agua dulce (**Gráfico 1—2**). De ésta cerca del 70% (24 millones de km^3) se encuentra en los hielos perpetuos (polos, glaciares y montañas), y el otro 30 % está en cuencas subterráneas someras y profundos, humedad del suelo, pantanos y permafrost (tundra), y solo el 0.3% (105 mil de km^3) se encuentra en ríos y lagos (depósitos superficiales) y la atmósfera contiene 13 mil km^3 (**Gráfico 1—3**), (**Gráfico 1—4**). De todo esto el agua disponible para los ecosistemas y consumo humano ronda los 200 mil km^3 (menos del 1%) del agua dulce.⁵

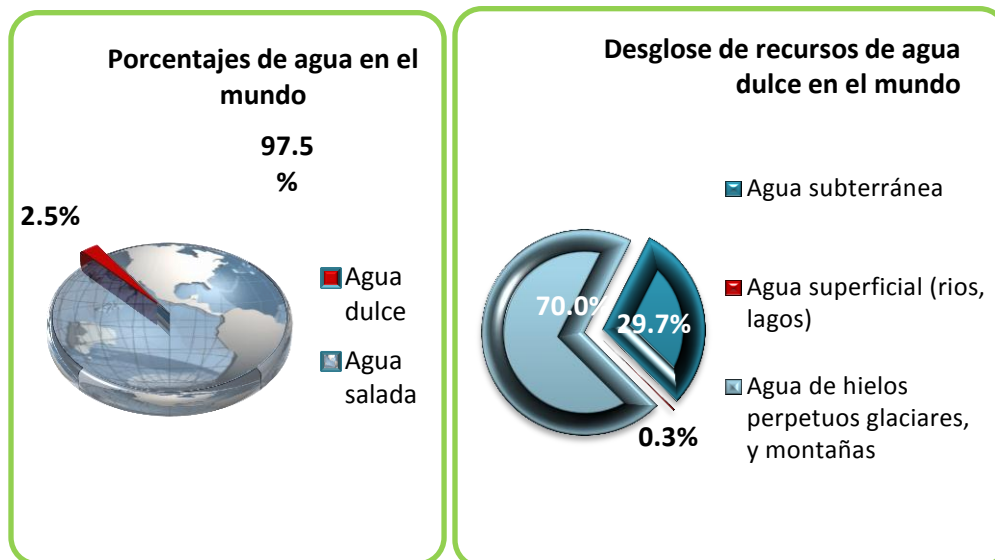


Gráfico 1—2 Porcentajes de agua en el mundo. Fuente: Elaboración propia, basado en datos de UNEP Naciones unidas, <http://www.unwater.org>.

Gráfico 1—3 Desglose de recursos agua en el mundo. Fuente: Elaboración propia, basado en datos de UNEP, Naciones Unidas.

⁵Datos obtenidos de http://www.unwater.org/statistics_res.html, Traducción



Gráfico 1—4 Porcentajes de usos del agua en el mundo. Fuente: Elaboración propia, basado en datos del World Water Assessment Programme (WWAP).

La cantidad de agua mínima requerida para satisfacer las necesidades básicas de cualquier individuo es de 20 l/hab/día (según la FAO), aunque en la realidad más de 1 000 millones de personas en el mundo no tienen acceso a esa cantidad.

Contaminación del agua y degradación medioambiental

Cada día son depositadas 2 millones de toneladas de residuos humanos en cuerpos de agua. En países desarrollados se vierten el 70% de aguas residuales sin tratar lo cual contamina el suministro de agua aprovechable. Desde el año 1900 se ha perdido la mitad de los humedales alrededor del mundo. Se estima que habrá un aumento de nitrógeno en flujos de ríos a sistemas costeros del 20% lo que provocará la acidificación de los mismos y la pérdida de biodiversidad.⁶

Estrés hídrico

El estrés hídrico resulta de un desequilibrio entre el uso del agua y los recursos hídricos. El estrés hídrico depende de la variabilidad de los recursos, provocado por un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobre-explotación, ríos secos, etc.) y calidad (eutrofización, la contaminación con materia orgánica, intrusión salina, etc.).

1.2.3 Biodiversidad

El ser humano no es el único ser vivo que habita en el planeta por lo que parte importante de la sustentabilidad radica en la conservación y preservación de las especies (plantas y animales). Desde hace tiempo, la actividad humana ha causado extinciones masivas. Según la *Environment New Service* en un informe indica que la tasa de extinción de especies en la actualidad es mil veces mayor que la tasa normal y dentro del próximo siglo de seguir con las mismas tendencias puede elevarse a 10 mil. Otro informe de la *Millennium Ecosystem Assessment* nos muestra que se ha

⁶Datos obtenidos de http://www.unwater.org/statistics_pollu.html, Traducción



perdido entre el 10% y el 30% debido a la actividad humana. Y el Fondo Mundial para la Naturaleza (*The World Wide Fund for Nature*) nos dice que el planeta no es capaz de regenerarse al mismo ritmo de demanda que hacemos de él.

Algunos datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) indican:

- ❖ El 75% de la diversidad genética en cultivos se ha perdido
- ❖ 75% de los recursos pesqueros están plenamente explotados o sobreexplotados
- ❖ Más del 70% de las especies que habitan en el planeta son susceptibles de extinguirse, si la temperatura a nivel global aumentará más de 3.5°C.
- ❖ Un tercio de los arrecifes de coral de todo el mundo están en peligro de extinción.

En la “Perspectiva Mundial sobre Biodiversidad 3” de las Naciones Unidas nos dice que la tasa de pérdida de biodiversidad no se ha reducido e incluso va en aumento, debido principalmente a 5 factores recurrentes:

1. La pérdida de hábitat y la degradación
2. El cambio climático
3. Una carga excesiva de nutrientes y otras formas de contaminación
4. La sobreexplotación y el uso insostenible
5. Las especies exóticas invasoras

1.2.4 Atmósfera

Entendida como la capa de gases presentes sobre la superficie terrestre que se mantienen por efecto de la gravedad, la cual está dividida a su vez en varias capas dependiendo de la altura. La atmósfera al igual que el agua es de suma importancia para la conservación de vida en el planeta, ya que de ella depende la regulación de la temperatura, la protección de la radiación solar, el oxígeno necesario para los seres vivos, además que muchos fenómenos naturales que pueden llegar a ocasionar desastres son atribuibles a ella como tornados, huracanes, sequías inundaciones, etc.

Con respecto a la contaminación de la atmósfera existe una gran polémica entre, si el hombre es el causante de los problemas se presentan en la actualidad principalmente el agujero de ozono, o si solo somos actores que nos tocó vivir las circunstancias, lo que sí debe quedar más que claro, es que de alguna forma u otra hemos contribuido recientemente a la contaminación atmosférica desde la Revolución Industrial. Esto ocasionó que desde ese entonces a la actualidad, buena parte de las emisiones de CO₂ provengan de la quema de combustibles fósiles. Este gas es el que más se emplea como un indicador para medir los niveles de contaminación atmosférica. Además del CO₂ existen otros componentes químicos producto de la actividad industrial que son más eficientes para degradar la atmósfera, algunos de ellos como el gas boro o el cloro que afectan principalmente la capa de ozono, otros son tóxicos para los seres vivos si se encuentran en la tropósfera, como el metano, los sulfuros o el ozono.



Las consecuencias de la degradación y contaminación de la atmosfera pueden englobarse en tres problemas principales:

- ❖ Cambio climático: entendido como el aumento de desastres naturales y pérdida de biodiversidad principalmente.
- ❖ Calentamiento global: consecuencia del efecto invernadero, aumento de la temperatura global del planeta.
- ❖ Efecto Invernadero: aumento de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (**Figura 1—1**).



Figura 1-1 Efecto invernadero: nótese el cambio de longitud de onda entre la luz que incide en la superficie terrestre y la que es reflejada por la superficie terrestre una vez que se ha calentado. Fuente: Revista digital universitaria, 2008.

Protocolo de Kioto sobre cambio climático

Es un acuerdo en el que se ven involucrados los países más industrializados, en el cual ya no se ven comprometidos, si no obligados a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), a fin de estabilizar el cambio climático tomando como referencia seis gases que son: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hexafluoruro de azufre, hidrofluorocarbonos y perfluorocarbonos (**Tabla 1—2**).

1.2.5 Suelo

Existen diferentes definiciones y muy variadas, dependiendo del área de estudio, ya sea desde el punto de vista de la geología, la geofísica, la ingeniería civil, la agronomía, la edafología, entre otras. Tomando en consideración algunas de estas áreas, y las palabras en las que concuerdan el suelo se puede definir como:

El conjunto de partículas superficiales resultantes, producto de la degradación de rocas ya sea por medios físicos y/o químicos, de manera natural o por actividades humanas.



GEI	Fórmula química	Potencial de calentamiento (base CO ₂)	Vida media (años)	Principales fuentes
Bióxido de carbono	CO ₂	1	50 a 200	Quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales
Metano	CH ₄	23	12 ± 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, emisiones fugitivas
Óxido nitroso	N ₂ O	296	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos, algunos usos médicos
Hidrofluoro-carbonos	HFC-23	12,000	1.5 a 264	Refrigeración, aire acondicionado, extinguidores, petroquímica, solventes en producción de espumas, refrigerantes y aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	HFC-125	3,400		
	HFC-134a	1,300		
	HFC-152a	120		
	HFC-227ea	3,500		
	HFC-236fa	9,400		
Perfluoro-carbonos	HFC-4310mee	1,500	2,600 a 50,000	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, producción de aluminio, solventes, aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	CF ₄	5,700		
	C ₂ F ₆	11,900		
	C ₄ F ₁₀	8,600		
Hexafluoruro de azufre	C ₆ F ₁₄	9,000	3,200	Aislante dieléctrico, refrigerante industrial, producción de aluminio, magnesio y otros metales, producción y uso de halocarbonos
	SF ₆	22,200		

Tabla 1—2 Gases de efecto invernadero y sus principales fuentes de generación en México.

Fuente: SEMARNAT, <http://www.semarnat.gob.mx/programas/Documents/PNPGIR.pdf>

Actualmente los principales procesos de degradación del suelo se deben principalmente a la erosión (hídrica o eólica) y la degradación (química, física). Debido a esto en 1991 se firmó un acuerdo en la Convención de las Naciones Unidas para Lucha contra la Desertificación (CNULD), (Tabla 1—3).

Algunos datos del PNUMA (Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente) nos muestran que de las principales causas de la degradación del suelo con sus respectivos porcentajes son:

- ❖ Sobrepastoreo 35%
- ❖ Deforestación 30%
- ❖ Actividades agrícolas 27%
- ❖ Sobreexplotación de vegetación 7%
- ❖ Actividades industriales 1%

La degradación del suelo tiene como consecuencias: aumento de su composición química pudiendo hacer que torne tóxico, pérdida física del mismo, pérdida de la capacidad de retención, aumento en la erosión y desertificación, liberación de GEI a la atmósfera retenidos en su estructura, entre otras.

Lo que nos compete a nosotros como ingenieros civiles es saber con qué porcentaje contribuimos al deterioro de estos factores, porque durante el ejercicio de la profesión se



demanda de muchas materias primas como metales, petróleo (plásticos, polímeros, etc.), madera, etc. porque para la obtención de estos tenemos que echar mano de la naturaleza.

Extensión de la degradación	Causas
580 millones de ha.	La deforestación - vastas reservas de bosques han sido degradadas por la tala a gran escala y el desmonte para uso agrícola y urbano. Más de 220 millones de hectáreas de bosques tropicales fueron destruidos durante 1975-90, principalmente para la producción de alimentos.
680 millones de ha.	El sobrepastoreo - alrededor del 20 por ciento de las pasturas en el mundo y los pastos han sido dañados. Las pérdidas recientes han sido más graves en África y Asia.
137 millones de ha.	El consumo de leña - alrededor de 1 730 millones de m ³ de leña se cosechan anualmente de los bosques y plantaciones. La madera es la principal fuente de energía en muchas regiones en desarrollo.
550 millones de ha.	La mala gestión agrícola - la erosión del agua provoca la pérdida de suelo se estima en 25 000 millones de toneladas anuales. Salinización y sobresaturación del suelo afectan a cerca de 40 millones de hectáreas de tierras a nivel mundial.
19,5 millones de ha.	Industria y urbanización - el crecimiento urbano, la construcción de carreteras, la minería y la industria son factores importantes en la degradación de tierras en diferentes regiones. La valiosa tierra agrícola se pierde a menudo.

Tabla 1—3 Extensión y causas de degradación del suelo. Fuente: FAO, 1996, GEO: Global Environment Outlook 3

1.3 Desarrollo Sustentable e ingeniería civil

1.3.1 El ingeniero civil

Definiciones de ingeniero civil existen muchas y muy variadas, que van desde definiciones de las cuales hay unas que son a manera de mofa y otras muy técnicas, pero muchas de ellas no satisfacen las tendencias actuales. Una que me parece de las más acertada y próxima es la la siguiente (Mendoza, 2005)

Ingeniero Civil, es el profesional capacitado con los conocimientos físico-matemáticos, que le permiten transformar óptimamente los recursos para la realización de obras civiles de servicio colectivo, tales como: caminos, puentes, ferrovías, canales, terminales aéreas y marítimas, donde cubre las etapas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las mismas.

El Ingeniero Civil se desenvuelve dentro de un marco legal establecido, que trata d garantizar básicamente la seguridad y economía de las obras y la preservación del medio ambiente.

Está muy cerca de lo que es un concepto de sustentabilidad pero se dejó un poco de lado el aspecto social, para lo cual habría que agregar a esta definición:

El ingeniero debe ser capaz de lograr el equilibrio durante el desarrollo de la profesión en los sentidos, económicos, ecológicos y sociales, con un amplio criterio obedeciendo los estatutos y



estándares que para ello se soliciten, con el fin de lograr alcanzar un desarrollo integral y sustentable en todos los sentidos.

Aunque la ingeniería civil tal y como la conocemos hoy tiene sus inicios entre el siglo XIX y siglo XX, ya desde la época de las culturas más antiguas como los egipcios pueden verse vestigios de obras de ingeniería como canales de riego para la agricultura, las pirámides. Con los griegos y romanos toda la infraestructura, como la edificación de templos, plazas, acueductos y el Coliseo Romano, o la red de agua potable y drenaje que siguen funcionando hoy en día. No fue sino hasta el año de 1792 cuando se fundó en Francia la que se puede llamar la primera escuela de ingeniería civil llamada la *Escuela de puentes y caminos*.

Con el paso de los siglos, los métodos y procesos de edificación y construcción se han mejorado gracias al empleo de maquinaria y tecnificación de alguno de ello con ayuda de otras disciplinas como la electrónica, mecánica y más recientemente la robótica. Algunos no han modificado mucho sus principios tomemos como ejemplo los sistemas de drenaje, desde la época del imperio romano, hasta nuestros días las redes de drenaje y agua potable no han sufrido muchas variaciones diseñando y construyendo bajo los mismos principios de gravedad, otro ejemplo serían los muros de mampostería que se siguen erigiendo igual que hace 2 mil años, con hilo y plomada.

El auge del desarrollo tecnológico de la humanidad se dio con la primera Revolución Industrial, en la que se buscó enriquecimiento extremo, dando como resultado como se dijo un crecimiento más no un desarrollo, dejando los factores sociales de lado y no se diga los ecológicos.

Como se dijo antes fue hace 40 años, cuando se tomó consciencia de que los recursos naturales del planeta eran finitos, no en términos absolutos sino en términos relativos, (entendido como el tiempo que exista humanidad, ésta se pueda servir de ellos) además que la capacidad de renovación de los mismos tenía un límite, que hoy en día se ha sobre excedido.

Actualmente se están comenzando a realizar esfuerzos, desarrollando distintas formas de poder llevar a cabo las actividades humanas de una manera sustentable. Y en nuestro caso la ingeniería civil no es ajena a ello, resaltando particularmente el sector de la edificación que de todas las ramas es la que posee los niveles de mayor impacto. Algunas propuestas para mejorar la sustentabilidad en este sector van desde la implementación de procedimientos técnicos y nuevas tecnologías, hasta la elaboración de normas, leyes y reglamentos, apoyos económicos por medio de incentivos por parte de gobiernos y organizaciones, y de muy reciente aparición las certificaciones. Ejemplo de ello es que en el año 1994 aparece el concepto de “construcción sostenible” propuesto por el Consejo Internacional de Edificación (Conseil International du Bâtiment, CIB) definida como:

“La creación y operación de un ambiente sano basado en el uso eficiente de recursos y en principios ecológicos.



Esta definición puede ser aplicada particularmente a la rama edificación ó construcción. Pero para la ingeniería civil como tal es necesario renovar la manera en que se desarrolla la profesión, con el fin de cumplir con los nuevos requisitos y las nuevas tendencias a fin de desarrollar un proyecto integral que cumpla tanto en el aspecto de la sustentabilidad como con los requisitos específicos del proyecto, cumpliendo con los estatutos, leyes y estándares propios de la de cada proyecto.

1.3.2 Principios del origen del concepto *desarrollo sustentable*

El desarrollo sustentable parte de la idea de que los recursos en la actualidad son finitos y además y que se han ido agotando debido la sobreexplotación de los mismos. Algunas de causas detonantes del origen del concepto fueron (Gómez, 2007)

- ❖ El consumo desmedido excesivo de la población, fomentando una cultura de desperdicio, sin tomar en cuenta a las próximas generaciones.
- ❖ Un pensamiento retrógrado a corto plazo buscando los máximos beneficios económicos, fomentado por las malas políticas por parte de gobiernos y empresarios.
- ❖ Aumento de intereses particulares, por parte de empresarios y gobiernos sin considerar la equidad y el bienestar social
- ❖ Crecimiento no planificado, desmedido y sin regulación de la mancha urbana y la población, debido a cambios indebidos en el uso de suelo, lo que trae como consecuencia mayor movilidad y desplazamiento de las sociedades.
- ❖ Centralización y concentración de todas las actividades en ciudades capitales (principalmente) llevando al congestionamiento en unas partes y desatender otras.
- ❖ Pobreza y desigualdad social, falta de acceso a servicios básicos como agua, alimentos, educación, salud etc.

1.3.3 Limitaciones y obstáculos del desarrollo sustentable

Hoy en día hablar de la sustentabilidad ha llegado a veces a perder sentido, ya que muchas empresas e instituciones se han encargado por medio de la publicidad y el mercadeo de pervertir el significado de la palabra, como se dijo anteriormente para obtener por sobretodo beneficios económicos, haciendo perder todo sentido de la palabra reduciendo la brecha entre algo que se pueda llamarse sustentable y lo tradicional. Para ello es necesario replantearnos el concepto y plantear unas buenas bases, establecer conceptos de manera clara, sencilla, y concisa a fin de evitar las malas interpretaciones, para ello habrá de acotarse el concepto de manera que no se pueda corromper y pervertir tan fácilmente para poder lograr realmente el desarrollo sustentable. Algunas limitantes, críticas y obstáculos del desarrollo sustentable se enumeran a continuación (Erias & Álvarez-Campana, 2007):

- ❖ Pensar en satisfacer a generaciones futuras cuando no es posible siquiera satisfacer a las actuales.
- ❖ No es posible medir cantidad y calidad de los recursos a largo plazo ni tampoco saber con certeza si aumentará o disminuirá la población y el consumo de recursos.



- ❖ Cada país tiene diferentes prioridades y resolverá sus conflictos de manera que crea más conveniente.
- ❖ Se da mayor prioridad al politiquero⁷, que a políticas en materia medioambiental.
- ❖ Inversiones millonarias y obscenas en compra de armas, la lucha contra el terrorismo y narcotráfico por mencionar algunas y otras tantas que tienden a lo absurdo⁸.
- ❖ El avance tecnológico está perdiendo el enfoque, encauzando sus esfuerzos más hacia la eficiencia energética, en vez de mirar hacia otras alternativas que provengan de fuentes no convencionales.
- ❖ Que haya crecimiento no conduce al desarrollo sustentable.
- ❖ Las mejoras en la eficiencia del uso de energía y materiales pueden resultar contraproducentes resultando en un incremento en el uso de recursos y la generación de residuos.
- ❖ La sustitución de las energías y materiales actuales empleados resulta complicada, por lo cual no se pueden prescindir de ellos.
- ❖ Algunos ecosistemas han sufrido daño irreversible, lo que ocasiona que no podamos hacer empleo de estos.
- ❖ La aparición de nuevas tecnologías ha modificado el entorno de maneras que no hemos imaginado.
- ❖ Sustentabilidad y seguridad-confiabilidad crean “conflictos” en este tipo de proyectos.

1.3.4 Pilares del desarrollo sustentable

Conocidos por algunos como la *triple bottom line* (traducido como Triple Línea de Fondo), viene siendo los tres pilares que son “people, planet & profit”⁹ (3P) es el modelo más empleado explicar en qué consiste la sustentabilidad. Básicamente se trata de un diagrama de Venn, en el que se superponen los tres pilares, quedando una región central que abarca parte de los mismos donde se logra la sustentabilidad.

Se parte de ella teniendo una visión a largo plazo, por aquello de las generaciones futuras y se busca lograr un equilibrio entre las tres. Las áreas superpuestas fuera del área de sustentabilidad pueden tener varias interpretaciones, para ello empleé las más comunes. Con esto se trata de dar un panorama de cuanto se ven implicados cada pilar en el proceso, a veces asignando un valor económico.

Para ello se muestra una imagen tradicional del *Triple bottom Line* rodeada por otros factores que se podrían obstaculizar del desarrollo sustentable, que son el tecnológico, y el institucional gubernamental.

⁷Participación en política con intenciones superficiales o para beneficio propio.)

⁸ En 2008, según el informe anual del Instituto Internacional de Investigación para la Paz (SIPRI), con sede en Estocolmo, cada segundo la humanidad gastaba en armamento la cifra de 35.120 euros (1.107.550 millones de euros al año, equivalente a 3.034 millones de euros al día).

⁹Traducido como gente, planeta y beneficios en el aspecto monetario, para lo cual se tratarán como aspectos económicos, sociales, ecológicos.



El primer factor porque no se ha explotado mucho aún, además la falta de desarrollo lo limita y el segundo factor aunque puede considerarse que es parte del pilar social, muchas veces actúa y se puede considerar ajeno a éste. Limita porque su principal función es la de aprobar e implementar medidas que pueden o no afectar el desarrollo de un país (Figura 1—2)..

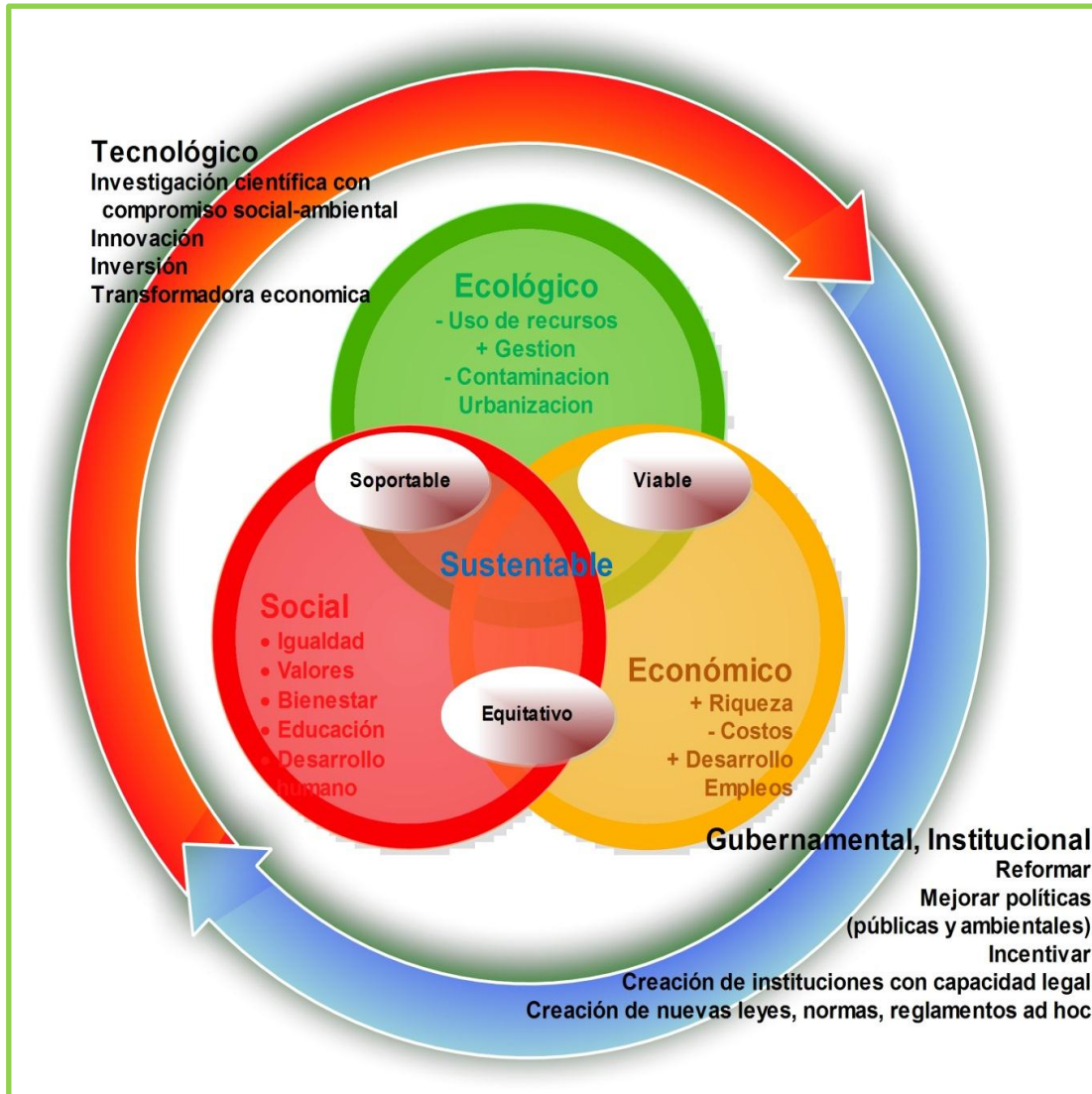


Figura 1-2 Tres pilares fundamentales de la sustentabilidad o Triple Line bottom. Fuente: Elaboración propia, basado en Universidad de Michigan, Sustainability Assessment, 2002.

1.3.5 Impactos de la industria de la edificación

Los impactos de la edificación abarcan diversos ámbitos, ya sea de manera directa o indirecta. Tomando en consideración que la mayor parte de los impactos se dan durante las etapas de operación que abarca el periodo de vida útil y demolición, debido en gran parte al consumo de recursos (energía y agua principalmente) y la generación de desechos (GEI y residuos sólidos),

contrario a lo que se podría pensar, que el mayor se da al momento emplear recursos para extraer las materias primas para la construcción (**Tabla 1—4**).

Instalaciones	20 años
Edificios	50± años
Infraestructura (carreteras, ferrocarriles)	100 ± años
Ciudades	500 ± años

Tabla 1—4 Vida útil media de elementos de la edificación. Fuente: Elaboración propia, Edwards, 2004.

La vida útil dependerá también de lo que indiquen los reglamentos y normas de construcción y edificación aplicables en cada país, para lo cual habrá de considerarse que, la relación vida útil-sustentabilidad es directamente proporcional.

A continuación se muestran algunos datos estadísticos sobre el consumo de recursos y generación de desechos por parte del sector de la edificación (**Tabla 1—5**) y (**Tabla 1—6**).

Recursos globales	
Recursos	Uso de la edificación
Energía	50%
Agua	42%
Materiales	50%
Agricultura y pérdida de suelo	48%
Arrecifes de coral (destrucción)	50%
Contaminación global	
Calidad de aire de edificaciones	24%
GEI	50%
Contaminación de agua potable	40%
Desperdicios en vertederos	20%
CFC y HCFC's	50%

Tabla 1—5 Impacto medioambiental de las edificaciones. Fuente: Pers. Com. C. MacLeod, Universidad de Tasmania

Consultando diversas fuentes los porcentajes varían muy poco, el único porcentaje que difiere en la mayoría de las fuentes consultadas es el consumo de agua ya que al observar el Gráfico 1—4 la mayor del uso se destina a la agricultura para riego y la industria, por lo que el uso en la edificación debe ser menor de un 20%.

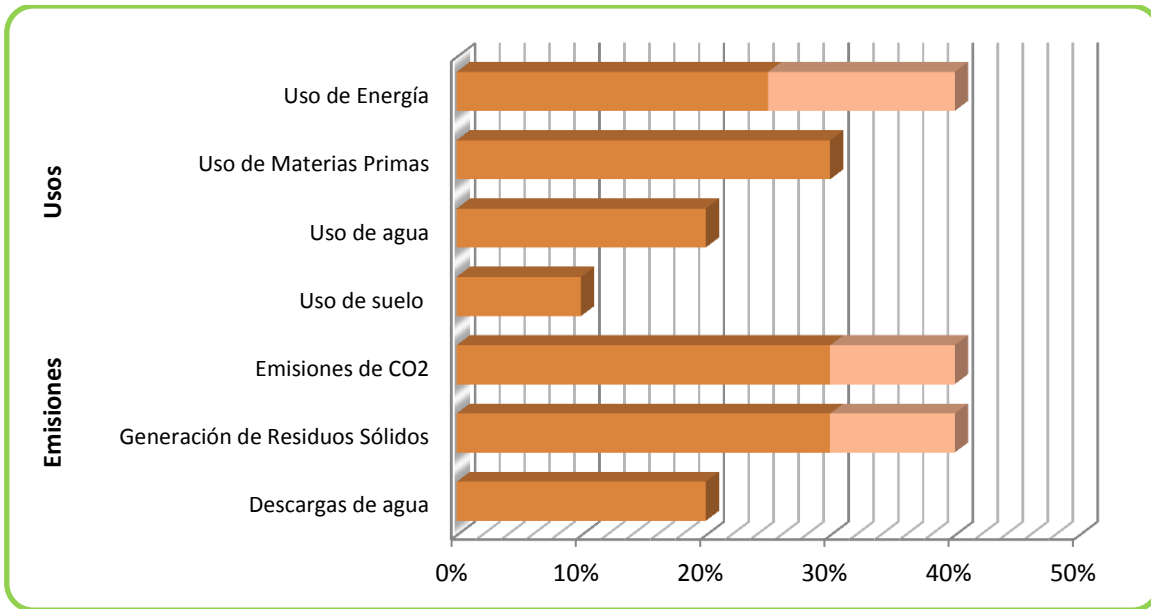


Tabla 1—6 Porcentajes de uso de recursos del sector de la edificación. Fuente: Planet, People, Prosperity - Our commitment to sustainable construction, <http://www.isover.com/Documentation>

1.3.6 Diferencia entre las etapas de la edificación tradicional las de edificación sustentable

Retomando algunas ideas y conceptos a grosso modo y de manera esquemática se muestra a continuación las etapas de un proyecto de edificación que podemos llamar *tradicional*. (Figura 1—3).

Como podemos observar las etapas tienen un orden lógico, la etapa uno, nos lleva a la etapa dos, las dos a la tres y así sucesivamente. En la práctica, es común que los ingenieros civiles se especialicen en una o dos de estas etapas.

Haciendo alusión a una frase muy usada en el campo de la construcción que dice: *el que diseña, no construye*, toma cierta relevancia, porque en la práctica la mayor parte del tiempo entre colegas ingenieros y el personal de otras áreas se desconoce la labor que desempeñan los demás y no decir de otras profesiones, ya que no existe un flujo de información y buena comunicación. Por tanto el esquema presentado relega mucho a los individuos a conocer su área, y desconocer las demás dando como consecuencia no tener una visión global del proyecto. Este esquema emplea una visión a corto plazo dependiendo del tipo de proyecto, por lo que podemos englobar los objetivos de un proyecto en tres principales que son: costo, calidad y tiempo

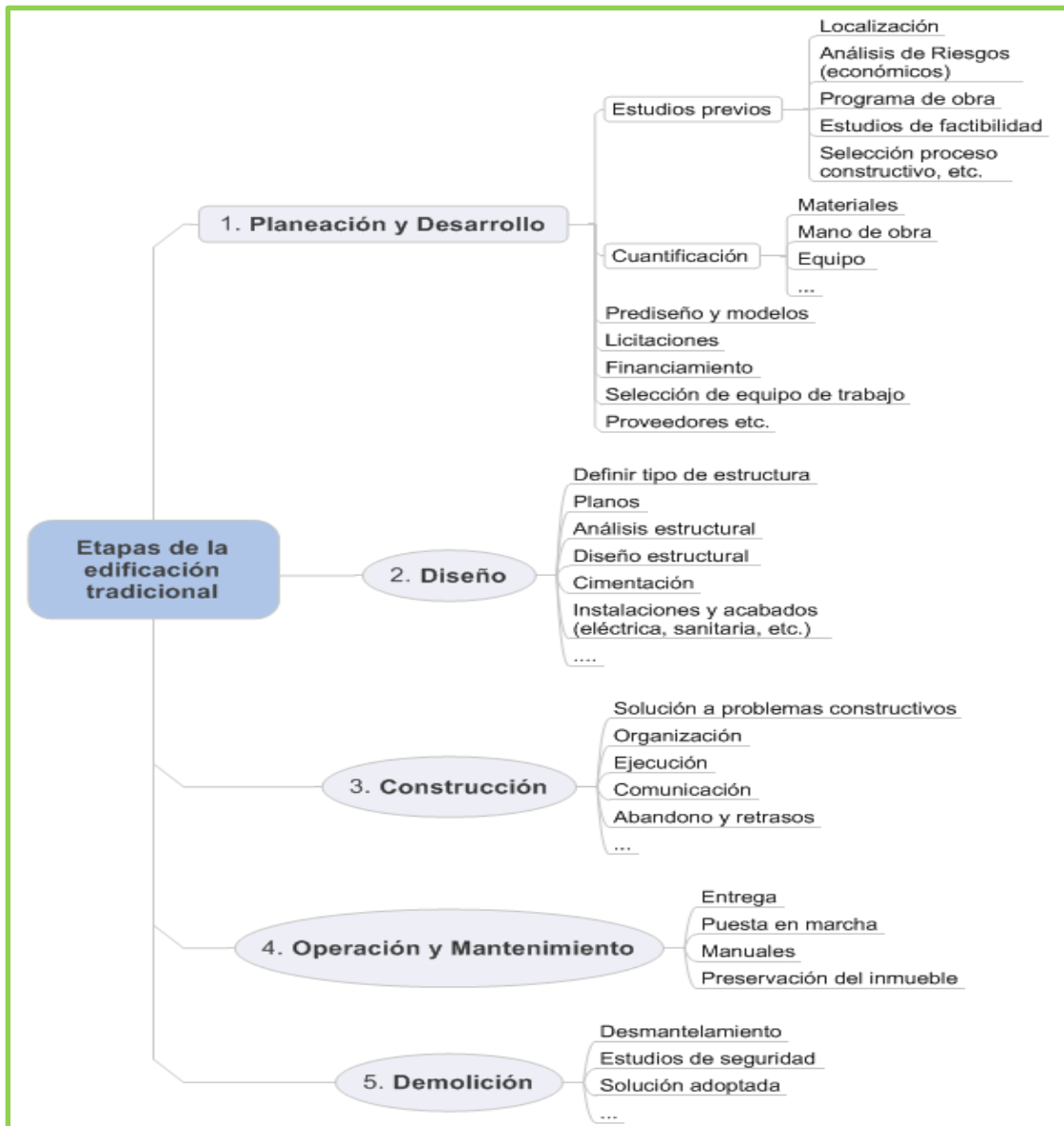


Figura 1-3 Etapas de la edificación tradicional. Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto importante es la etapa de demolición, en la cual no se contempla que se hará con los desechos productos de la misma, además que esta etapa se realiza mayormente en países desarrollados, que en países menos desarrollados, dentro de ellos se encuentra México por ello es necesario dejar de lado la proyección a corto plazo y enfocarnos en una a largo plazo, recordando el concepto de vida útil mencionado anteriormente, mayor vida útil mayor sustentabilidad.

Debido a ciertas características de la industria de como por ejemplo, la rotación continua del personal y la licitación de obras a diferentes empresas presenta problemas, como la falta de flujo de información, lo cual puede resultar en conflictos internos y en el peor de los casos en



abandono del proyecto. Por estas y otras cuestiones se tendría que hacer análisis muy detallados para optar por un esquema diferente del tradicional a uno más actual.

Por ello el esquema tradicional ya está más que rebuscado, en mi opinión, cayendo en lo obsoleto, por ello hay que replantear la manera de hacer las cosas. Hoy día tomar una posición particular y asilada no ayuda en mucho a desempeñarnos como ingenieros, este debe ser de manera multidisciplinaria colaborando a la par con colegas ingenieros y también con personas de otras disciplinas como licenciados, arquitectos, químicos, técnicos, expertos de la salud, gente común etc., para lograr un trabajo sinérgico de manera integral y consensuada.

Dicho lo anterior en el siguiente diagrama a grosso modo se muestra un nuevo enfoque retomando algunas ideas y conceptos de (Kibert, 2009), el proceso *charrete*¹⁰ y la metodología SNAP¹¹, (**Figura 1—4**).

Comparando con el esquema tradicional las etapas se mantienen solo habría que agregar la opción de que una vez que cumple su periodo de vida útil, haciendo análisis (estructural, de costos etc.) se puede decidir si es susceptible o no a ser modificada para otros usos.

En cuanto a las características difieren mucho por lo cual explicaré de manera breve cada una de ellas.

Tripartita.- influyen directamente los dueños y aquellas personas encargadas de realizar el proyecto (disciplinas involucradas), gobiernos (estatales regionales municipales), pero no de manera administrativa, más bien participativa y también los grupos sociales y comunidades donde se planea ejecutar el proyecto de edificación.

Multidisciplinario.- dicho anteriormente deben actuar todos y cada uno de manera sinérgica para ahorra tiempos, reducir costos y evitar redundancia en actividades.

Consensuado.- Al ser tripartita, cada parte involucrada debe estar de acuerdo y satisfecha con la solución adoptada.

Iterativo.- Con un equipo multidisciplinario se deben proponer soluciones hasta llegar al punto de equilibrio que se acerque más a la sustentabilidad.

Intercomunicado.- en todas las etapas del proyecto debe existir un flujo continuo de información, primordialmente en las primeras 2 etapas en las cuales es donde existe un mayor número de personas involucradas, a fin de saber qué actividades le corresponden a cada quien y en dado caso de haber conflictos resolverlos de manera rápida y eficaz.

¹⁰ Un “charrette” es un proceso colaborador de diseño que se puede usar para promover la discusión, la identificación de problemas y necesidades, la repartición de ideas y el desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles. Muchas veces este proceso involucra una serie de talleres públicos, grupos focales y asambleas comunitarias durante los cuales los participantes logran consenso en cuanto a un plan para el futuro de la comunidad. – Definición de <http://edis.ifas.ufl.edu/cd028>

¹¹ Presentación **SNAP: Diseño, Planificación y Ejecución acelerada de proyectos** de Fabián Szulanski <http://ciberconta.unizar.es/LECCION/snap/>

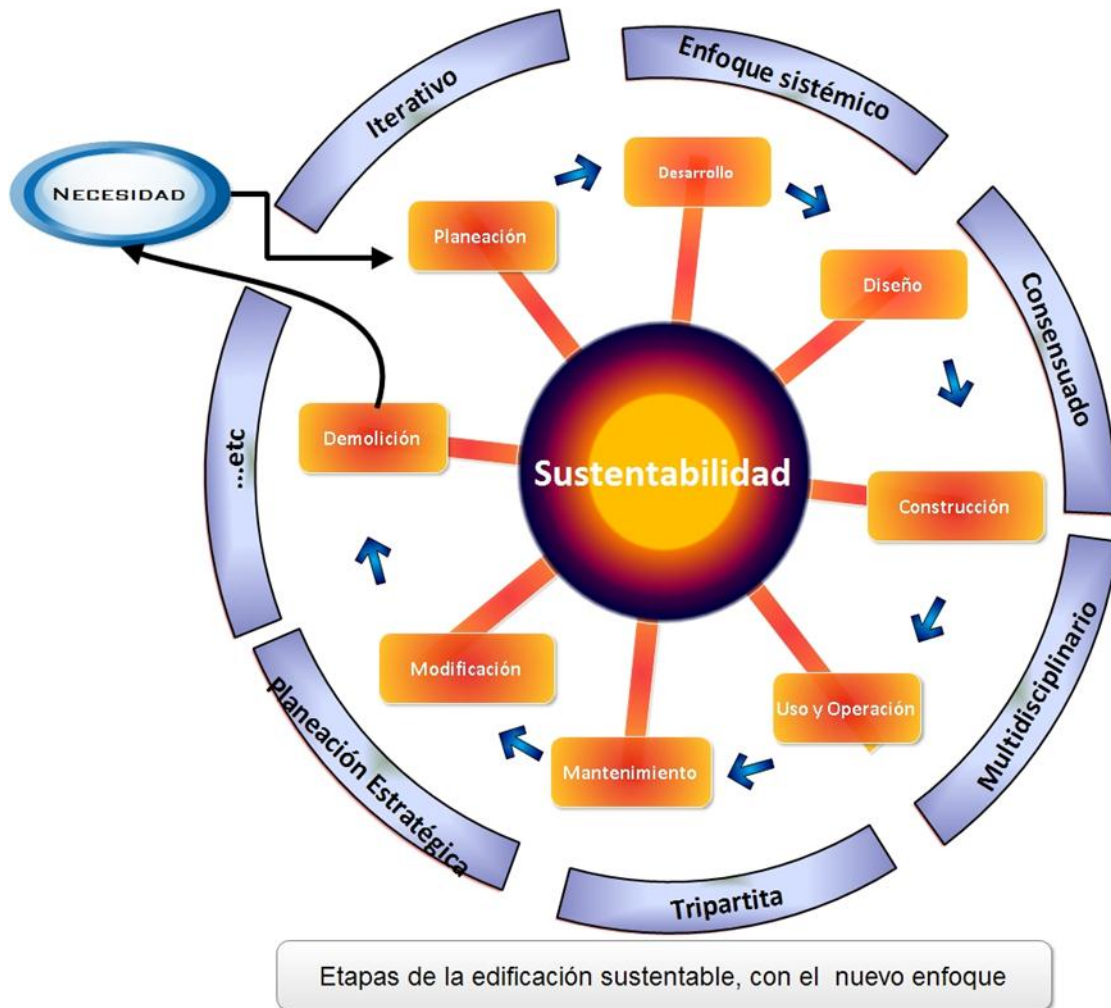


Figura 1-4 Etapas de la edificación sustentable. Fuente: Elaboracion propia.

Los principios de la edificación sustentable fueron propuestos por el CIB, y aplica en todo el ciclo de vida de la edificación como se mostró en la figura desde el principio hasta el fin, los cuales también son aplicables a los insumos necesarios durante las etapas de construcción y operación de la edificación (Tabla 1—7)..

✓	Reducir consumo de recursos
✓	Reutilización de recursos
✓	Empleo de recursos reciclables
✓	Proteger la naturaleza
✓	Eliminación de productos tóxicos
✓	Aplicación del análisis “costo-ciclo de vida”
✓	Centrarse en la calidad

Tabla 1—7 Principios de la edificación sustentable. Fuente: Kibert, 2009.



Capítulo 2. Legislación, normatividad y certificación aplicables en México

En este capítulo se tocará de manera muy simple el marco legal existente, relacionado al título de este capítulo sin hacer una búsqueda y análisis exhaustivo ya que escapa a los alcances de esta tesis.

El concepto de desarrollo sustentable podría decirse que implícitamente se encuentra en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 27 párrafo tercero:

*“La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad las modalidades que dicte el interés público, así como el de **regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población ; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico , para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades, para el desarrollo de la pequeña propiedad rural ; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad”.***

Dando una buena interpretación al texto resaltado y comparado con la definición mencionada en el Capítulo 1 podemos decir que se trata de una definición completa de desarrollo sustentable, porque se dan prioridades a la riqueza pública, las condiciones de vida de la población y el equilibrio ecológico. De este artículo derivan algunas leyes que tienen que ver con materia de sustentabilidad enfocadas principalmente al aspecto ambiental y muy recientemente algunas reformadas tomando en cuenta los tres aspectos, como lo son algunas que se presentan a continuación.

2.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Actualmente en México existe variedad de leyes en cuanto materia ambiental se refiere. Esto tuvo origen con la aparición en los años ochenta de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Pero no fue hasta el año de 1996 con la reforma de la LGEEPA en el que el concepto de desarrollo sustentable fue incorporado como lo conocemos en México:

“El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en



medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección al ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras (D.O.F., 13 de diciembre, 1996).

Como consecuencia de la aparición de esta ley se crearon diversas instituciones como la Comisión Nacional del Agua (CNA), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Instituto Nacional de Ecología (INE), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesqueros (actualmente SEMARNAT).

Además también hicieron aparición nuevas leyes para reforzar de alguna manera la ya existente LGEEPA como lo fueron la Ley Forestal, Ley General de Bienes Nacionales y la Ley General de Vida Silvestre

En resumen, la LGEEPA tiene como objetivos la preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable del suelo, atmósfera, agua y recursos naturales así como a la protección al ambiente en el territorio nacional, prevención de la contaminación y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, además de dar los lineamientos a seguir para el cumplimiento de estos objetivos.

2.2 Ley de Aguas Nacionales (LAN)

Como dice su artículo primero tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.¹²

Con ello se busca principalmente lograr el equilibrio de los recursos hidrológicos de una cuenca, tomando en cuenta el escurrimiento natural y el número de habitantes sin que disminuya la cantidad y calidad del agua, algo que no sucede en los asentamientos urbanos, ya que actualmente existe un gran déficit entre la cantidad de agua infiltrada y la cantidad sustraída, lo que ocasiona hundimientos diferenciales como sucede en el Valle de México otras grandes ciudades del país, así como un desequilibrio en el ciclo hidrológico. En términos de calidad la mayor parte de cuerpos de agua nacionales superficiales se encuentran contaminados¹³ debido a la actividad humana, principalmente los desperdicios, contaminación del suelo y en cuanto a las aguas subterráneas se contaminan por el fenómeno de intrusión salina¹⁴

¹² El desarrollo sustentable en materia de recursos hídricos según esta. el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras. *Ley de Aguas Nacionales art. 3*

¹³ De acuerdo con cifras de la Comisión Nacional del Agua, alrededor de 93% de las aguas en los principales ríos, lagos y presas están contaminados en algún grado.

¹⁴ La intrusión salina se puede definir como el aumento de la salinidad en las aguas subterráneas en contacto con el mar provocado por actos humanos, siendo por lo tanto un caso particular de la contaminación de los recursos hídricos subterráneos.



2.3 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

Sus objetivos son garantizar un ambiente adecuado, propiciar el desarrollo sustentable mediante el manejo y gestión integral de residuos (urbanos, sólidos y peligrosos), para prevenir la contaminación ocasionada por los mismos.

Con ello se busca la participación de todos los sectores de la población, así como el establecimiento de las normas y procedimientos a seguir para alcanzar los objetivos antes mencionados, además también de las políticas y sanciones aplicables por incumplimiento de los mismos.

Como lo definen sus principios, la ley está enfocada al aprovechamiento sustentable de los residuos aplicando el principio de las tres erres “3R” (reducir, reciclar y reutilizar), con ello se pretende obtener ahorro de energía, agua y materiales en los procesos de producción de materias primas, en productos o en el aprovechamiento de materiales usados con valor económico y de uso, lo que da como resultado un proceso cíclico de los materiales similar al proceso de edificación con un nuevo enfoque mencionado anteriormente la **(Figura 1-4)**.

2.4 Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética

En esta ley el Estado mexicano se compromete a promover la eficiencia y sustentabilidad energética, y la disminución de la dependencia de la energía actual proveniente de los hidrocarburos. Existe también la “Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía”, que son complementarias.

En ella se citan las principales fuentes de energía renovables, de las cuales la mayor parte pueden ser consideradas sustentables.

- ❖ El viento.
- ❖ La radiación solar, en todas sus formas.
- ❖ El movimiento del agua en cauces naturales o artificiales.
- ❖ La energía oceánica en sus distintas formas, a saber: maremotriz, maremotérmica, de las olas, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal.
- ❖ El calor de los yacimientos geotérmicos.
- ❖ Los bioenergéticos, que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.
- ❖ Aquellas otras que, en su caso, determine la Secretaría.

Aunque el potencial del país en cuanto a energías renovables se refiere es muy alto, principalmente en la obtención de energía eólica, solar y mareomotriz, actualmente estas energías limpias no han sido del todo explotadas, pese a que existe una parte de la infraestructura



dedicada a ello aún queda mucho por hacer para disminuir un porcentaje considerable de la energía proveniente de los combustibles fósiles.¹⁵

2.5 Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos

Esta ley es complementaria a la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. Su fin como así lo indica en su artículo primero es:

Coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable como condiciones que permiten garantizar el apoyo al campo mexicano.

Con ello se trata de incentivar y apoyar de manera económica a la agricultura y el campo, para la producción de materias para posteriormente producir a partir de ellas biocombustibles líquidos, biomasa sólida y biogás, que al ser quemados sirven como fuentes alternas de producción de energía. Esto con el fin de impulsar el desarrollo regional y la economía mejorando la calidad de vida y procurando reducir emisiones contaminantes al ambiente (GEI), sin dejar de lado la seguridad alimentaria.

Sus ejes rectores constan básicamente de 3 partes las cuales a partir del empleo de los biocombustibles son:

- ❖ Apoyar el desarrollo al campo
- ❖ Disminuir el impacto ambiental
- ❖ Tener una seguridad energética

Esto se presenta como una alternativa a la dependencia de los combustibles fósiles, siendo necesario el desarrollo de tecnología para poder hacer uso eficiente de ellas y un análisis de los factores que se ven involucrados para la obtención de ésta bioenergía, principalmente el agricultor y el campo para el desarrollo de políticas adecuadas.

2.6 Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS)

Como lo indica su artículo primero párrafo 2 y 3 consiste en:

Sus disposiciones son de orden público y están dirigidas a: promover el desarrollo rural sustentable del país, propiciar un medio ambiente adecuado, en los términos del párrafo 4o. del artículo 4o.; y garantizar la rectoría del Estado y su papel en la promoción de la equidad, en los términos del artículo 25 de la Constitución.

Se considera de interés público el desarrollo rural sustentable que incluye la planeación y organización de la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, y de los demás bienes y servicios, y todas aquellas acciones tendientes a la elevación de la calidad de vida de la población rural, según lo previsto en el artículo 26 de la Constitución, para lo que el Estado tendrá la participación que determina el presente ordenamiento, llevando a cabo su regulación y fomento

¹⁵ Aunque el potencial eólico que hoy tiene México sería suficiente para satisfacer toda la demanda del país, el reto es alcanzar los 12 mil megawatts de capacidad instalada antes de 2020, según cifras del secretario general del Consejo Global de Energía Eólica (GWEC, por sus siglas en inglés),

en el marco de las libertades ciudadanas y obligaciones gubernamentales que establece la Constitución.

Aunque en su contenido no se estipula los mecanismos, procedimientos o lineamientos de cómo lograr alcanzar el desarrollo, ni la valoración del mismo.

En lo referente a legislación aplicable a la edificación sustentable, así como existe en México la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, no existe un equivalente, como una “ley de desarrollo urbano sustentable”, siendo que de la mancha urbana provienen los mayores impactos tanto económicos, ecológicos y sociales, más que los que provienen del medio rural.

Complementario con la normatividad y legislación antes mencionada habrá de tomarse en consideración los reglamentos correspondientes de cada ley, algunos tratados internacionales, y otras leyes por ejemplo la Ley General de Asentamientos Humanos, Ley General de Desarrollo Social, Ley General de Vida Silvestre, Ley General de Bienes Nacionales, Ley de Obras Públicas entre otras, que impactan de manera directa o indirecta en la planeación y ejecución de proyectos de ingeniería civil, y en proyectos que tomen la sustentabilidad aún más en serio.

2.7 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

En México no existe un reglamento o manual que exprese de manera concreta los procedimientos y mecanismos que sirvan como guía o apoyo para la elaboración de un proyecto de edificación sustentable como tal, salvo por una *Guía de Criterios e Indicadores para Desarrollos Habitacionales Sustentables* y un *Código de Edificación de Vivienda* publicado por la Comisión Nacional de vivienda (CONAVI). Las normas que pueden relacionarse con la sustentabilidad derivan principalmente de la *Ley Federal de Metrología y Normalización* y otras leyes y reglamentos que también se relacionan con ella. No se complementan entre sí y puede no haber relación alguna, ya que se puede cumplir con una pero con las demás no, aunque sirven como punto de referencia para la creación de proyectos de edificación sustentable en territorio nacional.

Las temáticas más comunes de estas normas tratan principalmente sobre el uso eficiente de energía y manejo de agua, manejo integral de residuos relacionados con la LGPGIR, contaminación ambiental (GEIS) derivadas de la LGPGIR, algunas normas relacionadas con la calidad de materiales entre otras. Algunas de estas normas se muestran a continuación según la temática que abordan. A continuación se muestran tablas referentes a las NOM que pueden servir de guía para proyectos sustentables.

Norma	Descripción
NOM-001-ENER-2000	Eficiencia energética de bombas verticales tipo turbina con motor externo eléctrico vertical. Límites y método de prueba.
NOM-003-ENER-2011	Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado.
NOM-004-ENER-2008	Eficiencia energética de bombas y conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia, en potencias de 0,187 kW a 0,746 kW. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-006-ENER-1995	Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación.- Límites y método de prueba.



NOM-007-ENER-2004	Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
NOM-008-ENER-2001	Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.
NOM-009-ENER-1995	Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.
NOM-010-ENER-2004	Eficiencia energética del conjunto motor bomba sumergible tipo pozo profundo. Límites y método de prueba.
NOM-011-ENER-2006	Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-013-ENER-2004	Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas.
NOM-014-ENER-2004	Eficiencia energética de motores de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,180 a 1,500 kW. Límites, método de prueba y marcado.
NOM-015-ENER-2002	Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-016-ENER-2010	Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.
NOM-017-ENER/SCFI-2008	Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas. Límites y métodos de prueba.
NOM-018-ENER-2011	Aislantes térmicos para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba.
NOM-020-ENER-2011	Eficiencia energética en edificaciones, Envolvente de edificios para uso habitacional.
NOM-021-ENER/SCFI-2008	Eficiencia energética, requisitos de seguridad al usuario en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
NOM-023-ENER-2010	Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, método de prueba y etiquetado
NOM-028-ENER-2010	Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.
NOM-030-ENER-2011 (en proyecto)	Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba

Tabla 2—1 Normas Oficiales Mexicanas referentes a energía. Fuente CONUEE

Norma	Descripción
NOM-001-CONAGUA-2011	Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario-Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-002-CONAGUA-1995	Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable-Especificaciones y métodos de prueba
NOM-003-CONAGUA-1996	Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de



	agua para prevenir la contaminación de acuíferos.
NOM-004-CNA-1996	Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.
NOM-006-CNA-1997	Fosas sépticas prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-007-CNA-1997	Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua.
NOM-008-CNA-1998	Regaderas empleadas en el aseo corporal - Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-009-CNA-2001	Inodoros para uso sanitario - Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-010-CONAGUA-2000	Válvula de admisión y válvula de descarga para tanque de inodoro-Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-011-CONAGUA-2000	Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.
NOM-013-CONAGUA-2000	Redes de distribución de agua potable-Especificaciones de hermeticidad y métodos de prueba.
NOM-014-CONAGUA-2003	Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.
NOM-015-CONAGUA-2007	Infiltración artificial de agua a los acuíferos - Características y especificaciones de las obras y del agua.
NOM-179-SSA1-1998	Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.
NOM-127-SSA1-2002	Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Tabla 2—2 Normas Oficiales Mexicanas referentes al agua. Fuente: SEMARNAT.

Norma	Descripción
NOM-001-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
NOM-002-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
NOM-003-SEMARNAT-1997	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
NOM-004-SEMARNAT-2002	Protección ambiental- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Tabla 2—3 Normas Oficiales Mexicanas referentes a tratamiento de aguas residuales. Fuente: SEMARNAT.



Norma	Descripción
NOM-062-SEMARNAT-1994	Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios
NOM-060-SEMARNAT-1994	Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

Tabla 2—4 Normas Oficiales Mexicanas referentes suelo. Fuente: SEMARNAT.

Norma	Descripción
NOM-150-SEMARNAT-2006	Que establece las especificaciones técnicas de protección ambiental que deben observarse en las actividades de construcción y evaluación preliminar de pozos geotérmicos para exploración, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas y terrenos forestales.
NOM-116-SEMARNAT-2005	Que establece las especificaciones de protección ambiental para prospecciones sismológicas terrestres que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas y eriales
NOM-130-ECOL-2000	Protección ambiental-Sistemas de telecomunicaciones por red de fibra óptica-Especificaciones para la planeación, diseño, preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento
NOM-082-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
NOM-080-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.
NOM-079-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición. [recurso electrónico]

Tabla 2—5 Normas Oficiales Mexicanas referentes a impactos ambientales. Fuente: SEMARNAT.



Norma	Descripción
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
NOM-145-SEMARNAT-2003	Confinamiento de residuos en cavidades construidas por disolución en domos salinos geológicamente estables.
NOM-083-SEMARNAT-2003	Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
NOM-098-SEMARNAT-2002	Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.
NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002	Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo.

Tabla 2—6 Normas Oficiales Mexicanas referentes al manejo de residuos. Fuente: SEMARNAT.

Las siguientes normas establecen los métodos de medición para determinar la concentración del gas que se indica, en el aire y ambiente; y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

Norma	Descripción
NOM-036-SEMARNAT-1993	Ozono
NOM-034-SEMARNAT-1993	Monóxido de carbono
NOM-038-SEMARNAT-1993,	Bióxido de azufre
NOM-037-SEMARNAT-1993	Bióxido de nitrógeno
NOM-035-SEMARNAT-1993	Concentración de partículas suspendidas en el aire

Tabla 2—7 Normas Oficiales Mexicanas referentes a contaminantes en la atmósfera. Fuente: SEMARNAT.

2.8 Normas ISO

De las normas de la organización internacional para la estandarización por sus siglas en inglés (ISO) se encuentran las normas ISO-9000, ISO-14000 principalmente, las cuales buscan desarrollar estándares internacionales en lo que son fabricación, comercio y comunicación, estandarizando productos y la forma de organización y operación de las empresas. La aplicación de estas normas es de carácter voluntario sin que nadie se tenga que ver obligado a cumplirlas, pero da un valor agregado tanto a productos como a empresas, haciéndolos más competitivos. Es importante señalar que en México el equivalente a algunas de estas normas ISO serían las NMX que nos indican los mecanismos y procedimientos a seguir para cumplir con estándares de calidad y de alguna manera ser competitivos.



2.8.1 ISO's- 9000

Este conjunto de normas están enfocadas a la gestión de la calidad asegurando la misma, por medio de términos y procedimientos para lograrlo, desde actividades que van del diseño del producto hasta las de post-venta y la mejora continua.

Sus principales subcomités son:

- ❖ Conceptos y terminología
- ❖ Sistemas de calidad

2.8.2 ISO's-14000

Estas normas tratan la gestión ambiental enfocada a la empresa, no enfocada tanto a la calidad del producto como las ISO-9000. Su objetivo es estandarizar la forma en que la empresa produce y presta servicios, minimizando sus impactos ambientales dando como resultado un aumento en la calidad del producto y también de su competitividad. Estas normas no establecen cantidades, ni fijan límites de emisiones contaminantes, se enfocan más la documentación de procesos y control administrativo de la empresa. Ejemplo de empresas donde se pueden aplicar estas normas son hoteles, empresas de paquetería y transporte estaciones de servicio.

Sus principales subcomités son:

- ❖ La auditoría ambiental y las investigaciones relacionadas con el medio ambiente
- ❖ Etiquetado ecológico
- ❖ Evaluación del desempeño ambiental
- ❖ Evaluación del ciclo de vida
- ❖ Gestión de gases de efecto invernadero y las actividades relacionadas

2.8.3 ISO's en materia de edificación sustentable e ingeniería civil

Estas normas son de creación reciente y están siendo aplicadas en varios países de la Unión Europea principalmente, no aplicables en México todavía.

- ❖ ISO/TS 12720P - La sostenibilidad en la construcción de edificios - Directrices para la aplicación de los principios generales sobre la sostenibilidad.
- ❖ ISO 15392:2008 - La sostenibilidad en la construcción de edificios - Principios generales ISO/WD 16745-1 - El desempeño ambiental de los edificios - Métricas de carbono de un edificio. Etapa de operación.
- ❖ ISO 21929-1:2011 - La sostenibilidad en la construcción de edificios - Indicadores de sostenibilidad - Parte 1: Marco para el desarrollo de indicadores y un conjunto básico de indicadores para los edificios.
- ❖ ISO/DIS 21929-2 - Sostenibilidad en edificaciones y obras de ingeniería civil - Los indicadores de sostenibilidad - Parte 2: Marco para la elaboración de indicadores para obras de ingeniería civil.



- ❖ ISO 21930:2007 - La sostenibilidad en la construcción de edificios - Declaración ambiental de productos de construcción.
- ❖ ISO 21931-1:2010 - La sostenibilidad en la construcción de edificios - Marco para métodos de evaluación del desempeño ambiental de las obras de construcción - Parte 1: Edificios.

2.9 Certificaciones

Alrededor del mundo existen varios tipos de certificación, por lo menos en un país de cada continente, como lo son:

- ❖ Estados Unidos - LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*)
- ❖ Reino Unido – BREEAM
- ❖ Francia – HQE (*Haute Qualité Environnementale*)¹⁶
- ❖ Sudáfrica – SBAT (*Sustainable Building Assessment Tool*)
- ❖ Australia - *Green Star*
- ❖ Japón – CASBEE (*Comprehensive Assessment System For Building Environmental Efficiency*)
- ❖ Alemania – DGNB (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*)¹⁷
- ❖ Singapur - BCA Green Mark Scheme
- ❖ India – TERI – GRIHA (The Energy and Resources Institute - Green Rating for Integrated Habitat Assessment)
- ❖ Hong Kong, China – HK BEAM (Building Environmental Assessment Method), etc.

En México los tipos de certificación que están boga es la certificación LEED y BREEAM, impulsadas, principalmente por el Consejo Mexicano de Edificación Sustentable (CMES) y el Instituto Mexicano de edificación Sustentable (IMES) respectivamente. Al igual que las normas ISO estas certificaciones son de carácter voluntario, pero al aplicar cualquiera de ellas se es más competitivo, además de dar un valor agregado.

Para poder ser candidato a este tipo de certificaciones deben de cumplirse ciertos requisitos previos. Durante el proceso de certificación se considera todo los aspectos, hasta la culminación y entrega del proyecto. Estos tipos de certificación se basan en un sistema de puntajes que asignan a diferentes categorías como lo son la energía, agua, materiales, manejo de residuos, etc., dando un mayor porcentaje de puntos a la energía. Dentro cada categoría se determina en que requisitos se cumple o no, según los evaluadores y con ello se otorga la cantidad de puntos correspondiente. Con la evaluación y asignación de puntos a cada categoría se hace una suma de todos ellos y se emite el certificado, que indican desde un nivel bajo de sustentabilidad a niveles de excelencia., todo ello depende de que cantidad de puntos se haya obtenido los cuales se comparan contra un intervalos de valores establecido. Además estas certificaciones son susceptibles de ser adecuadas, según las características del país o región donde se piensan implementar.

¹⁶ Traducción del francés al español: Alta calidad medioambiental.

¹⁷ Traducción del alemán al español: Sociedad Alemana de Construcción Sostenible.



Ventajas

- ❖ Aumentar el valor promedio de la edificación.
- ❖ Existen ahorros durante las etapas de uso y operación.
- ❖ Mejoran las condiciones de salud y bienestar de los usuarios.
- ❖ Ayuda a la atracción más rápida de inversores al proyecto.

Desventajas

- ❖ Excesiva burocratización por parte de las empresas certificadoras.
- ❖ El sistema de puntos algunas veces queda en entredicho, ya que puede no satisfacer algunos aspectos, pero puede recuperarse puntos en otros.
- ❖ Implican elevados costos desde los inicios del proyecto.
- ❖ Las adecuaciones que puedan hacerse según el país no siempre satisfacen las condiciones particulares del mismo.

2.10 México en materia de edificación sustentable

En México actualmente estamos rezagados, ya que no existe un reglamento, manual o equivalente que nos indique como debe ser llevado a cabo un proyecto de edificación sustentable, y lo existente en materia de sustentabilidad no está correlacionado. Además los incentivos y apoyos que dan los programas por parte del gobierno o instituciones que la fomentan se restringen solamente a dar o aumentar los créditos para adquisición de viviendas, pudiendo ampliarse a la deducción de impuestos o dar apoyos económicos, o incentivar mejoras en edificaciones ya existentes como en otros países.

La ciudad de México es por ahora una de las pioneras, en este aspecto al implementar un Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES), que indica los materiales, las tecnologías y los dispositivos a aplicar en la edificación, así como una metodología de análisis costo-beneficio, además que el GDF otorga incentivos y apoyos por formar parte del programa.

Las temáticas que se abordan en el PCES son principalmente:

- ❖ Cambio climático y calidad del aire
- ❖ Reducción en el consumo de agua e incremento de su reutilización y tratamiento
- ❖ Manejo adecuado de residuos
- ❖ Ciudadanía verde y cooperación

Este programa aborda de manera muy simple las temáticas de agua y energía, comparando con los dos tipos de certificaciones más implementadas en México (LEED, BREAM), no es muy competitiva.

Otro organismo en México que fomenta la edificación sustentable es la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) se enfoca a viviendas de interés social. El programa de Hipoteca Verde consiste básicamente en extender el monto del crédito INFONAVIT para adquirir una vivienda que posea dispositivos ahorradores de energía y agua (llamadas ecotecnologías), además de cumplir con el aprovechamiento de energía renovable.



2.10.1 Comparativa con otros países

Alemania

Alemania actualmente es uno de los pioneros desarrolladores de tecnologías limpias que aprovechan energías renovables, además de que sus políticas de implementación a nivel nacional son de las mejores en cuanto a desarrollo sustentable se refiere, puede ser uno de los países que más comprometidos está con el tema, siendo un ejemplo a seguir. Al igual que México con la convención de Bruntland y la convención de Rio, Alemania de igual forma comenzó a implantar políticas de sustentabilidad a ritmo constante. En la década de los años 90 con el protocolo de Kioto se comprometió a reducir sus emisiones de GEI en un 5% a finales del periodo 2008-2010. A comienzos del año 2000 lanza el “Programa nacional de protección climática” relacionadas con las emisiones de GEI.

En el año 2001 se funda en Alemania el Consejo para el Desarrollo Sustentable, el cual su principal función es desarrollar estrategias, definir metas, y crear indicadores para medir la sustentabilidad. También aparece la Mesa Redonda para la Edificación sustentable la cual apoya al Ministerio Federal de Transportes, Obras Públicas y Desarrollo Urbano (BMVBS) para que se implementen las actividades de edificación sustentable. La mesa está organizada por el Ministerio Federal de Transportes, Obras Públicas y Urbanismo por la Oficina Administrativa para la Construcción Sostenible en el Instituto Federal de Investigación en la Construcción, Urbanismo y Ordenación del Territorio (BBSR), ésta se compone de representantes del sector de la construcción y la industria, como arquitectos e ingenieros, y figuras relevantes de las áreas de construcción y la ciencia. En la mesa redonda, se discuten temas como el replanteamiento de las directrices de la edificación sustentable, así como la presentación de los resultados de las investigaciones más importantes. La mesa se divide en grupos de trabajo especializados que contribuyen a la actualización del Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB, Sistema de Evaluación de Edificio sostenible en edificios federales por sus siglas en alemán).

En el año 2002 se aprobó una estrategia de sustentabilidad bajo el nombre de “Perspectivas para Alemania” junto con medidas a tomar, proyectos, estrategias incluyendo los aspectos políticos para el desarrollo sostenible en las áreas de la igualdad generacional, calidad de vida, unión social, y la gestión de la sostenibilidad, por medio de 21 indicadores de sustentabilidad. Con ello el gobierno cada cuatro años publica informes de resultados y avances logrados en ese periodo, con el fin de establecer nuevos objetivos, enfocados a la mejora continua de los mecanismos.

En 2009 el gobierno alemán firma un contrato en el que se compromete a "cumplir con su función ejemplar en el futuro, para la construcción de la cultura y sustentabilidad en sus actividades dentro de sus edificios.

Alemania posee también un Comité de Secretarios de gobierno para Desarrollo Sostenible llamado “The Green Cabinet”, el cual su trabajo consiste implementar estrategias de sustentabilidad nacional, desarrollar aún más su contenido y evaluar su puesta en marcha y regular.

Complementario a todas estas instituciones existe también, la oficina administrativa para la edificación sustentable que se encarga de la implementación y desarrollo del Sistema de Evaluación de la construcción sostenible, además de dar apoyo al BMVBS



Además el BMVBS publicó un libro en 2001 que fue reeditado en 2011 titulado “Guía de la Edificación sustentable” en la cual describe los métodos y procesos para la aplicación de los aspectos de sustentabilidad en la ingeniería civil. Así como los objetivos que han de ser agregados durante la planificación de nuevos proyectos de construcción y la construcción ampliaciones en las regulaciones de la Autoridad Federal de Edificios o las Directrices para la Realización de Edificios Federales.

Estados Unidos

Con la Energy Policy Act del año 2005 apareció la Deducción Fiscal Edificio Comercial, que establece una deducción de impuestos enfocada a reducir el costo inicial de la inversión en elementos constructivos que ahorran energía. Con ello los dueños de edificios comerciales (o inquilinos, en su caso) pueden deducir una parte o el total del costo de la instalaciones como iluminación, climatización, los componentes de agua caliente, ventanas, y revestimientos, en el año en que estas son instaladas y puestas en servicio, con una deducción máxima de 1.8 dólares por pie cuadrado construido.

Las deducciones parciales están disponibles (máximo de 0.60 dólares por pie cuadrado) para mejoras en cualquier componente de eficiencia energética mencionados anteriormente. La deducción puede ser reclamada siempre y cuando se hayan completado antes del 1 de enero de 2014.

Existe también la Ley de Mejora de Energía y Ampliación de 2008 y la Ley de Recuperación y Reinversión de 2009 la cual expandió el crédito fiscal a negocios que inviertan en energía, por ejemplo, proporcionar un crédito del 30% del costo de paneles de energía solar, celdas de combustible, y las pequeñas turbinas de viento de los sistemas energéticos y el 10% del coste para micro-turbinas, energía geotérmica y cogeneración (CHP).

Por otra parte, los contribuyentes elegibles pueden recibir un apoyo económico del Departamento del Tesoro de EE.UU. en lugar de tomar un crédito fiscal. Para ser elegible para el crédito, el uso de equipos y dispositivos originales debe ser hecho por el contribuyente. Además, el crédito fiscal sólo está disponible si la energía de la propiedad está en funcionamiento en el año en que se toma el crédito.

Para todos los programas antes mencionados y los incentivos, se deberá desembolsar el dinero por adelantado, pero se puede recibir créditos por el trabajo y también disfrutar de la reducción de costos de energía en el futuro.



Capítulo 3. Calidad del medioambiente interior de la edificación

3.1 Calidad del aire interior (CAI)

La calidad de aire interior en México aún no está considerada en leyes ni reglamentos de construcción, salvo por ciertas normas como las del ASHRAE empleadas para el diseño de sistemas de aire acondicionado. Las normas existentes en el país están enfocadas más a la calidad del aire exterior, causa por lo cual la CAI no está regulada, siendo un hecho que pasamos una cantidad de tiempo considerable dentro de las edificaciones¹⁸. Contrario al sentido común de que en el interior de una edificación la calidad del aire es mejor que la del exterior, la realidad es que muchas veces no es así. La CAI de las edificaciones algunas veces es muy inferior a la calidad de aire del exterior. Esto debido a la contaminación exterior agregando a esto la producida por actividades humanas que se desarrollan al interior como fumar, las emisiones de dióxido de carbono producto del uso de equipos electrónicos, usar artículos de belleza (perfumes), o los acabados mismos de la edificación (pinturas, esmaltes, barnices, lacas etc.), los cuales desprenden partículas y químicos peligrosos, pudiendo albergar también microorganismos nocivos para la salud (por ejemplo, alfombras, tapices, sistemas de aire acondicionado). Debido a la gran cantidad de compuestos que se encuentran en el aire es difícil analizar los efectos que causan la combinación de éstos.

El aire que respiramos además de contener gases posee también partículas sólidas y líquidas, que provienen de fuentes naturales o producto de actividades humanas, la mayoría de estas partículas no son visibles para el ojo humano. La exposición prolongada a estas partículas trae como consecuencias para los ocupantes malestares como son somnolencia, irritación de ojos, dolores de cabeza, fatiga, y en casos con exposición crónica pueden generar enfermedades como asma y la sinusitis, entre otras.

Aunado a la calidad del medioambiente interior se deben considerar también las condiciones físicas como lo son: la temperatura, el ruido y la iluminación, ya que una ausencia o exceso de ellas repercute a largo plazo en la salud y a corto plazo afecta el desempeño de actividades de los ocupantes, viéndose reflejado en términos monetarios.

¹⁸ Pasamos alrededor de un 90% de nuestro tiempo en interiores y la Agencia para la Protección Medioambiental de los Estados Unidos (EPA) calcula que el aire interior, muchas veces, puede estar de 2 a 5 veces más contaminado que el exterior y en ocasiones hasta 100 veces.



3.2 Contaminantes y su impacto en la salud

3.2.1 Sensibilidad química múltiple

Se trata de una respuesta fisiológica de la personas a ciertos componentes químicos que se encuentran en el medioambiente (incluyendo bajas concentraciones) provenientes de alimentos, medicinas, insecticidas, humo etc. Fue descrita por primera vez en los años 80's y hoy día hay escepticismo en cuanto a si debe ser considerada una enfermedad ya que algunos científicos la atribuyen a causas psicosomáticas que fisiológicas. No es considerada enfermedad para la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su *Clasificación internacional de enfermedades*. Los síntomas y reacciones varían en cada individuo. Algunos síntomas pueden ser dolores de cabeza recurrentes, insomnio, depresión, dificultades para respirar, palpitaciones, náuseas y vómitos, irritaciones de la piel o trastornos más serios como impotencia, diarreas recurrentes, taquicardia o hipertensión. La aparición de esta afección se piensa puede iniciarse de dos maneras la exposición crónica al compuesto químico o una sobreexposición, lo que genera una intolerancia al mismo incluso en concentraciones muy reducidas.¹⁹

3.2.2 Enfermedades respiratorias

3.2.2.1 Legionela

Existen varias especies de la bacteria legionela pero la más importante es la bacteria *Legionella pneumophila* que es la causante de la legionelosis o enfermedad del legionario. Esta bacteria se forma en lugares húmedos y calientes, la presencia de materia orgánica propicia su formación. Se encuentra en la red de agua de los edificios, como vaporizadores, humidificadores y aspas de dispositivos de ventilación, torres de refrigeración, etc. Existen dos formas de la enfermedad: de los legionarios (forma neumónica) y fiebre de Pontiac (forma no neumónica). Ambas se caracterizan inicialmente por anorexia, vómito, mialgia y cefalea, seguidas en el plazo de un día por fiebre en aumento y escalofríos. La única forma de detectarlo es con un análisis de orina. En México recientemente no se han detectado casos de esta enfermedad.

3.2.2.2 Reacciones Alérgicas

Es una reacción del sistema inmunológico, se presenta con sustancias no tóxicas como el polen, ácaros, esporas de moho, que no afectan a la mayoría de otras personas. Se cree que las alergias tienen tanto origen genético como ambiental. En presencia de estas sustancias el cuerpo reacciona aumentando la producción de glóbulos blancos. La alergia aparece por general a una segunda exposición a la sustancia. Las alergias pueden provocar goteos nasales, estornudos, picazón, sarpullidos, edema (hinchazón) o asma. Los síntomas varían. Las alergias no son letales salvo que se presente una reacción como la asfixia.

¹⁹ Según la Agencia de protección del ambiente (EPA) de Estados Unidos, estima que alrededor del 15% de los estadounidenses son alérgicos a sus propios hogares. De acuerdo con el New England Journal of Medicine, 40% de los niños que nacen hoy día sufrirán alguna forma de afección respiratoria



3.2.3 Síndrome del edificio enfermo

Los edificios en malas condiciones donde los trabajadores, sobre todo los de oficinas, hacen su trabajo durante horas, provocan enfermedades. La OMS, define al Síndrome del Edificio Enfermo, como el conjunto de síntomas diversos que presentan los ocupantes de estos edificios, que no suelen ir acompañados de signos físicos, diagnosticándose a menudo por exclusión. Los síntomas más característicos asociados al Síndrome del Edificio Enfermo son los siguientes: escozor o enrojecimiento de los ojos y nariz, dolores de cabeza, fatiga, reducción de la concentración, irritabilidad, piel seca, congestión nasal, dificultad para respirar, náuseas, somnolencia, vértigo y hemorragias nasales. La sintomatología presentada por los afectados no suele ser severa y al no ocasionar un exceso de bajas por enfermedad se tiende a minimizar los efectos, que se traducen en una sensación general de discomfort. En la práctica estos efectos son capaces de alterar la salud del trabajador, pudiendo aumentar y potenciar situaciones de estrés y por tanto influir en el rendimiento laboral. El síndrome puede ser definido como un persistente conjunto de síntomas que ocurran en más del 20% de los ocupantes.

Cabe resaltar que los gases empleados por los sistemas de aire acondicionado son irritantes para el sistema respiratorio, todo abuso en el empleo de estos sistemas puede traer severos daños a la salud.

Algunas causas que lo originan pueden ser:

- ❖ Contaminación del aire interior(**Figura 3—1**).
- ❖ Perfumes y cosméticos
- ❖ Pobre o inapropiada e incluso excesiva iluminación (incluyendo ausencia de o solo limitados accesos a la luz natural). La excesiva iluminación genera reflejos en las pantallas de trabajo de los puestos administrativos.
- ❖ Pobre calentamiento o enfriamiento de las estancias y / o ventilación
- ❖ Mal posicionamiento de los sistemas de calefacción y aire acondicionado
- ❖ Mala acústica
- ❖ Pobres diseños de muebles y equipos (monitores de computadoras, fotocopiadoras, etc.).
- ❖ Pobre ergonomía.
- ❖ Contaminación química.
- ❖ Contaminación biológica.



Figura 3-1 Síndrome del edificio enfermo, fuentes contaminantes interiores. Fuente: David Padgett's Cooling & Heating Inc, traducción

3.2.4 Contaminantes

Un análisis cuidadoso del medioambiente interior puede revelar que, más de 900 contaminantes pueden estar presentes, dependiendo de las actividades específicas del medio. Estos contaminantes pueden ser catalogados en estas categorías (Bradford O. Brooks, 1991).

- ❖ Productos de la combustión
- ❖ Químicos y soluciones químicas volátiles
- ❖ Partículas finas respirables
- ❖ Productos de la respiración
- ❖ Contaminantes biológicos
- ❖ Radionúcleidos²⁰
- ❖ Olores resultantes de cualquiera de las anteriores.

A continuación solo mencionaré aquellos contaminantes que son de mayor relevancia y algunos de los efectos que éstos producen.

3.2.4.1 Contaminantes químicos

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Son aquellos compuestos que contienen carbono (mayormente aquellos hechos por química del carbono), que fácilmente se evaporan a temperatura ambiente. Están presentes en muchos productos de limpieza, mantenimiento y de la construcción: como pinturas, resinas, detergentes, perfumes, gasolinas, etc. Estos compuestos la mayoría de las veces se detectan fácilmente por medio del olfato. La exposición a estos compuestos puede ocasionar problemas

²⁰ Los radionucleidos son elementos químicos con configuración inestable que experimentan una desintegración radiactiva que se manifiesta en la emisión de radiación en forma de partículas alfa o beta y rayos X o gama, la exposición crónica a estos elementos, favorecerá la aparición de distintas formas de cáncer.



agudos y crónicos como, irritación, dolor de cabeza, daños en pulmones e hígado, afectaciones al sistema nervioso y cáncer entre otros. Actualmente se han estudiado los efectos en la salud de algunos de estos compuestos de manera aislada, pero no así las combinaciones de éstos. Una manera de mitigar los efectos de estos compuestos es la instalación de filtros de carbono, que deben ser remplazados periódicamente.

Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

Son compuestos fabricados por el hombre los cuales poseen una alta toxicidad además tener un tiempo de presencia en el ambiente muy duradero. Al ser artificial su degradación por medios biológicos no se lleva con facilidad. Los efectos en la salud no se presentan a corto plazo ya que al ser bioacumulativos, estos se van depositando en el organismo, presentando síntomas cuando las concentraciones en él son muy elevadas. Dependiendo de su movilidad en el ambiente, estas sustancias pueden ser dispersarse a nivel local, regional o global. Aunque la fuente de producción de estos contaminantes no se da propiamente en las edificaciones, es de interés nuestro saber que pueden estar presentes en ellas, pudiendo llegar a afectar de manera significativa.

En los últimos años se ha estado acumulando evidencia científica para relacionar la exposición a COP específicos con sus efectos a la salud. Entre estas se tienen:

- ❖ Cáncer.
- ❖ Impedimento en el comportamiento neuronal, incluyendo desorden en el aprendizaje, bajo desempeño mental, y déficit de atención.
- ❖ Alteraciones en el sistema inmune.
- ❖ Deficiencias reproductivas.
- ❖ Reducción del período de lactancia en madres en edad de lactancia.
- ❖ Diabetes.

Debido a su persistencia y capacidad de acumularse en los organismos vivos, no existen niveles seguros de exposición, emisión o vertido de las sustancias COP. Dentro de estos compuestos se encuentra pesticidas, insecticidas (DDT por ejemplo) dioxinas y furanos, hexaclorobencenos (HCBs), Bifenilo Policlorados (PCBs), aldrin, dieldrin, heptacloro entre otros.

Formaldehído (HCHO)

Es un químico empleado para la producción de resinas en la industria, estas resinas se emplean para los proceso de pegado de paneles como triplay y laminados. Empleado en algunos productos cosméticos como champús (como conservador), así como en la industria textil para evitar que las prendas se arruguen y encojan (etiquetado lavar antes usarse y libre de arrugas), provenientes también de la combustión y materiales de la construcción. Está clasificado como un carcinógeno comprobado. La Organización Mundial de la Salud recomienda que los niveles de concentración no sean mayores de 0,05 ppm. . No se conoce el umbral por debajo del cual no



existe riesgo de contraer cáncer. Dicho riesgo depende de la concentración y del tiempo de exposición.²¹

Asbestos y partículas fibrosas

En México la norma que regula los procesos y usos del asbesto es la NOM-125-SSA1-1994. Los asbestos es un término que se aplica a varios silicatos minerales hidratados presentes en la naturaleza. El asbesto en el aire se presenta mayormente en forma de fibras. La cantidad de asbesto en el aire del ambiente aumenta cuando se hacen trabajos de reparación y remodelación. Para evitar que el asbesto desprenda fibras, es necesario que aquellos componentes que lo poseen sean recubiertos y evitar rasparlos para no dejar que se volatilicen las partículas. Remover el asbesto es costoso y debe ser hecho por personal calificado.

Existe un riesgo futuro de padecer cáncer pulmonar por inhalación prolongada de estas partículas, y el riesgo de padecer mesotelioma es mayor cuanto menor es la edad del comienzo de la exposición. El riesgo de cáncer es proporcional a la exposición y se aumenta con el hábito de fumar.²²

Dentro de los componentes de las edificaciones que contienen asbesto, se cuentan por ejemplo, los aislamientos, estructuras a prueba de fuego, acabados, productos laminados, tejas, losetas, fieltros, entre otros. En adición a las fibras minerales y naturales, muchas formulaciones de asbesto contienen fibra de vidrio combinada con asbestos, las que resultan también peligrosas.

Radón

De los contaminantes químicos del aire interior este se encuentra dentro de los compuestos radioactivos. El radón es un derivado del decaimiento del radio, del uranio y otros elementos radioactivos. Pertenece al grupo de los gases nobles, es incoloro e inodoro, es más radioactivo que el uranio, se encuentra a mayores concentraciones y se está expuesto más a él en hogares, que en edificios por el tiempo que pasamos en ellos. El radón proviene mayormente de la superficie terrestre, debido al decaimiento del uranio de forma natural, el cual se encuentra en el suelo, en las rocas y en el agua, este asciende al aire que respiramos, por ello el radón se puede encontrar en todas partes. El radón puede ingresar a la edificación a través de ventanales y puertas, de pisos inferiores, sistema de alcantarillado, agua de pozo, fisuras y juntas constructivas en los niveles donde se la interacción suelo-estructura. Por ello las concentraciones son más altas en edificaciones de uno o dos pisos, que las de varios pisos. El gas en concentraciones altas al ingresar a nuestro sistema por inhalación, yendo directamente a los pulmones, supone una contaminación radioactiva. Existe información al respecto que indica que el radón es una de las

²¹ En estudios en México (Baez et al.2004) y en Taiwan (Wu et al.2003) las concentraciones ambientales de formaldehído alcanzan valores de 221 µg/m³ y 135µg/m³ en el interior de oficinas y 40 µg/m³ durante el uso del transporte público en Mexico (Shiohara et al.2002)

²² La OMS afirma que actualmente 125 millones de personas en todo el mundo están expuestas a los asbestos durante su jornada laboral y 90 mil mueren a causa de este contacto.



causas principales del cáncer de pulmón. Algunas formas de disminuir sus concentraciones son por ejemplo el *sistema de reducción por medio de succión del suelo*, (soil suction reduction system)

Productos de la combustión

Estos productos aparecen bajo condición de combustión incompleta en la cual el comburente y el combustible no se encuentran en proporciones adecuadas, quedando residuos de combustible dando como productos, además del dióxido de carbono, agua y energía, diferentes componentes como cenizas, óxidos nitrosos y otros potencialmente dañinos para la salud. En las edificaciones estos productos tienen origen en actividades como cocinar y fumar principalmente. La combustión incompleta no sólo es peligrosa, sino que libera menor cantidad de calor que la combustión completa del mismo combustible. Generalmente, estas combustiones se producen cuando el combustible tiene un alto porcentaje del elemento carbono. Un caso típico es el uso de madera para cocinar o como calefacción.

A continuación se describen algunos de los componentes:

❖ *Monóxido de carbono (CO)*

Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Su producción tiene relación directa con la presencia del aire, a menor cantidad de aire más producción de CO y viceversa. Durante sus actividades diarias, las personas inhalan monóxido de carbono en una variedad de lugares (vehículos, trabajo, localizaciones en las que se producen combustiones: cocina, calefacción y calentadores de agua de gas, humo de tabaco). El principal efecto del CO es un resultado del deterioro que produce en la capacidad de la hemoglobina de unirse al oxígeno, lo que puede causar dolores de cabeza, náusea, mareos, cianosis, efectos cardiovasculares, incapacidad para respirar, fatiga y a altas concentraciones, coma y muerte.

❖ *Óxidos de nitrógeno (NO y NO₂)*

Los óxidos de nitrógeno son productos de la combustión de hornos y aparatos de gas y se encuentran en el humo de tabaco, soldaduras, humos de tubos de escape de motores diesel y de gas

Las exposiciones a óxidos nitrosos varían en el interior y el exterior, en ciudades y zonas rurales y con la hora del día y la estación. Las concentraciones de NO y NO₂ en el exterior están relativamente bien documentadas y en el interior se deben mayoritariamente a las combustiones y el humo de tabaco.

Los efectos agudos que produce la exposición a óxidos de nitrógeno son irritación de ojos, del tracto respiratorio y de las membranas mucosas

❖ *Dióxido de azufre (SO₂)*

Pertenece a la familia de los gases de óxidos de azufre (SO_x). Estos gases son solubles en agua. El azufre está presente en todos los materiales sin procesar, como petróleo crudo, carbón,



mineral de hierro, etc. Cuando se quema combustible que contiene azufre, éste es liberado con los humos de combustión. El SO_2 se disuelve en agua para formar ácido e interactúa con otros gases y partículas en el aire para formar sulfatos y otros productos que pueden ser dañinos.

Las concentraciones interiores sin fuentes específicas son más bajas en el interior que en el exterior, la presencia de este contaminante depende de la absorción de los componentes interiores y otros contaminantes que puedan interactuar con el además de la ventilación.

Los aumentos en la contaminación del aire se han ligado a quebranto en la función pulmonar y aumentos en los ataques cardíacos. Niveles altos de contaminación atmosférica según el Índice de Calidad del Aire de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) perjudican directamente a personas que padecen asma y otros tipos de enfermedad pulmonar o cardíaca. Uno de los efectos primarios de la presencia de SO_2 son los bronquiospasmos.

❖ *Partículas de la combustión y cenizas.*

Lo que conocemos como partículas es una mezcla de estas y humedad en el aire. Algunas partículas como polvo, suciedad, hollín y humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para ser apreciadas a simple vista, pero otras sólo pueden ser detectadas mediante el uso de microscopio electrónico. Existen 2 tipos de partículas que son (OSMAN,2011):

1. Inhalables, con diámetros entre las 2.5 micras y las 10 micras.
2. Finas: con diámetros de 2.5 micras e inferiores.

Las fuentes de partículas en el ambiente interior incluyen humo ambiental de tabaco, cocina, calefacción, productos de consumo, materiales de construcción, polvo, re-suspensión de partículas procedentes de la actividad humana tales como el uso de aspiradoras y tránsito de personas, infiltración de partículas del exterior y aerosoles.

Se han realizado estudios y se ha encontrado relación de las partículas con la disminución de la función pulmonar, incremento de síntomas y enfermedades respiratorias, incluyendo asma. En países industrializados han hallado una correlación significativa entre la exposición a partículas en el interior y la presencia de bronquitis, síntomas asmáticos y enfermedades respiratorias agudas (OSMAN,2011).

❖ *Humo del tabaco*

En México en el Capítulo III de la Ley General para el Control del Tabaco los requisitos que deben de cumplirse para las áreas libres de tabaco al interior de edificaciones. Su fuente de origen es la actividad de fumar. Según datos de la OMS:

El tabaquismo pasivo causa 600 000 muertes prematuras por año. En el humo de tabaco hay más de 4000 sustancias químicas, de las cuales se sabe que al menos 250 son nocivas y más de 50 cancerígenas (**Tabla 3—1**). En los adultos, el tabaquismo pasivo causa graves enfermedades



cardiovasculares y respiratorias, por ejemplo cardiopatía coronaria y cáncer de pulmón. El 10% de los costos económicos relacionados con el consumo de tabaco se atribuyen al tabaquismo pasivo. El consumo de tabaco impone costos económicos directos a la sociedad, como los asociados con el tratamiento de las enfermedades relacionadas con el tabaco, así como costos indirectos, por ejemplo los asociados con la disminución de la productividad o la pérdida de salarios por causa de muerte o enfermedad. Se afirma que no existe un nivel inocuo de exposición al humo de tabaco.

3.2.4.2 Contaminantes biológicos

Partículas viables

Dentro de esta clasificación se encuentran partículas como polen, esporas de hongos, plantas y virus. Se la medición de estas se denominan PVT o PFC (partículas que forman colonias), que refleja la actividad bacteriana. Las concentraciones de estas partículas dependen del estilo de vida y actividades realizadas al interior aunque, concentraciones de esporas y polen son menores al interior que en el exterior. Generalmente estas partículas se dispersan por medio de los sistemas de aire acondicionado, condensadores, torres de enfriamiento, tanques de agua. Raras veces se experimentan efectos dañinos por causa de estas partículas.

CÁNCER
<input type="checkbox"/> Hidrocarburos aromáticos polinucleares (benzopireno)
<input type="checkbox"/> N-nitrosaminas (algunas específicas del tabaco)
<input type="checkbox"/> Aminas aromáticas (2-Naftilamina, 4-Aminobifenil)
<input type="checkbox"/> Aza-arenes
<input type="checkbox"/> Aminas N-Heterocíclicas
<input type="checkbox"/> Aldehidos
<input type="checkbox"/> Arsénico
<input type="checkbox"/> Cromo
<input type="checkbox"/> Polonio 210 (emisor de partículas radioactivas alfa)
<input type="checkbox"/> 1.3-Butadeno
<input type="checkbox"/> Benceno
<input type="checkbox"/> Vinil clorhídrico
<input type="checkbox"/> Acrifamida
ADICCIÓN AL TABACO
<input type="checkbox"/> Nicotina
ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR (EC)
<input type="checkbox"/> Monóxido de carbono (CO)
<input type="checkbox"/> Óxidos de nitrógeno
<input type="checkbox"/> Hidrógeno de cianuro
<input type="checkbox"/> Hidrocarburos aromáticos polinucleares (benzopireno)
<input type="checkbox"/> N-nitrosaminas
<input type="checkbox"/> Aminas aromáticas (2-Naftilamina, 4-Aminobifenil)
<input type="checkbox"/> Cadmio (secundario)
ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (EPOC)
<input type="checkbox"/> Hidrógeno de cianuro
<input type="checkbox"/> Aldehidos volátiles
<input type="checkbox"/> Óxidos de nitrógeno
<input type="checkbox"/> Monóxido de carbono (CO)
<input type="checkbox"/> Hidrocarburos aromáticos polinucleares (benzopireno)
<input type="checkbox"/> N-nitrosaminas
<input type="checkbox"/> Aminas aromáticas (2-Naftilamina, 4-Aminobifenil)

Tabla 3—Componentes del humo del cigarro considerados causantes de distintas enfermedades. Fuente: Boletín para el control del tabaco, Instituto Nacional de Salud Pública



3.3 Soluciones para mejorar la CAI

Muchas veces la CAI se puede mejorar ya sea por medios naturales o haciendo empleo de tecnologías, para reducir de alguna forma los niveles de algunos contaminantes presentes al interior de la edificación, ya que la exposición crónica de estos pueden traer consecuencias para al salud. Los medios naturales comprenden la adecuada ventilación, (tiene relación directa con el diseño pasivo), que al ingresar aire al interior los niveles de contaminantes se igualen a los del exterior y haciendo uso de vegetación aislada (relacionado también con muros verdes, humedales y maquinas vivas). El empleo de tecnologías comprende desde los sistemas de aire acondicionado, filtros de aire y selección de materiales (como las pinturas, resinas, lacas barnices, etc.) preferentemente que no contengan COV, formaldehído, ni sustancias toxicas para el ser humano o en su defecto que sus concentraciones sean mínimas (relacionado con la envolvente del edificio, los materiales y el mobiliario empleado principalmente).

3.3.1 Plantas

De las alternativas mencionadas las plantas son una de las más económicas (a largo plazo) y naturales, además de dar buen aspecto a la edificación ayuda a mejorar sustancialmente la CAI. Esto debido a que a parte del proceso de fotosíntesis, además de intercambiar gases como oxígeno y dióxido de carbono, las plantas absorben agentes tóxicos como benceno, formaldehído, y otros COV del aire ayudando en gran medida a neutralizar sus efectos ya sea absorbiéndolos o disminuyendo las concentraciones debido al oxígeno que liberan por medio de la fotosíntesis. Estudios sobre las capacidades de purificación de aire interior de las edificaciones, haciendo uso de las plantas han sido llevados a cabo por la NASA y el ALCA²³, pudiendo en un futuro ser enviadas al espacio como soportes de vida biológicos, en estaciones espaciales. El estudio llevado a cabo se denomina “NASA Clean Air Study”. Uno de los científicos que por muchos años ha investigado, el uso de plantas como solución a problemas ambientales es el Dr. Bill Wolverton. El Dr. Wolverton señala que tanto hojas, como raíces y microorganismos trabajan de manera conjunta en la eliminación de agentes tóxicos del aire.

Algunas de las mejores plantas para mejorar la CAI recomendadas por la NASA son (**Tabla 3—2**):

Aglaonema	Fern ficus
Aralia polycias	Ivy
Araucaria	Palm
Caladium	Philodendron
Cissus	Pothos
Croton	Sansevieria
Dieffenbachia	schefflera
dracaena	spatiphyllum

Tabla 3—2 Plantas de interior para mejorar la CAI. Fuente: B.C. Wolverton, 1997.

²³ Asociación de Contratistas Paisajistas de América



3.4 Condiciones físicas

Las variaciones y condiciones no óptimas de los factores físicos no son dañinas para los ocupantes, pero las molestias producidas pueden llegar a producir problemas en la salud por la exposición a estos durante largos periodos de tiempo. Lo mencionado en capítulos anteriores como el diseño pasivo, muros verdes y tecnologías afines van muy relacionadas con el control de condiciones físicas, principalmente iluminación, temperatura y humedad. Dentro de los factores físicos más comunes a considerar se encuentran los siguientes:

3.4.1 Luz artificial

Los problemas asociados a una mala iluminación, algunas veces son similares a los problemas de una pobre CAI, como la irritación de ojos, dolores de cabeza y estrés visual. En raros casos habrá que ajustar también la cantidad de luz ultravioleta que ingresa a la edificación a través de las ventanas, ya sea seleccionando vidrios apropiados en la fase de diseño o cambiar los ya existentes. En cuanto a lámparas luminiscentes se refiere aquellas que tienen una iluminación más próxima a la de la luz solar son las lámparas de halógeno.

3.4.2 Vibración y Ruido

Existen dos tipos de vibraciones ocupacional: las segmentarias y de cuerpo completo. La vibración segmentaria se transmite a través de las extremidades o zonas específicas del cuerpo (manos, brazos, ojos), y se sabe que causan efectos específicos para la salud tales como el fenómeno de Raynaud²⁴. La vibración de cuerpo completo se transmite a través del cuerpo por medio de superficies de soporte tales como los pies, la espalda y glúteos. Junto con problemas musculoesqueléticos, la exposición a las vibraciones de cuerpo completo representan un riesgo a la salud para los sistemas psicomotor, fisiológico, y trastornos psicológicos.

El ruido también produce síntomas parecidos, atribuibles una mala CAI. En el caso del ruido además de la intensidad del mismo, también la fuente de donde proviene influye mucho. Por ello buenos diseños de edificación están aislados para mitigar sonidos, además la distribución debe ser la más adecuada ya que no es conveniente por ejemplo, que un cuarto de máquinas cerca de una oficina u auditorio donde se requiera que no haya ruido en el ambiente.

De las pocas normas existentes en este rubro se encuentra la ISO-2631 “Exposición humana a vibración mecánica y choques”, la cual actualmente se aplica en 20 países de los cuales México no se encuentra dentro de éstos.

²⁴ Se trata de un trastorno poco común en los vasos sanguíneos, afectando principalmente los dedos de manos y los pies. Las personas con este trastorno tienen un estrechamiento de los vasos sanguíneos, la sangre no puede llegar a la superficie de la piel y las áreas afectadas se vuelven blancas y azules. Cuando el flujo sanguíneo regresa, la piel se enrojece y se tiene una sensación de palpitación u hormigueo. En casos severos, la pérdida del flujo sanguíneo puede causar llagas o necrosis. El clima frío y el estrés pueden desencadenar el fenómeno.



3.4.3 Temperatura

En el ASHRAE, “Condiciones térmicas para la ocupación humana” se consideran seis factores principales que se deben tener en cuenta para la definición de las condiciones de confort higrotérmico.

1. Metabolismo
2. Aislamiento de las prendas de vestir
3. Temperatura del aire
4. Temperatura radiante
5. Velocidad del aire
6. Humedad

Por lo general las condiciones térmicas confortables varían en cada individuo, por ello generalmente en este aspecto se aceptan rangos de confort que varían según las estaciones del año (verano invierno principalmente). Estos rangos generalmente son **(Tabla 3—3):**

	Verano	Invierno
Temperatura	22 -27 °C	20-24 °C
Humedad relativa	30-60%	30-60%

Tabla 3—3 Rangos de temperatura y humedad confortables. Fuente: Kibert, 2009.

Cualquier valor fuera del rango de humedad se considera que esta fuera de la sensación de confort.

La velocidad del aire varía dependiendo de la distribución interior, el mobiliario y la posición donde se encuentren los ocupantes, respecto a ventanas, puertas, o sistemas de aire acondicionado por lo que no influye mucho en el confort de los ocupantes salvo que nos encontremos en climas donde las corrientes de viento causen disconfort como los fríos y en climas cálidos donde sucede todo lo contrario.

3.4.4 Olores

De los factores físicos que afectan la calidad del medioambiente al interior es quizá el que causa mayor problema, da la complejidad del sistema olfativo y su poca investigación sobre cómo funciona realmente el proceso de percibir olores y de qué manera se relaciona con otros sentidos, además que para percibir un simple olor se requieren de varias sustancias químicas. Las fuentes que producen olor son principalmente al interior de las edificaciones son el humo del tabaco, el olor corporal, productos cosméticos y de limpieza, aunque algunos componentes de la edificación misma pueden desprender olor. Un hecho es que muchas de las veces, debido a la persistencia de los olores, los ocupantes de las edificaciones tienden a familiarizarse con éstos por lo que son menos sensitivos que aquellas personas son visitantes o ajenos al edificio. Ya que las reacciones a los olores son muchas y muy variadas es impráctico predecir la reacción de cada persona a cada olor.

Capítulo 4. Agua

En México la CONAGUA clasifica los usos de agua en dos sectores: los consuntivos que comprenden el sector agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas; y el no consuntivo que comprende el sector de las hidroeléctricas (**Gráfico 4—1**). De estos usos en el año 2009, 80.6 km³ eran para uso consuntivo y 164.6km³ eran para no consuntivo.

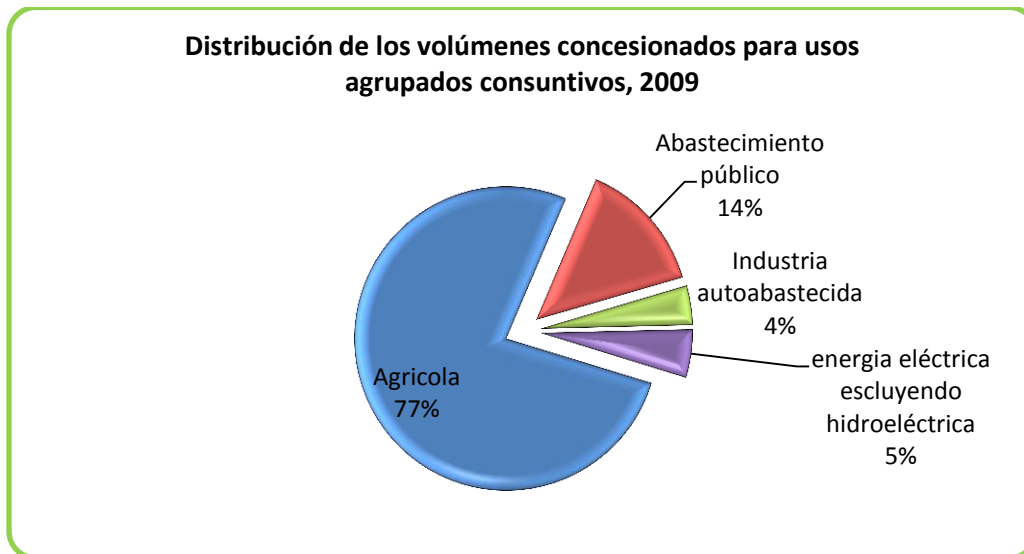


Gráfico 4—1 Distribución de volúmenes concesionados para usos consuntivos. Fuente: Estadísticas del agua en México, 2011

Algunos de los principales usos del agua y sus respectivos valores en el sector doméstico se muestran a continuación (**Tabla 4—1**), (**Gráfico 4—2**) y (**Gráfico 4—3**):

Agua consumida en promedio	Gasto
Llave del grifo abierta	10 lts. por minuto
Regadera	100 lts. por 10 minutos
Lavaplatos	50 lts. por 5 minutos
Lavadora de ropa	180 lts. por lavado
Goteo de llaves por fugas	150 lts. por día
Lavar el auto con manguera	110 lts.
Manguera abierta, para riego	600 lts. por hora
Inodoro	6 lts. por jalar la palanca

Tabla 4—1 Usos del agua en casa habitación y valores máximos permisibles. Fuente: Valores según las NOM de la Comisión Nacional del Agua (CNA).



El aspecto del agua en la sustentabilidad tiene por objeto hacer un uso eficiente del líquido, lograr reducción en los consumos, tanto para el interior como para el exterior de una edificación. Las estrategias a implementar se pueden englobar en cuatro puntos básicamente, que consisten en:

- ❖ Emplear artefactos, accesorios y tecnologías más eficientes y de bajo consumo.
- ❖ Hacer un uso inteligente del líquido, fomentando una cultura del agua en los ocupantes.
- ❖ Implementar dispositivos para la captación de aguas pluviales.
- ❖ Separar las aguas grises (proveniente de lavabos, duchas, etc.) y aguas negras (llamadas también, marrones, o servidas, provenientes de los excusados) y darles su respectivo tratamiento.

Todo esto habrá de analizarse desde un punto de vista económico y ver la factibilidad de la implementación de los dispositivos ya que algunos representan una considerable inversión inicial como los sistemas tratadores agua.

Una estrategia muy empleada que involucra ahorro de energía con el agua es el diseño de la red de distribución de agua potable tomando en cuenta ciertas consideraciones como que debe ser lo más corta y recta posible, procurar emplear tubería del menor diámetro posible, además de diseñar la red con el mayor gasto y velocidad posible, esto con la finalidad de reducir los costos de instalación, y además mientras menores sean los diámetros menores serán las pérdidas de calor en la tubería de conducción del agua caliente, se reducirán los tiempos de espera para que comience a correr el agua caliente, contribuirá a un menor desperdicio de la misma.

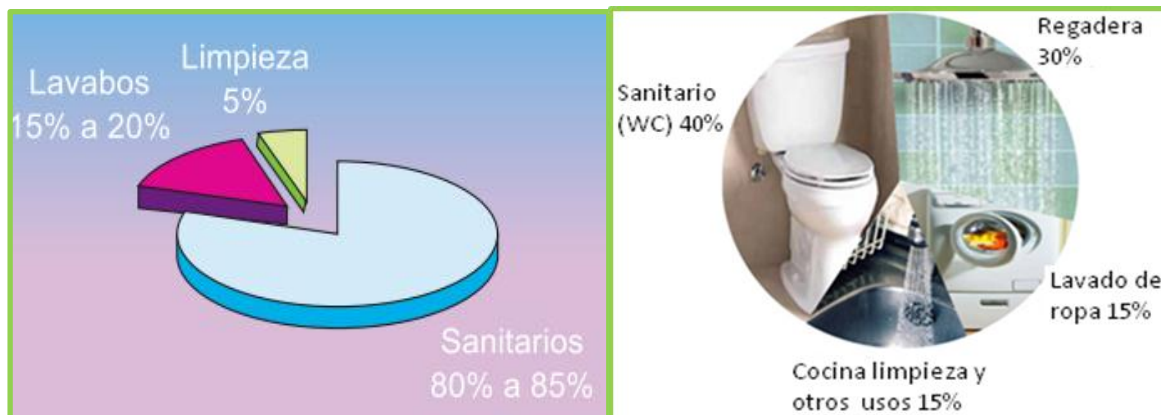


Gráfico 4—2 Consumo de agua en oficinas.
Fuente: Manual para el uso eficiente y racional del agua, IMTA

Gráfico 4—3 Usos del agua. Fuente: Comisión Nacional del Agua



4.1 Tecnologías y dispositivos de bajo consumo

4.1.1 Inodoros.

Los inodoros en México considerados como *ecológicos* según un reconocimiento creado por la CAN son aquellos que su consumo máximo es de 5 litros y deben cumplir con el registro RS-NOM-008-ECOL. Una tendencia que lleva tiempo en el mercado es la implementar dispositivos en los tanques de los inodoros llamados de doble botón, uno para desechos líquidos y otro para sólidos, regularmente cuando son desechos líquidos emplean la mitad de la descarga que en México es de 6 litros. Otras alternativas es hacer uso de inodoros con lavamanos incluidos, que emplean el agua utilizada en lavarse las manos para acumularla en el tanque del inodoro y evitar hacer uso de agua potable. Otra es el empleo de fluxómetros de doble acción que su función es igual a los dispositivos de doble botón y algunos menos comunes es el uso de inodoros de vacío, similares a los usados en camiones de pasajeros o aviones. Generalmente estas últimas dos alternativas emplean energía eléctrica para su funcionamiento y en algunos casos llegan a emplear como mucho 1 galón de agua en cada descarga (3,785 litros).²⁵

4.1.2 Inodoros secos

Pueden manejar la descomposición química de desechos humanos, residuos de comida, papel, así como cualquier compuesto orgánico basado en carbono. El producto de la descomposición se llama humus, producto que puede ser empleado para mejoramiento de suelos pero no para agricultura de productos comestibles. Las ventajas de estos inodoros es que no emplean agua, reducen la carga de contaminantes de la red de alcantarillado, su aplicabilidad ha sido probada tanto para edificios habitacionales, comerciales y edificios de gobierno. Las desventajas son el costo inicial, la mano de obra calificada para su instalación y el mantenimiento constante y el espacio requerido por el contenedor para desechos puede llegar a ser considerable.

Su funcionamiento consiste en separar la orina de las excretas por cual posee un sistema separador y 2 cámaras asiladas. Al separar las excretas de la orina y las aguas grises, se logra que está pueda descomponerse en una de las cámaras aisladas donde adquiere temperatura para que microorganismos lleven a cabo el proceso de descomposición, reduciendo su volumen. Para esto hay que agregar una mezcla secante como aserrín, virutas, paja etc., (**Figura 4—1**). El sistema puede ser juntado con los mingitorios secos en el caso de la orina, la cual se puede dejar reposar cierto tiempo para luego usado como fertilizante líquido.

Actualmente existen alternativas de inodoros secos, que emplean el biogás producido para generación de energía eléctrica.

²⁵ Un dato interesante es que, el empresario Bill Gates lanzó una convocatoria para todas las universidades del mundo para diseñar el inodoro del futuro mediante un concurso denominado *Reinvent the toilet* del cual sus ganadores han sido anunciados el mes de Agosto de 2012

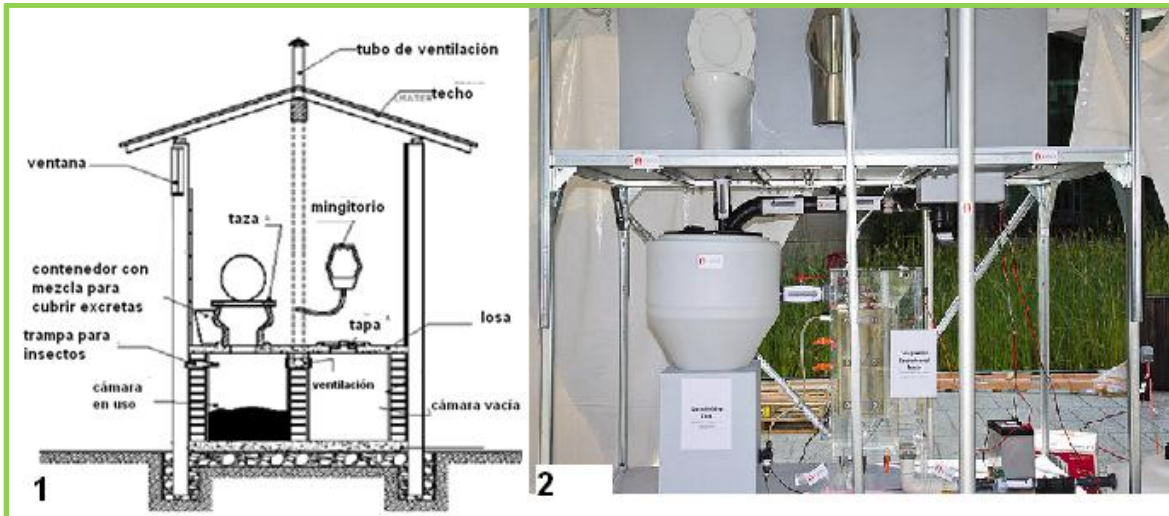


Figura 4-1 Componentes de un inodoro seco (Imagen 1). Inodoro que funciona con energía solar y produce hidrógeno y electricidad, del Instituto de Tecnología de California (Imagen2). Fuente: www.sanitariosyaccesorios.com.mx, (modificado por el autor) y <http://noticiasciencia.net>, respectivamente.

4.1.3 Mingitorios secos

Más empleados en baños públicos o edificios de gran tamaño, no muy comúnmente empleado en hogares. Su uso aún no está muy extendido debido al mantenimiento. En lugares donde existan límites y normatividad donde estén reguladas las descargas de aguas residuales presentan un problema, ya que aumentan considerablemente la carga de materia orgánica en las descargas.

4.1.4 Regaderas

Según la Comisión Nacional del Agua en el caso de las regaderas para que estén sean consideradas de grado ecológico su consumo máximo no debe exceder los 3.8 L/min y tener el registro RS-NOM-008-ECOL. Este tipo de regaderas puede o no trabajar con baja presión, lo conveniente en usos comerciales y habitacionales es adquirir aquellas que funcionen con baja presión, por lo regular a nivel nacional estos sitios no cuentan con la carga suficiente para las de alta presión.

4.1.5 Mezcladoras

Una tendencia es el empleo de mezcladoras mono mando con las que se puede regular fácilmente el caudal así como las condiciones de temperatura deseada, disminuyendo el desperdicio, producto del ajuste de temperaturas.

Otra es el empleo de temporizadores ya sea por medio de botones o sensores que limitan el caudal a un lapso determinado, transcurrido este lapso el flujo se cierra automáticamente

4.1.6 Perlizadores o aireadores y limitadores de caudal

Los aireadores se enroscan en la punta de las tuberías, su función es incorporar aire al chorro del agua, reduciendo así el consumo. Los hay para tarjas, lavamanos y regaderas. Los



limitadores de caudal se incorporan en las tuberías de los lavabos o llaves de las regaderas para impedir que el consumo de agua exceda un consumo fijado. En estos dispositivos es conveniente conseguir los que vengan calibrados, ya que pueden disminuir además del caudal la presión. Con uno calibrado se mantiene la presión, pero el caudal es el único que disminuye (**Figura 4—2**). Estos dispositivos pueden estar acreditados por el Dictamen de Idoneidad Técnica publicado por el ONNCE.



Figura 4-2 Limitador de caudal y perlizador figura 1 y 2 respetivamente. Fuente: www.casabioclimatica.com, www.economizando.info

4.2 Cultura del agua

Independiente a la implementación de tecnología, cambio de equipos y mobiliario sanitario por unos más nuevos y eficientes, algo que impacta de manera importante en el uso eficiente de agua son los patrones o hábitos de consumo. Consiste básicamente en una serie de recomendaciones que deberán practicarse en las actividades del día a día de los ocupantes, para ello habrá de hacerse del conocimiento estas y lo deberá hacerse en cada una de ellas.

Algunas recomendaciones básicas son las siguientes²⁶

- ❖ Detectar fugas en mobiliario sanitario como inodoros, grifos, etc., (**Figura 4—3**)²⁷.
- ❖ Asegurarse de que llaves y válvulas queden bien cerradas y que no posean fugas después de cerrarlas.
- ❖ No arrojar papeles, colillas de cigarrillos, ni cualquier tipo de basura al inodoro.
- ❖ No verter sustancias tóxicas en lavabos o en inodoros e informarse sobre la manera adecuada de desecharlos
- ❖ Ajustar los aspersores de riego para no regar zonas que no tengan vegetación o plantas y hacerlo por las mañanas o por las tardes cuando no haya sol, así el agua tardará más en evaporarse.
- ❖ Lavar los alimentos en un recipiente y no al chorro de agua y al lavar los trastos no hacerlo con la llave abierta
- ❖ Utilizar escoba en lugar de manguera para limpiar patios y estacionamientos

²⁶ “Manual para el uso eficiente y racional del agua ¡Utiliza sólo la necesaria!”, IMTA, Coordinación de Tecnología Hidráulica, 2003 y “Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales” Guía CONAFOVI

²⁷ LA COVANI indica que la mayoría de las fugas se presentan con goteo y con caudales de 50 a 250 ml/hr; pero en la salida del sifón de descarga del excusado pueden perderse cantidades mayores.



- ❖ Cerrar la llave al enjabonar las manos y lavarse los dientes.
- ❖ No descongeles los alimentos bajo el chorro del agua, sácalos del refrigerador con suficiente anticipación.
- ❖ Instalar el calentador de agua lo más cerca de las regaderas, preferentemente un calentador de paso o solar.
- ❖ Cambiar equipos de refrigeración y aire acondicionado por otros que no empleen en sus mecanismos agua

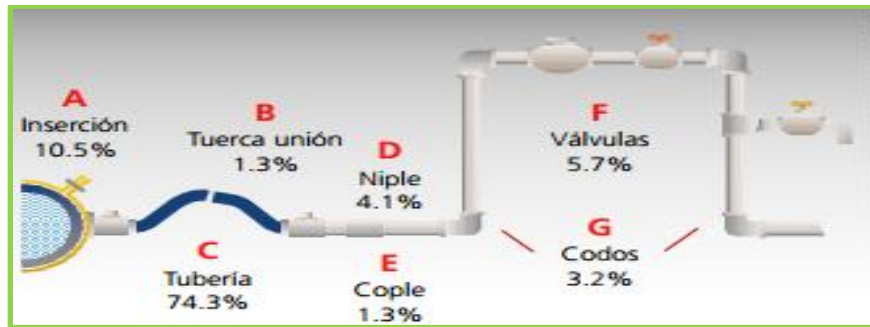


Figura 4-3 Ubicación y frecuencia de fugas en tomas domiciliarias. Fuente Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales, CONAFOVI, 2005.

4.3 Sistemas captadores de agua pluviales

Actualmente en México la mayoría de los sistemas de alcantarillado son combinados y no separados. El problema de esto es que el agua pluvial, que puede ser recolectada y empleada para otros fines como riego, inodoros u otros usos donde no se requiera que sea potable, su destino final son las alcantarillas. La ventaja de este tipo de agua es que su carga de contaminantes es menor a la de la red de alcantarillado y con ciertos tipos de tratamiento puede en algunos casos puede ser susceptible de ser potable. Recientemente se está exigiendo a ciertos tipos de edificaciones y conjuntos residenciales tener un sistema separado de aguas pluviales, jabonosas y negras, estipulado en el capítulo VI del RCDF, y actualmente se está llevando a cabo un estudio y análisis para definir su obligatoriedad. El agua pluvial que no se infiltra de manera alguna en el subsuelo rompe en parte con el ciclo hidrológico, trayendo como consecuencia (principalmente en la Zona Metropolitana del Valle de México) hundimientos diferenciales,²⁸ lo que provoca que la red de agua potable y alcantarillado se disloque, aumentando el porcentaje de fugas en la red y contaminación del suelo.

La estrategia de captar el agua pluvial se lleva practicando desde hace mucho tiempo. Actualmente el concepto está recobrando importancia porque, el agua pluvial con un tratamiento previo, puede emplearse en actividades que no requieran que la calidad del agua sea potable

²⁸ De acuerdo con estadísticas de la Comisión Nacional del Agua, la extracción de agua del subsuelo en el Valle de México provoca que cada año el nivel del suelo se hunda entre 44 y 22 centímetros. En cuanto a fugas en la red de agua potable rondan entre el 40% y 60% del volumen de agua suministrado, resultado de un estudio de campo de 21 ciudades de la República Mexicana



como lo es la limpieza, riego o jalar la palanca del inodoro, por ejemplo, reduciendo así consumos impactando en los costos y ayudando al medio ambiente, dando un uso a esa agua que va a parar directamente al alcantarillado. Para poder optar por esta opción es necesario conocer las condiciones pluviométricas de la región, hacer balances de agua producción-consumo, realizar estudios de factibilidad y costos.

Algunas ventajas y desventajas de este tipo de sistemas son:

Ventajas

- ❖ El agua captada posee cierto grado de calidad.
- ❖ Sistema independiente, apto para lugares apartados.
- ❖ Empleo de mano de obra y materiales locales
- ❖ No requiere energía para su funcionamiento.

Desventajas:

- ❖ Alto costo de la inversión inicial para su implementación.
- ❖ El volumen de agua depende directamente de la cantidad de lluvia del lugar y el área de captación, esta última impacta de manera proporcional en el costo.
- ❖ En algunos casos la necesidad de espacio dificulta su implementación, principalmente en grandes ciudades donde los espacios no construidos son escasos.

Un sistema captador de aguas pluviales consta habitualmente de seis componentes (**Figura 4—4**):

- 1) El sistema de captación.- es la superficie (techo de la edificación) por la cual escurrirá el agua de lluvia al sistema de recolección. Puede ser metálica, de concreto paja, estacionamientos, etc. Habrá de tener cuidado que la superficie no desprenda sustancias químicas que puedan alterar la calidad del agua, ni albergue microorganismos.
- 2) El sistema de recolección.- son las canaletas que se ubican en la parte baja (adosadas) donde descarga la superficie, habrá de hacer las mismas consideraciones que para el sistema de captación además de que su unión sea fácil. Los materiales más empelados son el aluminio y acero galvanizado, aunque puede emplearse bambú y PVC. Estas deben tener mallas que retengan cuerpos extraños (hojas, ramas, basura, etc.) para evitar que ingresen al interceptor.
- 3) Interceptor.- Es el dispositivo que acumula toda el agua del sistema de recolección. Debe de poseer un sistema de lavado de techo, esto para desechar el agua de los primeros instantes de lluvia. Se recomienda muchas veces que el sistema de lavado tenga capacidad para almacenar 1 litro/m² de techo
- 4) Línea de conducción (por bombeo o gravedad).- es la tubería que conecta al interceptor con el tanque de almacenamiento. Puede o no que se requiera bombeo.
- 5) Tanque de almacenamiento.- debe ser diseñado con un balance de agua, para satisfacer los consumos. Es el que implica el mayor porcentaje del costo de implementación. El tanque debe ser impermeable, con tapadera de tamaño amplio que permita el acceso para la



limpieza y mantenimiento. Se debe evitar que incidan sobre el agua los rayos del sol con el fin de evitar la formación de algas, además deberá contar con un rebosadero o dispositivo de alivio, con malla para evitar que ingresen insectos y eliminar volúmenes de agua excedentes que pudieran presentarse. Para el mantenimiento debe contar con sistema de drenaje o bombas si el tanque es enterrado.

- 6) Sistema de tratamiento.- este sistema puede o no implementarse según los usos y la calidad de agua requerida. Puede ser por medios físicos o químicos, como filtros, luz UV, tratamiento con ozono, etc.

El sistema de captación de aguas pluviales y la red de agua potable se pueden adaptar para tener un sistema híbrido, que emplee cuando sea necesario agua potable de la red, cuando ésta no se requiera que sea potable del sistema de captación.

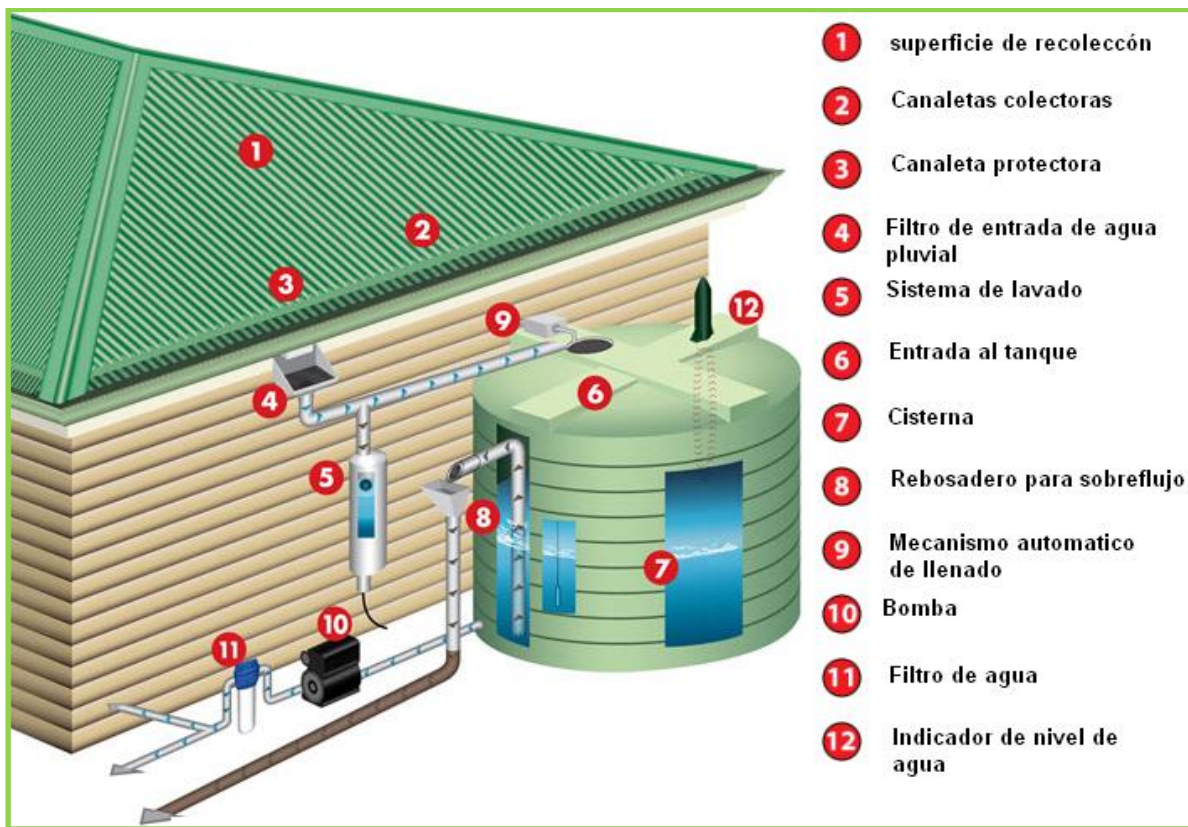


Figura 4-4 Componentes de un sistema de captación de aguas pluviales. Fuente: www.watercache.com.



4.4 Sistemas de tratamiento.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales se compone básicamente de 3 etapas que son:

- 1) Tratamiento Primario: en esta etapa se remueven sólidos y partículas de gran tamaño, arenas, grasas, etc. por medios mecánicos.
- 2) Tratamiento Secundario: en esta etapa se busca reducir principalmente la carga de materia orgánica contenida en el agua, producidas por la actividad humana, para que el efluente pueda ser descargado o pase a un tratamiento terciario, según la calidad requerida.
- 3) Tratamiento terciario: con esta etapa se mejora la calidad del efluente, aplicando algún proceso de desinfección y si se quiere este puede volver a ser potable, dependiendo de las necesidades.

En cuanto a sistemas de tratamiento de aguas residuales, existen varias opciones, pero mencionaré los que considero como los más empleados, de bajo costo y/o mantenimiento.

4.4.1 Sistemas de tratamiento primario

4.4.1.1 Tanque Séptico (tipo de tratamiento anaerobio)

Es útil para manejar volúmenes pequeños de agua (generalmente menores a 20m³), ya sea para aguas negras y aguas grises combinadas o separadas. El tanque séptico puede ser descrito como un cajón rectangular impermeable y hermético, la mayoría de las veces hecho con ladrillos, mortero y cemento. Este cajón por lo general va hundido en el suelo, debe poseer tapaderas para su inspección y vaciado además de tener un sistema para liberación de gases del proceso anaerobio. En él se dispondrán las aguas residuales, para permanecer ahí un cierto periodo de tiempo. Durante este periodo se separa la parte sólida de la líquida, por un proceso de sedimentación simple y parte de la materia sólida se descompondrá por acción de las bacterias, la otra precipitará en el fondo (el lodo que precipita deberá ser removido con frecuencia). El efluente obtenido al final del proceso sale parcialmente tratado y debe recibir un tratamiento aerobio ya que la cantidad de materia orgánica aún es muy elevada y no debe verterse sin un tratamiento previo.

Ventajas

- ❖ No requiere mantenimiento frecuente y fácil operación si se diseña bien el sistema de extracción de lodos
- ❖ Bajo costo de construcción y operación, apto para lugares de bajos recursos donde no se cuenta con servicios básicos.



Desventajas

- ❖ Maneja volúmenes de agua muy pequeños y por la baja calidad del efluente no pueden ser vertidos en cualquier lugar.

4.4.1.2 Tanque Imhoff

La finalidad de este sistema es la remoción de lodos. Su ventaja reside en que combina la sedimentación y digestión de lodos en uno solo. Recomendado para tratar volúmenes más grandes que el tanque séptico. Se recomienda que el influente reciba un pretratamiento que consiste en cribado y remoción de arenas. El tanque Imhoff consta de dos zonas: la parte superior en la cual ingresará el agua y se llevará a cabo la separación de sólidos por sedimentación y la inferior en la que se llevará a cabo la digestión de lodos, donde se descompondrá la materia orgánica y se convertirá en lodo. En él se encuentran 3 compartimientos:

- ❖ Cámara de sedimentación
- ❖ Cámara de digestión
- ❖ Cámara de aireación y acumulación de natas.

Su funcionamiento consiste en que el flujo al pasar por la cámara de sedimentación se remueve la mayor cantidad de sólidos y estos al depositarse en el fondo resbalan por las paredes inclinadas, pasando a la cámara de digestión a través de una ranura ubicada en el fondo del sedimentador. Esta ranura impide que los gases y los sólidos de la digestión interfieran con la sedimentación. Los gases producidos se desvían a la cámara de aireación. Los lodos producidos por la digestión al igual que el tanque séptico deben ser removidos periódicamente.

Ventajas

- ❖ El efluente es de mejor calidad que el tanque séptico, además de no descargar lodos en el efluente.
- ❖ Bajo costo operación además no requieren tanta superficie.

Desventajas

- ❖ Debe tener mucha profundidad para su construcción aumentando el costo considerablemente. En ocasiones pueden desprender olores.
- ❖ Aunque la calidad sea mayor al tanque séptico sigue siendo mala para ser descargada directamente sin un tratamiento secundario.



4.4.1.3 Reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

Este sistema por el hecho de ser compacto es muy empleado para el tratamiento de aguas de los rascacielos o edificaciones de gran tamaño, además logra remover compuestos tóxicos como orgánicos de aguas residuales comunes. Es conviene para tratar aguas residuales con niveles de contaminación medio-alto. El tratamiento se lleva a cabo de manera anaerobia, que es un proceso biológico en el cual la materia orgánica se transforma en compuestos orgánicos y biomasa, principalmente y un producto de esto es el llamado biogás. Su funcionamiento se puede resumir como sigue:

El reactor se compone de una bomba y un depósito rectangular o circular en él se hace ingresar el influente por la parte inferior del depósito. Mediante un distribuidor el flujo entra y atraviesa una capa de lodo constituida por partículas formadas biológicamente. El tratamiento comienza al entrar en contacto el influente con la capa de lodo. Por encima de dicha capa hay dos sistemas colectores, uno para biogás (CO₂ y metano básicamente) y otro para el efluente tratado, que son dos de los tres subproductos de la reacción anaeróbica, el otro es el lodo. El gas producido circula en el interior ayudando a la formación y manteniendo la capa de lodo (**Figura 4—5**). El influente puede atrapar gránulos de la capa de lodo por lo que el tratamiento posterior es necesario.

Ventajas

- ❖ A diferencia de los mencionados anteriormente los desechos producidos son muy pocos.
- ❖ El biogás producto del tratamiento se puede emplear para generación eléctrica.
- ❖ Bajo costo y de dimensiones reducidas, ideal para edificios, o uso industrial.
- ❖ Alta eliminación de materia orgánica.

Desventajas

- ❖ No elimina nutrientes, ni patógenos.
- ❖ Dificultades durante la puesta en marcha, ya que requiere de condiciones y requiere energía eléctrica.
- ❖ Requiere de etapas de tratamiento previo y posterior cerca del reactor.

Alternativas similares al reactor UASB se encuentran los llamados de tercera generación que están entrando en el mercado como los EGSB, los de lecho fluidizado y circulación interna que se están diseñando para poder ser adaptados y empleados en la edificación.



Figura 4-5 Componentes de un Reactor UASB. Fuente: <http://intalaspengolahanairlimbah.blogspot.mx/>

4.4.2 Sistemas de tratamiento secundario

Complementario a los sistemas primarios mencionados anteriormente existen diversos sistemas para el tratamiento secundario, aunque una de las tendencias actuales en sustentabilidad para el tratamiento de aguas residuales en edificaciones es el uso sistemas que incorporen vegetación, la cual es capaz de realizar los procesos de tratamiento, dando como resultado un efluente de agua con una calidad aceptable para ser descargada a la red de alcantarillado o algún cuerpo de agua, además de ser agradable a la vista.

4.4.2.1 Humedales

Llamados biofiltros, pantanos, son zonas de transición y sirven de enlace entre los ecosistemas terrestres y acuáticos. Los humedales sirven a manera de filtros y captadores de nutrientes y compuestos orgánicos e inorgánicos los cuales son empleados por la vegetación para su crecimiento. Estas capacidades los hacen ideales para tratar las aguas residuales urbanas e industriales.

El humedal se compone de un área de inundación poco profunda la cual alberga vegetación y microorganismos a manera de un micro-ecosistema (Figura 4—6). En él se retendrá el caudal un cierto periodo de tiempo en el que las plantas y microorganismos harán la labor de reducir la carga contaminante del agua. El caudal de agua debe ser previamente tratado para poder ingresar al humedal, algunos procesos son el cribado (fino y grueso), desarenado, separación de grasas. Además debe poseer aliviaderos para excesos por agua de lluvia y en algunos casos el empleo de tanques de pre-aireación.

El uso de humedales se emplea como tratamiento secundario aunque puede ser empleado como tratamiento primario o terciario según los requerimientos y características del caudal.

El lecho que albergará vegetación debe ser granular (gravas arenas) evitando el suelos finos, ya que no se desarrollará bien la vegetación además de favorecer la proliferación de vegetación invasora. La selección de la vegetación deberán ser plantas hidrófitas²⁹, que pueden ser libres flotantes o sumergidas, enraizadas con hojas flotantes o sumergidas y anfibias.

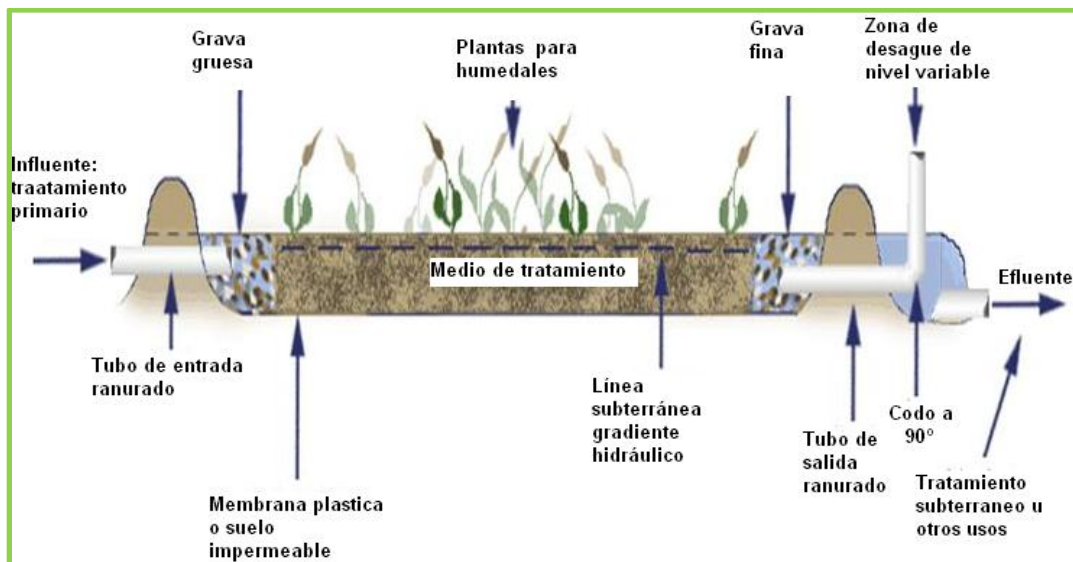


Figura 4-6 Humedal artificial, modelo esquemático. Fuente: pgoforth.myweb.uga.edu.

Ventajas

- ❖ El principal argumento para el empleo de los humedales artificiales son los costos relativamente bajos de mantenimiento la estabilidad de operación
- ❖ Otro aspecto importante es que los humedales artificiales no producen lodo.
- ❖ Eliminan metales pesados los cuales son altamente tóxicos, además de ayudar a reducir calentamiento global y en algunos casos a recargar los mantos acuíferos (Tabla 4—2).
- ❖ Algunos procesos de degradación ocurren en forma más rápida con plantas que con microorganismos.
- ❖ Es un método apropiado para descontaminar superficies grandes o para finalizar la descontaminación de áreas plazos largos.
- ❖ Pueden ser empleados con fines turísticos.

²⁹ Plantas acuáticas o macrófitas, son plantas adaptadas a los medios muy húmedos o acuáticos tales como lagos, estanques, charcos, estuarios, pantanos, orillas de los ríos, deltas o lagunas marinas



- ❖ Se pueden implementar en las azoteas de grandes edificios.

Tipo	Proceso involucrado	Contaminante tratado
Fitoextracción	LA planta se emplea para concentrar metales en hojas y raíces	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc
Rizofiltración	Las raíces se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir del influente y degradar compuestos orgánicos	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir su movilidad y evitar que pasen al subsuelo o al aire	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Se emplean para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (hongos y bacterias)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano)
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Explosivos (TNT , DNT , RDX , nitrobenzono, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT , pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Tabla 4—2 Procesos empleados por plantas para eliminar contaminantes. Fuente: www.ecojoven.com

Desventajas

- ❖ El proceso se limita a la profundidad de penetración de las raíces o aguas poco profundas.
- ❖ Requieren grandes extensiones de tierra.
- ❖ Los tiempos de proceso de tratamiento pueden ser largos.
- ❖ La biodisponibilidad de los compuestos o metales es un factor limitante en la captación.
- ❖ Vegetación invasora

4.4.2.2 Máquinas vivas (*living machines*®)

Es un sistema patentado de ingeniería que está diseñado para tratar las aguas residuales del sistema de drenaje de las edificaciones en sitio. El tratamiento se realiza en tanques que albergan bacterias y plantas, que por medio de procesos aerobios y anaerobios, se remueven agentes patógenos, y nutrientes dando como resultado un efluente que puede ser reutilizado o dispuesto de manera segura. El tipo más común del sistema Máquinas Vivas es el sistema hidropónico, el cual consiste de dos tanques anaerobios, un tanque aerobio cerrado y tres tanques aerobios abiertos (hidropónico), un clarificador, humedal artificial y/o filtro o sistema de desinfección (puede ser UV)

Ventajas

- ❖ Se pueden emplear al interior de la edificación, dando un mejor aspecto al mismo además de ayudar a mejorar la calidad de aire interior.



- ❖ Se puede regular su funcionamiento dependiendo de la cantidad de contaminantes, del influente.
- ❖ Usa un proceso similar al de los humedales, pero requiere menor espacio y superficie que estos.
- ❖ En él puede llevarse a cabo hasta el tratamiento terciario

Desventajas

- ❖ Al ser una solución patentada no existen manuales de cómo deben diseñarse completamente, por lo cual solo se pueden hacer diseños esquemáticos.
- ❖ Aunque es más compacto que un humedal, ocupa buena cantidad de espacio y superficie.



Capítulo 5. Materiales

Se pueden utilizar diversos materiales para construcción, desde el barro tradicional hasta complejos plásticos y poliformas que facilitan el armado, construcción y cimentación de las edificaciones. Sin embargo, en la actualidad las consecuencias de la sobreexplotación de recursos naturales, el calentamiento global y la contaminación excesiva debida a los desperdicios, hacen necesaria la producción y utilización de materiales que tengan un impacto menor en el medio ambiente y sean fabricados lo más ecológicamente posible como por ejemplo los GBP (Green Buildings Prodcuts) y GBM (Green Buildings Materials).

Optar por materiales fabricados con un impacto ambiental mínimo, no es sencillo. La mayor parte de las personas y las empresas no consideran el origen de los materiales comunes, así como su fabricación y no existe regulación alguna que integre información completa y detallada acerca de sus características. Resultado de esto es que cada institución certificadora de GBP's y GBM's califique de una forma diferente a cada producto *responsable ecológicamente*, ya sea por los niveles de contaminación que genera en el edificio para el caso de las pinturas; si la tala de árboles es administrativamente sustentable para las maderas o si al fabricar el producto se utilizó un mínimo de energía, etc. Con esto cada empresa o persona da a su producto la denominación de *Ecolabeling* o etiquetado ecológico. Estos materiales pueden ser evaluados a partir de su contaminación en la fabricación, Ciclo de vida (ambientales o sociales), LCA; por la forma de extraer el material o materia prima o que en su fabricación se halla requerido poco consumo de energía o bien si esta hecho a partir de materiales reciclados.

En proceso de acordar su forma de evaluarlo se encuentran instituciones ecológicas como: The Blue Angel en Alemania, The Nordic Swan en los países nórdicos y la The European Union, en Europa. Sin embargo y a pesar de utilizar el ciclo de vida LCA³⁰ como herramienta, la cual nos proporciona algunos datos de materiales, la entera selección de los materiales sustentables queda a criterio del proyectista.

Entonces una *construcción sustentable* se refiere a la misma construcción, pero empleando materiales con atributos de mínimo impacto ambiental, ya sea con productos GBP como llaves de agua, sanitarios, cristales para ventanas o focos todos ellos ahorradores o con materiales GBM que generalmente son de materiales reciclados utilizados aisladamente en áreas o partes específicas. Éstos son usados en distintas proporciones para que los materiales de construcción no pierdan sus propiedades de resistencia, flexibilidad y durabilidad. En este caso

³⁰ Life-Cycle Assessment, LCA; también conocido como análisis de ciclo de vida, equilibrio ecológico y análisis de la fabricación). Es una técnica para evaluar los impactos ambientales asociados con todas las etapas de la vida de un producto desde la extracción de materias primas a través de procesamiento de materiales, fabricación, distribución, uso, reparación y mantenimiento, y la eliminación o reciclaje).



podemos mencionar materiales de plástico reciclado como el PET, usado para la edificación ecológica; madera empleada por su baja o nula propiedad contaminante; y el concreto reciclado el cual no es utilizado en su totalidad.

Existe una gran controversia en cuanto a los materiales sustentables, pues cuando un producto es fabricado puede llegar a requerir más energía de la que pudo ahorrarse si se utilizara un sustituto. En otros casos el material puede tener larga vida pero en su sola fabricación produjo una mayor contaminación o viceversa. Como ejemplo de esto, actualmente se están fabricando autos eléctricos que funcionan con baterías, de esta forma no contaminan el ambiente al no utilizar gasolina o diesel durante su vida útil. Sin embargo, la fabricación de la batería ha producido contaminación y al término de la vida útil de la misma se tendrá basura altamente contaminante por los ácidos que contiene.

5.1 Herramientas de Selección para Materiales de Construcción Sustentable

Mencionamos algunas de las características y herramientas que son utilizados para elegir materiales responsablemente ecológicos, esto parte de 3 premisas principales:

- ❖ Reducir o mantener el consumo mínimo de materiales, esto con la finalidad de evitar sobreexplotar la fabricación o aumentar la demanda de alguno de productos o materiales.
- ❖ Deconstrucción, siendo más correcto decir un desmantelamiento o desmonte donde básicamente es la reutilización de desperdicios o materiales que han terminado su vida útil en otra edificación.
- ❖ Reciclado de productos. El igual que la deconstrucción consiste en la reutilización de materiales reciclados que de igual forma formen parte de otros productos reciclados.

De esta forma el principio fundamental al utilizar y reutilizar materiales para reducir la explotación de recursos naturales, minimizando y controlando la contaminación, denominado *Cradle to Cradle*³¹, principio que en nuestras economías de gran escala esta siendo aplicado para controlar los residuos y transformarlos en material utilizable.

La reutilización del concreto en los nuevos edificios o carreteras; reciclado de cristal como: embaces de vidrio, ventanas, botellas de refresco, etc.; reciclado de metal, en donde la mayor parte de los metales pueden reciclarse con una pérdida mínima en el proceso. La clasificación para el reciclado no es sencilla puesto que existen infinidad de materiales con características tan diversas. Sin embargo se han propuesto dividirlo los materiales de la siguiente forma (**Tabla 5—1**).

³¹ De la cuna a la cuna, es un libro en el que se concibe un enfoque distinto al del reciclaje tradicional el cual se plantea que desde el propio diseño y concepción de cualquier producto, estrategia o política se tengan en cuenta todas las fases de los productos involucrados (extracción, procesamiento, utilización, reutilización, reciclaje...) de manera que ni siquiera sean necesarios los gastos de energía, o incluso que el balance de gastos y aportes sea positivo



Naturaleza	Tipo de Material	Clasificación	Descripción
Mineral	Pétreo	Natural	Aquellos que se emplean tal cual provienen de la naturaleza como piedras, agregados (grava, arena)
		Artificial	Cerámicos: aquellos que han pasado por un proceso de cocción como ladrillo, tejas, vidrio, azulejos
	Bituminoso	Asfalto	Material viscoso, pegajoso y de color negro, usado como aglomerante en mezclas asfálticas
	Aglomerante	Cemento	Conglomerante que forma parte de los componentes principales de la mezcla de concreto
		Yeso	Empleado en acabados, como plafones, repellados.
		Acero	Aleación de hierro empleada para la estructura del edificio
	Metálico	Cobre	Material mas empleado por sus propiedades para instalaciones hidráulicas
Aluminio		Su uso se puede reducir a cancelería y con algunos fines decorativos.	
Vegetal	Madera		Material resistente empleado como elemento estructural o como piso, muros, y con fines decorativos
Complementario	Vidrios		Material duro, frágil, transparente y amorfo empelado para la envolvente del edificio y como elemento decorativo
	Pinturas		Material decorativo usado en acabados como capa protectora
	Plásticos		Material hecho de polímeros empleado para tuberías, y diversos tipos de instalaciones

Tabla 5—1 Materiales más comúnmente empleados en la construcción. Fuente: Elaboración propia.

Esta clasificación servirá como una herramienta que nos ayudará a elegir con mayor certeza los materiales de menor impacto al medio ambiente. Como hemos mencionamos dentro de las características de sustentabilidad se encuentra la energía necesaria para la fabricación de dicho producto o material denominado como *Energía Incorporada*³². La energía

³² MJ/Kg, MegaJoule/kilogramo. Unidad de energía necesaris para producir un kilogramo de material



total se refiere al ciclo de vida en donde incluye la extracción de materias primas, transporte, fabricación, montaje, instalación, desmontaje, la deconstrucción y/o descomposición. Al ser un concepto que se está incorporando a los valores de los productos, aun no se ha determinado un sistema de medición debido a las distintas variables que conforman los ciclos de vida, pero hay consensos de que un producto puede ser comparado con otro en cuanto a la Energía Incorporada.

En algunos casos no se mide la energía incorporada en MJ/Kg, sino que es medida en emisiones de dióxido de carbono (toneladas de CO₂)³³. Pero el parámetro de medición utilizado más frecuentemente es el ciclo de vida LCA.

5.2 Análisis del Ciclo de Vida

El análisis ciclo de vida se refiere a que una evaluación justa e integral requiere la evaluación de la producción de materias primas, fabricación, distribución, uso y disposición, incluyendo todos los pasos intermedios necesarios, como el transporte o aquello ocasionado por la existencia del producto (**Figura 5-1**).

5.2.1 Objetivo y alcance

El análisis del ciclo de vida (LCA) es una metodología que trata de identificar, cuantificar y caracterizar los impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto. Básicamente, se enfoca al rediseño de productos bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas son limitados y se utilizan más rápido de lo que se regeneran o como surgen nuevas alternativas. Este es un paso clave y las normas ISO exigen que el objetivo y el alcance de un LCA estén claramente definidos y consistentes con la aplicación prevista. El documento objetivo y el alcance incluye tanto detalles técnicos que guían el trabajo posterior: la unidad funcional, que define con precisión lo que se está estudiando y cuantifica el servicio prestado por el sistema de producto, proporcionando una referencia a que las entradas y salidas pueden estar relacionados; los límites del sistema; ninguna hipótesis y limitaciones; los métodos de asignación se utiliza para dividir la carga ambiental de un proceso cuando varios productos o funciones comparten el mismo proceso; y las categorías de impacto elegido.

5.2.2 Variantes del LCA

Cradle-to-grave

Es la evaluación del ciclo de vida completo, desde la extracción de recursos para utilizar (Cradle) y la fase de eliminación (Grave). Por ejemplo, los árboles empleados para producir papel, éste puede ser reciclado en la producción de celulosa de baja energía para posteriormente convertirse en aislamiento de celulosa, que mezclado con hidróxido de aluminio le confiere propiedades, ignífugas, fungicidas e insecticidas.

³³ Toneladas de dióxido de carbono generadas para producir un Kilogramo de material

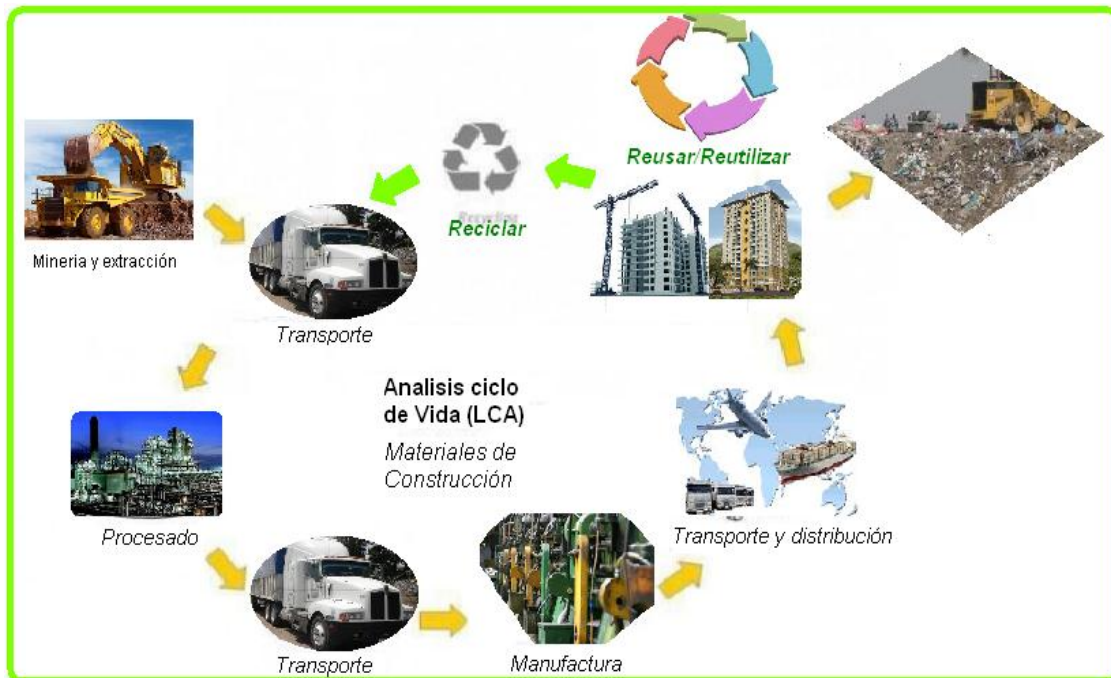


Figura 5-1 Etapas a considerar en el análisis ciclo de vida para materiales de construcción. Fuente: Elaboración propia.

Cradle-to-gate

Es una evaluación del ciclo de vida del producto, desde la extracción parcial de los recursos (la base) hasta la puerta de la fábrica (es decir, antes de ser transportado al consumidor). La fase de uso y la fase de eliminación del producto se omiten en este caso. Este tipo de evaluaciones a veces son la base de las declaraciones ambientales de producto (EPD) denominados negocio-a-negocio EDP³⁴

Cradle-to-cradle / Open Loop Production

Es un tipo específico de evaluación, donde la etapa de disposición final de la vida útil del producto es un proceso de reciclaje. Es un método utilizado para reducir al mínimo el impacto medioambiental de los productos mediante el empleo de una producción sostenible, el funcionamiento y las prácticas de eliminación tienen como objetivo incorporar la responsabilidad social en el desarrollo de productos. Desde el proceso de reciclaje se originan nuevos productos idénticos (por ejemplo, el pavimento de asfalto, de pavimento de asfalto descartado, botellas de vidrio de botellas de vidrio recogidos), o productos diferentes (por ejemplo, aislamiento de fibra de vidrio de botellas de vidrio recogidos). La asignación de la carga de productos en este sistema constituye un importante desafío para el LCA.

³⁴ Las declaraciones ambientales de producto (etiquetas tipo III), tal como las define la ISO 14025, facilitan la comunicación objetiva, comparable y creíble del comportamiento ambiental de los productos. Estas declaraciones presentan la información ambiental cuantificada basada en el análisis del ciclo de vida (ACV) y permiten la comparación entre productos que cumplen la misma función.



Gate-to-gate

Es una vista parcial LCA observando sólo un proceso de valor añadido en la cadena de producción. En este tipo de evaluación los módulos también pueden estar vinculados más tarde en su cadena de producción adecuándose para formar parte de la evaluación completa del material a través del LCA.

Well-to-wheel

Es la LCA específico utilizado para combustibles y vehículos de transporte. El análisis se suele dividir en etapas titulado "well-to-station", o "pozo-a-tanque", y "station-to-wheel" o "tanque-a-rueda", o "plug-a-rueda". La primera etapa, que incorpora la producción de materia prima o combustible al procesamiento y el consumo de combustible al de transmisión de energía, se llama etapa de la "upstream", mientras que la etapa que se ocupa de la operación del vehículo en sí se denomina a veces etapa. "downstream" El análisis de las ruedas es comúnmente utilizado para evaluar el consumo total de energía, o la eficiencia de conversión de energía y el impacto de las emisiones y desplazamiento de embarcaciones, aeronaves y vehículos de motor, incluyendo sus residuos de carbono, así como los combustibles utilizados en cada uno de estos modos de transporte.

5.3 Materiales para Construcción

Sabemos que existe un infinito número de materiales, desde la cimentación como el concreto, metales, elementos pétreos, hasta materiales para instalaciones, acabados y el funcionamiento de las edificaciones. Una de las razones por las cuales utilizar distintos materiales es: la funcionalidad y la mejoría de las características internas, agregando los costos de implementación. En términos generales los materiales más comúnmente empleados en la construcción se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Concreto
- Maderas y productos derivados de árboles
- Materiales extraídos de la tierra
- Metales
- Mampostería
- Plásticos y polímeros
- Asfalto y Pavimento
- Biomateriales
- Material rocoso y agregados



5.3.1 Concreto

El concreto es el material resultante de la mezcla de cemento (u otro conglomerante) con áridos (grava, gravilla y arena) y agua. La principal característica estructural del concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tensión como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las sollicitaciones por tensión o cortante sean muy bajas. Debido a su desventaja, es habitual usarlo en combinación con acero, recibiendo el nombre de concreto armado.

Según datos del Instituto Mexicano del Concreto y del Cemento (IMCyC) la producción de cada ton de cemento Portland contribuye con cerca de una ton de bióxido de carbono (CO₂) que se emite a la atmósfera. Cerca de la mitad de dichas emisiones se deben a la calcinación de piedra caliza y la otra parte se origina con la combustión de combustibles fósiles. En la actualidad, la producción en el nivel mundial de cemento equivale a cerca de 7% de la generación total mundial de CO₂. Esta proporción se espera que permanezca constante durante la próxima década (**Tabla 5—2**).

Continente	Producción	Consumo
América	228	232
Europa	346	334
Asia	2303	2267
África	146	161
Oceanía	10	11
Total	3033	3005

Tabla 5—2 Producción y consumo mundial de cemento 2009, en millones de toneladas. Fuente: Federación Interamericana del Cemento (FICEM), *Informe estadístico*, 2011.

Se estima que su producción y consumo continuarán en aumento lo que equivale a un mayor consumo de recursos para extraerlo. Como consecuencia el impacto ambiental será mayor, así entonces la propuesta de la reutilización del concreto ayudará a reducir este impacto en conjunto con la mezcla del mismo con otros materiales, por ejemplo:

Cenizas volantes (Fly Ash). Material cementante producto de la combustión del carbón en las plantas térmicas, el cual puede llegar a sustituir al cemento portland hasta en un 50% de su masa sin comprometer las características del concreto.

Escoria granulada de alto horno (EGAH). Puzolana artificial resultado de la fundición del acero. Sustituye la cantidad de cemento portland de un 15% - 80%.

Humo de sílice (silica fume). Es un subproducto que se origina en la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón de hornos eléctricos de arco, para la producción de silicio y aleaciones de ferrosilicio. Su porcentaje de sustitución del cemento es hasta del 10%.

Metacaolín. Es un material cementante suplementario (aluminosilicato activado térmicamente) producto del tratamiento térmico del caolín.



La mezcla del concreto con otros materiales ha abierto una amplia gama de opciones que reducen notablemente el consumo del cementante, algunas de las opciones que se proponen son:

La mezcla de concreto superfluidificado que contiene entre 60% y 70% de ceniza volante o de escoria de alto horno como proporción en volumen del material cementante total ha denotado una alta resistencia y gran durabilidad a una edad relativamente temprana. Así, la sustitución a gran escala del cemento en el concreto por subproductos industriales y por otros materiales puzolánicos resultará sumamente ventajosa desde el punto de vista de economía, eficiencia energética, durabilidad y desarrollo sustentable. El empleo de cenizas en el concreto dependerá de la calidad de éstas.³⁵

Concreto reciclado: puede sustituir hasta un 30% en el agregado fino (Kibert, 2009).³⁶ El concreto reciclado es simplemente el concreto viejo que se trituró para producir agregado. El agregado de concreto reciclado se usa principalmente en la reconstrucción de pavimentos. Se lo ha usado satisfactoriamente como un agregado en sub-bases granulares, sub-bases de concreto magro, suelo-cemento y en el concreto nuevo como la única fuente o como remplazo parcial del agregado nuevo.

Plásticos: algunas veces combinados con otros materiales como las cenizas volantes, son empleados en concretos poliméricos, pueden llegar a sustituir en un 10 a 15% dependiendo de la forma de construcción, su utilidad y la calidad de la ceniza.

Vidrio: se puede utilizar en la cantidad que se requiera, generalmente utilizado para darle vista y/o acabados. La combinación con el concreto puede llegar a producir reacciones alcalí-silica lo cual trae como consecuencia la degradación del concreto comprometiendo la durabilidad.

Algunas alternativas sustentables al concreto convencional, propuestas por el IMCyC serían:

Concreto celular: Presenta atributos como propiedades térmicas y acústicas, ahorro de energía (llega a ahorrar hasta el 35 % en el consumo eléctrico de aire acondicionado o calefacción), asimismo permite reducir cargas muertas, es resistente al fuego, favorece operaciones de colocación y disminuye la permeabilidad, además al ser elaborados de manera exacta existe menor desperdicio de material y disminuye el tiempo de construcción. Los paneles elaborados con concreto celular son llamados tabiques del futuro.

Concreto reforzado con fibras: Dada la flexibilidad de los métodos de fabricación es un material económico y versátil para la construcción de vivienda. Busca remplazar las barras de acero y la malla de alambre soldado.

³⁵ Concreto: Material de Construcción del siglo XXI, Perez, Mireya
<http://www.imcyc.com/cyt/junio04/siglo.htm>

³⁶ Diariamente se tiran alrededor de 4 mil 500 toneladas de residuos de la construcción en la Ciudad de México de acuerdo a datos de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT) del DF



Si bien la mezcla de concreto con otros materiales propone cambiar las características del concreto, hoy en día se continúan realizando estudios de pruebas químicas y a nivel molecular en el concreto para mejorar su desempeño. El objetivo principal de estas investigaciones se centra en una mayor resistencia y durabilidad.

5.3.2 Metales

Los metales que se emplean en la construcción deben de cumplir una serie de características como lo son su fácil obtención, el ser moldeables y con ciertas resistencias químicas y físicas. Entre los materiales metálicos utilizados en la edificación podemos mencionar al hierro, plomo, cobre, zinc, estaño, aluminio. Dadas sus características como sus propiedades mecánicas como resistencia a la tensión y flexibilidad han hecho que su uso en la construcción sea casi indispensable. Los beneficios aportados estructuralmente ofrecen una mayor resistencia en combinación con el concreto, formando el alma de la estructura. Su maleabilidad permite un mejor manejo y adaptación a las condiciones de trabajo además de agregar ductilidad, durabilidad como estructura independiente y como parte de la construcción.

Los metales utilizados en la edificación desde su extracción hasta su puesta en obra, requieren un alto consumo energético, además de que en su producción existe emisión de sustancias nocivas a la atmósfera. De ahí que el proceso que representa la extracción de ellos es un fuerte impacto al ambiente. De la gama de metales que tenemos sólo una pequeña parte es utilizada en la edificación, pues sus propiedades químicas llegan a producir componentes tóxicos y dañinos para el ambiente como para seres vivos. El principal problema de contaminación aparece cuando deben ser protegidos para evitar su corrosión. Requieren tratamientos de protección con base de pinturas férricas o galvanizados altamente impactantes, pero su mayor ventaja radica es que todos los metales son casi totalmente reciclables.

Sin embargo y a pesar de lo que el uso de metales representa, se ha consolidado como uno de los materiales indispensables en la construcción. Derivado de ello las prácticas de sustentabilidad se centran no en la obtención sino en el reciclado y reutilización de los metales durante la construcción, duración y término de vida del proyecto.

En este contexto tal vez la característica más importante en cuanto a la sustentabilidad de los metales sea el reciclado indefinido que posee. Esto reduce en gran medida el consumo de energía incorporada, pues en el reciclado se requiere menor consumo de energía para volver a obtener un metal puro, evitando la emisión de residuos y de contaminación de la extracción. A esto se le agrega el ciclo de vida prolongado que también poseen los metales evitando el consumo continuo del mismo, característica que lo hace sustentable.

La elección de los metales a utilizar va a depender de las exigencias particulares de rendimiento de cada proyecto o uso, es por eso que no se puede dar un concepto de cuál es el mejor o el peor, dado que el mejor para uno puede no serlo para el otro.



Los metales actualmente tienen 2 orígenes (**Figura 5-2**):

1. A partir de materias primas.
2. A partir de material reciclado (**Tabla 5—3**).

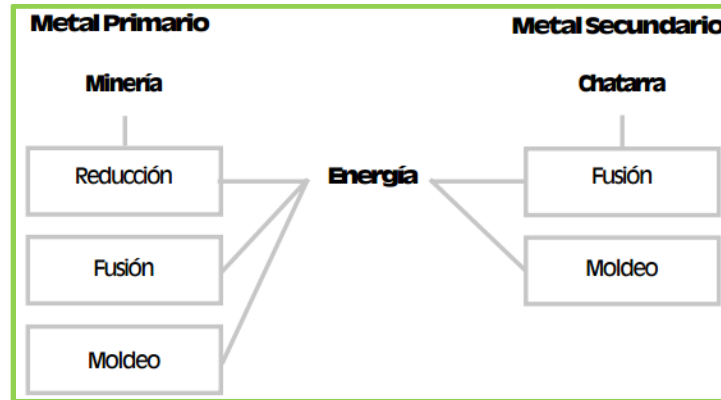


Figura 5-2 Etapas en la fabricación de metal primario y de metal secundario. Es en la primera etapa, la de reducción donde se considera que esta el mayor impacto de los metales. Fuente: Elaboración propia.

Las prácticas más sustentables en la producción de metales además del reciclaje, se enfocan en 2 aspectos básicamente que son: reducción de consumos de energía y reducción de GEI, principalmente CO₂.

Estadísticas de productos de acero Tasas de reciclaje	Ahorro de Energía (Estimado de ahorro de energía obtenido por la fabricación de productos con chatarra no ferrosa)	Beneficios del uso de hierro y acero de chatarra en lugar de material virgen para fabricar acero nuevo:	Porcentaje de materias primas estadounidenses para satisfacer la demanda de los E.E.U.U. que comúnmente se satisface con materiales reciclados metales no ferrosos:
Latas de acero 58,2% Electrodomésticos 76,4% Automóviles 97,9 %	Aluminio 95% Cobre 85% Plomo 65% Zinc 60%	Ahorro de energía del 74% Ahorro en materiales vírgenes 90% Reducción en el consumo de agua un 40% Reducción de la contaminación del agua un 76% Reducción de la contaminación del aire en un 86% Reducción en la minería consume el 97% Reducción de desechos de consumo generado 105%	Aluminio 95% Cobre 85% Plomo 65% Zinc 60%

Tabla 5—3 Beneficios del reciclado de metales. Fuente: Institute of Scrap Recycling Industries.

5.3.3 Madera

Es un material utilizado ampliamente desde los orígenes del hombre. Las características que muestra lo hacen un material con flexibilidad y adaptación a casi cualquier construcción debido a que es fácil de trabajar, estructuralmente resistente. La funcionalidad como aislante térmico y eléctrico, (si no se humedece), genera construcciones únicas con ambientes relajantes y acogedores. Algunos de los beneficios que ofrece el empleo de maderas en el diseño y construcción de las edificaciones incluyen:

- ❖ El uso de recursos renovables
- ❖ Flexibilidad en el diseño



- ❖ Construcción racional
- ❖ Reducción del mantenimiento
- ❖ Bajo consumo de energía
- ❖ Bajas emisiones en el interior

La madera derivada de los árboles llega a representar un recurso natural sustentable y renovable. Durante el crecimiento de los árboles contribuye a la purificación del medio ambiente. Requieren de energía solar para su crecimiento, capturan el dióxido de carbono (aún después de ser convertido en tablonés, placas, etc.), y purifica el aire. El problema contra el que se enfrenta el reciclado de los bosques es la tala excesiva para obtener la madera, convirtiéndose en una actividad no sustentable que amenaza con destruir ecosistemas y biodiversidad.

Una administración sustentable de los bosques que certifique que la madera ha sido producida mediante un control adecuado, el uso de madera recuperada (reutilización y reciclaje); las estrategias de: uso eficiente de recursos, reducción de residuos y construcción de estructuras durables y el uso de barnices y tratamientos no tóxicos que prolonguen la vida útil de la madera son alternativas de sustentabilidad y que reducirán el impacto ambiental. Algunas alternativas sustentables para el uso de madera son:

En México la certificación forestal es un proceso mediante el cual se garantiza que el proceso de extracción forestal se realiza de manera controlada, asegura que la forma en la que se extrae madera no pone en riesgo la existencia del bosque en el futuro. Esta certificación se conoce como certificación de manejo.

Por otro lado, para poder asegurar que un producto además de que viene de un bosque bien manejado, viene de un proceso de transformación en el cual se utilizó solamente madera de bosques bien manejados, es necesario que la cadena de producción se certifique. Esta certificación se conoce como cadena de custodia.

Desde la perspectiva del consumidor, la certificación es una herramienta que le da información sobre su compra, garantizándole que con su consumo no está poniendo en riesgo los bosques del país.³⁷

Reutilización y reciclaje: La reutilización dependerá del tipo de tratamiento al que la madera fue sometida y su condición. El reciclaje involucra un proceso de trituración para la fabricación de tableros aglomerados. La madera recuperada puede ser utilizada como guarniciones, barreras de seguridad, pudiendo emplearse también como elementos complejos (vigas y armaduras), mineralizándola y haciendo paneles de madera-cemento o laminándolas para hacer parquet.

³⁷ Si se compara el número de hectáreas de bosque que se encuentran certificadas, en relación al número total de hectáreas de bosque en México, se tiene que de los 30.4 millones de hectáreas de bosque que hay en el país, el 1.85% se encuentran certificadas. Esto de acuerdo a la superficie de bosque que estima el Anuario de la Producción Forestal 2002.



Acabados y tratamientos de preservación: En cuanto a acabados y preservación de la maderas se buscara que las lacas, barnices y esmaltes empleados contengan un bajo contenido de COV's y partículas toxicas que puedan volatilizarse, a fin de mantener una buena CAI.

Uso eficiente de recursos: Alternativa es la reducción de residuos al fin de la vida útil del edificio mediante el diseño y el desmontaje de las estructuras de madera para posteriormente reutilizarlas en otro edificio o para otros productos.

Actualmente se están buscando diversas alternativas para la preservación y acabados de la madera. Un ejemplo de ello es el empleo de la nanotecnología, la cual busca que la madera tenga una super-hidrofobicidad, una propiedad con muchas aplicaciones, desde impedir el manchado de las superficies y agrietamiento de las maderas por efecto de la humedad, hasta la fatiga térmica de las superficies expuestas al ambiente. Además, esta propiedad puede preservar muebles que están en ambientes húmedos e incluso en condiciones menos higiénicas como es el baño o la cocina y recientemente también se busca que tengan resistencia a la radiación UV, como un producto lanzado al mercado llamado *Nanoseal Wood* de la empresa *Australiana Nanotec Pty Ltd*, el cual no contiene COV's, pesticidas, aceites o solventes.

Existe también el desarrollo de tecnologías para reforzar los elementos de madera, con nanofibras de carbono por ejemplo, dando mayor resistencia a los elementos, con el fin de tener reducciones en las dimensiones de éstos, teniendo un menor consumo del material.

5.3.4 Plásticos

Con el inicio de la revolución industrial y la necesidad de nuevos productos, el uso del plástico se ha hecho cotidiano. Dentro de las diferentes formas que presenta se pueden resumir sus ventajas como durabilidad, resistencia al agua, flexibilidad, ligereza, accesibilidad económica y bajo mantenimiento, además de que en los procesos de reciclado pueden ser reincorporados de forma sencilla y ser reciclables. La desventaja en el uso de plásticos es que a partir de su fabricación al provenir de recursos no renovables como el petróleo, su proceso de fabricación y la combustión de estos arrojan al ambiente desechos y emisiones tóxicas como dioxinas, furanos y metales pesados.

Debido a que el plástico se mezcla con relativa facilidad con otro tipo de materiales para producir plásticos con diversas características, representan una buena alternativa como material sustentable para su uso en la construcción y de infraestructura. En cada proyecto se empleará un plástico que cumpla con las necesidades requeridas, esto determinará sus características principales como dureza, durabilidad, ductilidad, etc. Además de determinar el grado de impacto en el ambiente.

La clasificación de plásticos en México está fundamentada en el código de identificación de la NMX-E-232-SCFI-1999, este se muestra en la **(Tabla 5—4), (Figura 5-3)**



Nombre	Abreviatura (opcional)	Número de identificación
Polietilentereftalato	PET o PETE	1
Polietileno de alta densidad	PEAD o HDPE	2
Policloruro de vinilo o Vinilo	PVC o V	3
Polietileno de baja densidad	PEBD o LDPE	4
Polipropileno	PP	5
Poliestireno	PS	6
Otros	Otros	7

Tabla 5—4 Código de identificación de plásticos. Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química A.C.

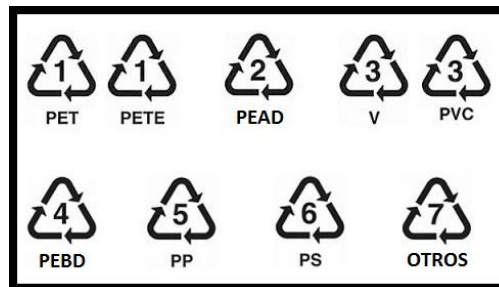


Figura 5-3 Simbología de identificación de plásticos. Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química A.C.

En la figura las flechas que forman esa especie de anillo triangular indican de que el producto plástico puede ser reciclado de alguna forma. Los números son una simple numeración y las letras son las siglas del tipo de plástico. Y como existe una gran diversidad de materiales plásticos, la tipología para identificarlos es variada.

Los plásticos más empleados en la construcción se pueden dividir en 2 ramales principales que son:

Termoplásticos: son aquellos que a altas temperaturas se ablandan o plastifican siendo estos deformables y se vitrifican al enfriarse, esto sin importar las veces que esto se haga. Poseen relativa facilidad de reciclaje.

Termoestables: su estado original es líquido-viscoso o adquiere este estado al ser calentado por primera vez, aunque posteriormente se endurece de modo permanente. Por estas características son de difícil reciclaje (**Tabla 5—5**).

Para el reciclaje del plástico existen tres formas de reciclarlos:

1. Reciclaje mecánico
2. Reciclaje químico
3. Recuperación de energía



Tipo de plástico	Características y uso en la construcción
Polietileno	Es un polímero muy ligero, sólido, incoloro, translúcido y muy flexible. Es atacado por los ácidos, pero resiste bien el agua caliente y la gran mayoría de los disolventes ordinarios. Sus usos más habituales se encuentran en tuberías para líquidos y en láminas plásticas para aislamiento hidrófugo.
Poliestireno	En su estado inicial es un termoplástico incoloro, vítreo, transparente, ligero y resistente a la intemperie, y tiene cierta resistencia mecánica. Su aplicación principal es como espuma de poliestireno, poliestireno expandido o poliestireno extruido.
Poliuretano	Se presenta en forma de espuma de poliuretano y que es muy utilizado como aislamiento térmico. Es un producto que se coloca en obra, por proyección sobre fachadas y cubiertas, o inyectado en la confección de paneles sándwich.
Polimetacrilato	Se trata de un termoplástico, sólido, de aspecto vítreo, estable frente a la temperatura y de buena resistencia mecánica. Por su parecido con el vidrio se le conoce también como vidrio sintético y orgánico, y se utiliza para la realización de rótulos, lucernario, muebles u objetos decorativos
Policarbonato	Es un plástico de características parecidas al anterior, aun cuando resulta más flexible, y que se utiliza la realización de lucernarios, en especial el policarbonato de doble celdilla.
Polipropileno	Se trata de un plástico rígido, transparente, duro, poco resistente a las bajas temperaturas pero muy adecuado para tuberías sometidas a altas temperaturas. Se emplea especialmente para tuberías de calefacción, rótulos, etc.
Policloruro de vinilo	Se la denomina también como cloruro de polivinilo, y habitualmente se conoce como PVC. Se obtiene al prensar ácido clorhídrico. Es termoplástico, con apariencia de polvo blanco en su estado natural, poco estable frente al calor, la luz solar y el agua caliente, pero es inatacable por ácidos y aceites. Se utiliza en forma de planchas, películas, revestimientos, impermeabilizaciones, aislamientos, pavimentos y, sobre todo, en tuberías para saneamiento.
Resinas acrílicas	Es un plástico muy resistente y con cualidades ópticas. A partir de estas resinas se obtiene una variedad plástica, que es el polimetacrilato, así como las pinturas acrílicas.
Poliéster	Es uno de los plásticos de más tardía obtención. Termoestable, resistente a los ácidos, aislante térmico, hidrométrico, tiene una extraordinaria resistencia mecánica. Se utiliza para carrocerías, embarcaciones, estructuras ligeras, placas para cubiertas, depósitos, etc.
Poliamida	Material termoplástico, blanco, translucido, ligero, inalterable frente a la luz solar. Su uso en la construcción se reduce a su intervención en determinados aislantes eléctricos. También se utiliza en fibras textiles de tapicerías en el campo de la decoración.
Poliacetato de vinilo	Se trata de un termoplástico incoloro, de difícil moldeo. Se usa mucho en adhesivos (se le conoce también como cola blanca), así como en impermeabilizaciones, masillas, pinturas (es uno de los componentes



		básicos de las pinturas plásticas y barnices, en forma de dispersión acuosa), pavimentos, etc.
T e r m o e s t a b l e s	Plásticos fenólicos	El más importante es el fenol-formaldehído, conocido como resina fenólica. Es un plástico termoestable que tiende a volverse amarillo frente a la luz solar, soporta temperaturas elevadas. Tiene buena resistencia mecánica y sirve como aislante se utiliza en la composición de tableros laminados de alta presión como formica y el railite.
	Urea Formaldehído	- Se utiliza en la fabricación de conmutadores, interruptores, enchufes, así como en espumas aislantes y barnices. También se utilizan en la composición de tableros laminados y estratificados.
	Melamina	Es un plástico muy antiguo que se caracteriza por ser termoestable, pesado, estable a la luz, admite bien toda clase de coloraciones y es un buen resistente químico, excepto a los ácidos. Se utiliza en chapas de madera (laminados utilizados en carpintería) e intervienen además en la composición de algunas pinturas, esmaltes, lacas, y revestimientos. Las denominaciones formicas, Railite, etc., ayudaran a comprender de qué tipo de plástico se trata.
	Silicona	Es un plástico incombustible, ligero, que es un buen resistente químico y a la intemperie. Tiene un amplio abanico de posibilidades de uso en recubrimientos y barnices, impermeabilizaciones, aislante, y juntas de estanqueidad.
	Epoxi	Es un plástico amarillo, duro, flexible, estable al agua y a la intemperie. Resiste bien como contenedor de los ácidos. Se presenta en forma de resina y es muy utilizado como adhesivo, con un amplio campo de aplicaciones en la construcción actual.

Tabla 5—5 Tipos de plásticos más comunes y sus usos en la construcción. Fuente elaboración propia.

El reciclado mecánico es un proceso físico mediante el cual el plástico después de ser utilizado o como desecho industrial es recuperado, permitiendo su posterior utilización.

En el químico los plásticos se tratan con diferentes procesos mediante los cuales los enlaces de las moléculas de estos son rotas dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos plásticos.

El sistema de recuperación de energía consiste en el uso de la energía calorífica producto de la quema de plásticos, (cuyo reciclaje no es muy factible, tal es el caso de los ABS) para generar vapor o agua caliente, y/o energía eléctrica.

Las nuevas tecnologías en cuanto a plásticos se refiere, está integrada por tres categorías principales:

Plásticos compuestos. Estos son el resultado de la mezcla de incorporación de materiales con distintas características, aparte de las resinas, para formar plásticos de muy buen desempeño. Al combinar aluminio o acero inoxidable con plásticos aumenta su resistencia y durabilidad, manteniendo su flexibilidad. Si combinamos aluminio con PEAD se pueden fabricar telas plásticas a prueba de agua, con menor potencial de absorción de rayos UV, retardante de incendios, y con



características reflectivas. El vidrio y materiales cerámicos también son combinados con plásticos para formar plásticos compuestos con mayor resistencia mecánica y a la abrasión.

Polímeros nanocompuestos. Al igual que el concreto se están desarrollando polímeros con enlaces a nivel molecular que aumentan los valores de resistencia y durabilidad, como ejemplo las nanoplaquetas de silicatos de aluminio integradas en los plásticos para darles mayor resistencia estructural y contra el impacto con una estructura más firme. Otro tipo de nanoplásticos son mezclados con otros elementos para reforzarlos, en ocasiones naturales como las fibras de bambú, microesferas en el caso del vidrio, o nanotubos para el caso del carbono. La tecnología de los nanotubos se ha integrado a las cubiertas plásticas forma que funcionen como colectores de energía solar.

Bioplásticos. Procedentes en su mayoría de plantas como la caña de azúcar, el trigo, la soya, o de polilactidas (fibra que se obtiene del maíz) y materiales celulósicos. Los bioplásticos son considerados como una alternativa preferente con respecto a plásticos derivados de combustibles fósiles, debido a que provienen de recursos renovables además de ser biodegradables.

En el caso de los plásticos, la mejor manera de generar menos residuos y ser más sustentables en cuanto a su uso, radica en la reducción en la fuente, la cual es responsabilidad de la industria petroquímica (fabricante de los diferentes tipos de plásticos), de la industria transformadora (que toma esos plásticos para fabricar los diferentes productos finales), y de quien diseña el envase (envasador). Aunque podría decirse que el consumidor tiene una buena parte de la responsabilidad.

5.3.5 Biomateriales

Son materiales naturales utilizados para la construcción, mejoras o mantenimiento de las estructuras. Generalmente utilizan fibras de plantas como: lino, cáñamo, yute, pita/henequén, que son subproductos del sector agrícola y forestal.

Los materiales y orgánicos ofrecen diversos beneficios. La mayoría de ellos son biodegradables, no son tóxicos, y los residuos que generan no son peligrosos. Muchos de estos biomateriales provienen de la celulosa la cual es una fibra que se encuentra en paredes celulares de plantas y bacterias. El uso de bio-productos ayuda a reducir las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero y a la contaminación ambiental, además de reducir la dependencia en recursos no renovables y ser biodegradables. En la tabla 6.5 se dan algunos ejemplos de biomateriales así como el origen de sus insumos.

Estos biomateriales se encuentran presentes en las siguientes aplicaciones:

Aislamiento térmico y acústico. Se utiliza lana de fibra de celulosa la cual se inyecta en los entretechos y en los muros para darles un mejor desempeño acústico y térmico, además de que le brinda mayor resistencia contra el fuego al elemento en el que se instala. La fibra de celulosa está hecha a base de papel reciclado. No contiene sustancias químicas tóxicas además de que su producción no daña al medio ambiente.



Categoría de Insumos	Ejemplo de biomaterial o producto usado en la construcción
Residuos biológicos reprocesados y Subproductos residuos de la industria agrícola y forestal	<ul style="list-style-type: none"> • Fibra de celulosa • Productos a base de fibra de coco para el control de la erosión. • Pacas de paja • Fibra de celulosa
Materiales cultivados o recolectados	<ul style="list-style-type: none"> • Productos a base de yute para el control de la erosión. • Cuerdas o hilos • Estabilizadores de suelo y adhesivos • Desmoldantes de concreto y asfalto • Membranas de curado para concreto

Fuente: Meg Calkins, Materials for Sustainable Sites 2009

Tabla 5—6 Biomateriales y origen. Fuente: Meg Calkins, *Materials for Sustainable Sites*, 2009.

Menor peso en las estructuras. Al sustituirse por materiales naturales más livianos reduce el peso total de la construcción, esto también ayuda a la maniobrabilidad. Son principalmente lana de escorias y fibra de celulosa, el porcentaje de éstos materiales varía de entre un 18% a un 79%. También contiene productos renovables y naturales agrícola renovable), perlita y arcilla.

Acabados superficiales y externos. Conformadas por pinturas y tintas naturales hechas a partir de plantas oleaginosas (canola, soya y girasol). La erosión de las estructuras también es disminuida con el uso de cubiertas, geotextiles y fibras naturales las cuales funcionan como una capa que disminuye el desgaste en paredes, techos y suelo a causa de condiciones atmosféricas adversas.

Aditivos para pavimentos. Pueden ser aditivos hechos a base de aceites vegetales de semillas como la soya, actúan como membranas de curado y desmoldantes que remplazan a los sintéticos a base de aceite o keroseno. En cuanto a los adhesivos basados en plantas como la *Plantago Psyllium* se utilizan productos que contienen soluciones acuosas espesas que aumentan la viscosidad del pavimento.

5.4 Desmantelamiento selectivo

En toda construcción se generan desperdicios. Una práctica que se está realizando en las grandes construcciones es *Diseñar para Desmantelar y Desmontar* en donde con el diseño tienda a ser genérico, para maximizar el potencial de desmontaje del edificio y recuperar la mayor cantidad de componentes para su reutilización posterior y materiales para su reciclaje.

De acuerdo con Philip Crowther, de la Queensland Technical University, en Brisbane, en Australia, existen 27 principios que sirven como guía para la selección de materiales, el diseño de productos y el desmontaje. Algunos principales son (Kibert, 2009):

- ❖ Usar materiales reciclados y reciclables.



- ❖ Evitar los materiales peligrosos y tóxicos.
- ❖ Evitar segundos acabados a los materiales.
- ❖ Usar conexiones mecánicas en lugar de químicas.
- ❖ Usar diseños modulares.
- ❖ Diseñar las juntas y uniones de tal forma que soporten repetidos montajes y desmontajes.
- ❖ Usar materiales y estructuras ligeras.
- ❖ Guardar información acerca del proceso de ensamblaje del edificio.

El desmantelamiento selectivo ofrece la alternativa de la demolición que arroja dos resultados sustentables positivos:

1. Es una mejor elección ambiental al remodelar la construcción colocando materiales menos contaminantes y rediseñando las estructuras para hacerlas más ecológicas.
2. El material desechado servirá para crear nuevos negocios, desmantelar edificios, transporte de materiales y componentes recuperados, volver a manufacturar y procesar componentes, y revender los materiales usados y recuperados.



Capítulo 6. Energía

Actualmente gran parte de la economía a nivel mundial gira en torno a los energéticos, principalmente las reservas de combustibles fósiles. Es por ello que las últimas crisis monetarias que se han presentado no han sido estrictamente económicas, sino energéticas (crisis monetaria de 1973). Como consecuencia las tarifas de consumo de energía y del combustible aumentan, provocando que muchos gobiernos subsidien a las empresas petroleras y las productoras de energía eléctrica³⁸. Sabemos que el petróleo es un recurso no renovable, por ello algunos países están modificando sus modelos económicos para disminuir su dependencia económica de él, como es el caso de los Emiratos Árabes.

México es un país que basa su economía en las reservas de petróleo. Debido a la gran demanda de energía en México, la mayor parte de la producción de energía eléctrica proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles (gas y derivados de petróleo) empleados a gran escala para la operación de las plantas termoeléctricas en nuestro país, lo que representa poco más del 60% (**Gráfico 6—1**), de donde provienen la mayor parte de emisiones de CO₂ y GEI así como del sector transporte y la industria.

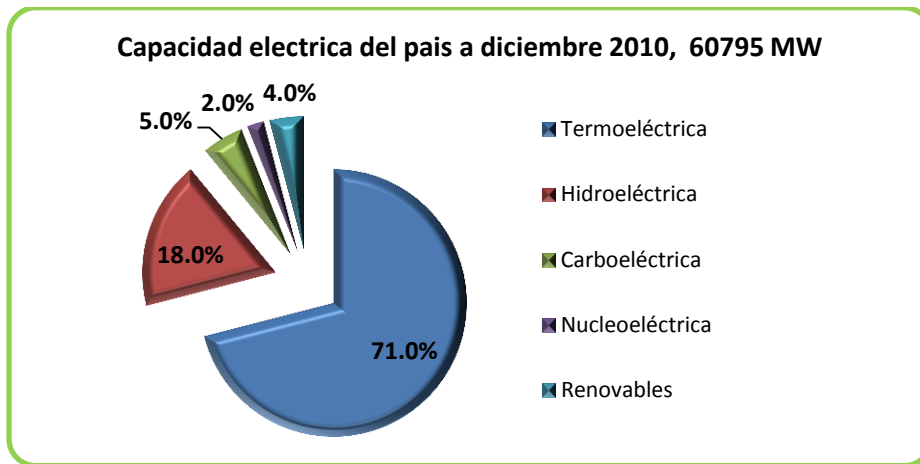


Gráfico 6—1 Capacidad eléctrica del país a diciembre 2010. Fuente: Comisión Federal de Electricidad y Comisión Reguladora de Energía

Debido a la posición geográfica de México no es justificable, el no optar por otros tipos de energía renovable que sean más limpias, eficientes, baratas, amigables con el ambiente, y menos

³⁸ En México los subsidios a la energía (electricidad, gasolina, diesel, Gas LP) equivalen a 1.5% del PIB en promedio entre 2005 y 2009 (OCDE, 2011). El Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) estima que en 2011 México invirtió cerca de 100 mil millones de pesos sólo para subsidiar gasolinas. Esto equivale al presupuesto anual de la Secretaría de Salud y casi tres veces los recursos asignados a la Secretaría de Seguridad Pública.



riesgosas, pudiendo satisfacer totalmente la demanda energética eléctrica actual, por ejemplo la capacidad que puede ofrecer la energía eólica. También existen otros tipos aún no explotados como la energía mareomotriz para la cual México posee más de 11 mil kilómetros de costa en golfo y el pacífico³⁹.

La energía es uno de los aspectos más importantes de la edificación sustentable, ya que el consumo de energía representa uno de los mayores impactos tanto económicos como ecológicos (en forma de emisiones de GEI, CO₂, óxidos nitrosos, y sulfuros principalmente (**Gráfico 6—2**)) antes, durante y después de la vida útil de una edificación, por lo cual de todos los aspectos es el que implica un análisis más riguroso, que va desde el diseño interno y externo de la edificación, las instalaciones eléctricas y selección de equipos eléctricos empleados dentro de la edificación para que de manera conjunta se vea reflejado en reducciones del consumo, emisiones de GEI y costos. En la práctica una edificación puede lograr la reducción de consumos energéticos (tanto eléctricos como de combustibles fósiles) de 3 maneras, en comparación con una edificación tradicional, que serían:

- ❖ Disminuir un buen porcentaje los consumos energéticos, logrando reducciones que van del 50% al 80%. (puede variar dependiendo los requisitos del proyecto)
- ❖ Lograr que nuestra edificación sea autosuficiente energéticamente hablando, es decir que produzcan toda la energía que necesita o dependiendo muy poco o nada, de la red eléctrica y del consumo de combustibles fósiles, (denominadas como edificaciones *Net Zero Energy*).
- ❖ Que nuestra edificación además de ser autosuficiente y en caso de tener excedentes de producción de energía eléctrica, estos puedan ser incorporados de alguna manera a la red eléctrica (más difícil de lograr y más aplicable a viviendas que a edificios).

Contrario a lo que se puede pensar de manera inmediata un análisis bien realizado, no incrementará de manera significativa el costo final de la edificación. Para lograr reducir los consumos energéticos, básicamente se busca el emplear tecnologías de aprovechamiento de energías renovables.

Los consumos energéticos de una edificación son generados principalmente por (Figura 6-1 Variables explicativas del consumo de energía eléctrica. Fuente: redalyc.uaemex.mx**Figura 6-1**):

- ❖ Iluminación
- ❖ Sistemas de aire acondicionado
- ❖ Calefacción
- ❖ Ventilación
- ❖ Equipos eléctricos (cómputo, electrodomésticos, etc)
- ❖ Sistemas calentadores de agua.
- ❖ Sistemas eléctricos y motores (sensores, alarmas, bombas, etc)
- ❖ Hábitos de consumo, entre otras.

³⁹ Estadísticas de los mares mexicanos (INEGI 2002, De la Lanza-Espino 2004)

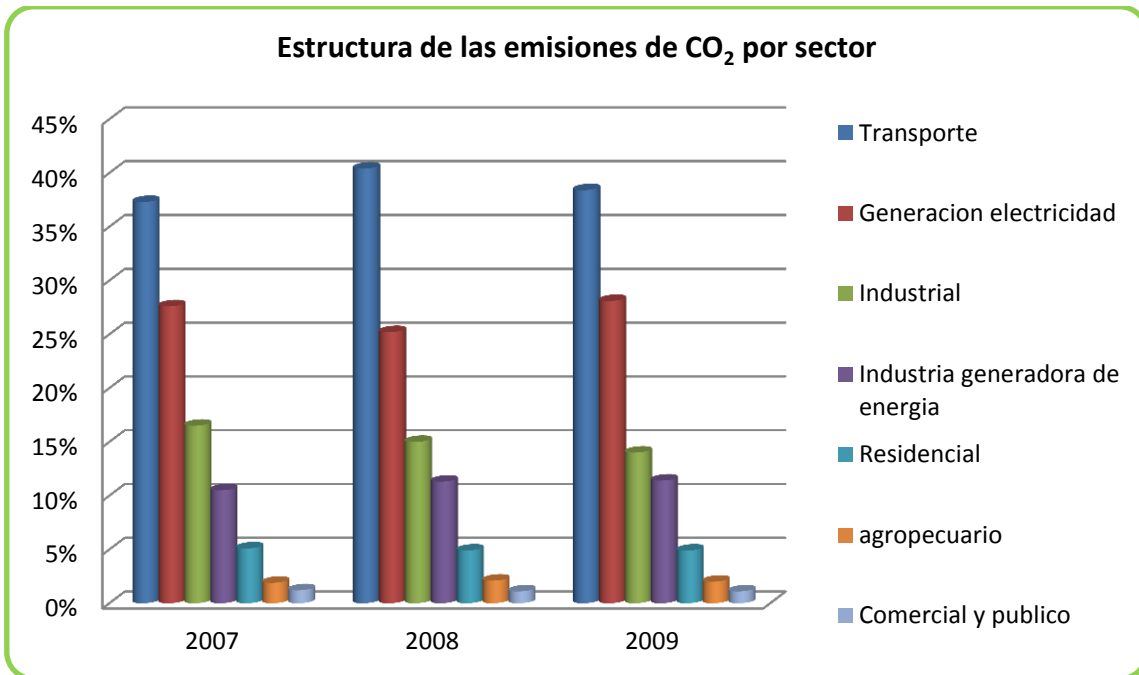


Gráfico 6—2 Estructura de las emisiones de CO₂ por sector. Fuente: www.energia.gob.mx, SENER.

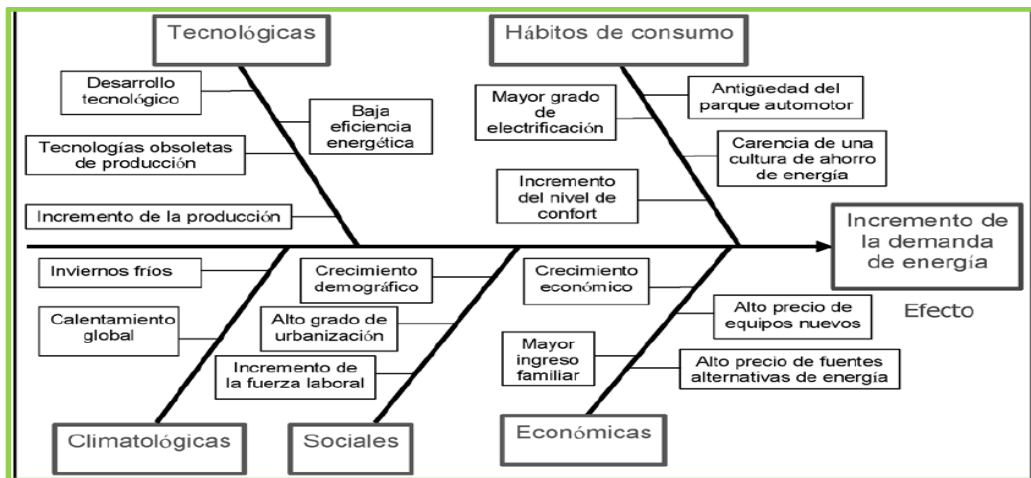


Figura 6-1 Variables explicativas del consumo de energía eléctrica. Fuente: redalyc.uaemex.mx

6.1 Diseño pasivo

El diseño pasivo no es nada novedoso ni una moda que se esté adoptando actualmente. En algunas culturas antiguas como egipcios, romanos, o como los aztecas y mayas entre otras, realizaban sus edificaciones tomando este concepto y mejorarlo es lo que se viene haciendo actualmente. Esto debido a que las culturas antiguas al carecer de las tecnologías con las que contamos, se valían del aprovechamiento inteligente de todo aquello que estuviera en su entorno



para hacer que sus edificaciones fueran confortables. El diseño pasivo de una edificación consiste prácticamente en aprovechar el entorno, haciendo un uso inteligente de los factores climáticos, del lugar y la forma de la estructura, para dar condiciones llamadas de *confort higrotérmico*⁴⁰ al interior de tal manera que estas condiciones se autorregulen. Algunas variables involucradas en un diseño pasivo son:

- ❖ Características del lugar (ubicación, geográfica, vegetación etc)
- ❖ Humedad del ambiente, precipitación.
- ❖ Calor, radiación solar, temperatura.
- ❖ Luz natural.
- ❖ Corrientes de viento.
- ❖ Orientación, forma, geometría de la edificación.

Haciendo un análisis y un buen diseño pasivo de la edificación se logra reducir el consumo de energía eléctrica que se destina a la calefacción, refrigeración, y aire acondicionado, energía empleada por estos dispositivos para dar condiciones de confort de manera artificial, pudiéndose lograr de manera natural con cierto grado de aceptabilidad, viéndose reflejado de en reducción de costos por operación y mantenimiento, además de una reducción en la emisión de GEI por parte de nuestra edificación.

Algunos de los factores y consideraciones a tomar en cuenta en un diseño pasivo son:

Ubicación: localizar la latitud, longitud y elevación sobre el nivel del mar; además de analizar la vegetación del entorno y tipo de suelo porque existe una relación estrecha con la temperatura y el microclima del lugar. Habrá de considerarse también edificaciones aledañas y en algunos casos la edificación misma y ver de qué manera pueda modificar alguna de las variables climatológicas como viento o la incidencia de rayos solares.

Humedad y precipitación: para ello es necesario tomar datos de estaciones meteorológicas. Conocer la humedad del sitio ayudará al diseño para regular la sensación térmica en los ocupantes, además de analizar qué tan hermética debe ser la edificación misma, porque en climas de humedad y sequía excesiva, un diseño pasivo a veces se torna ineficiente. Para ello habrá que modificar las corrientes de aire que entran a la edificación, así como la reducción o aumento de la humedad con ciertos métodos (condensación, chimeneas, etc.). Conocer la precipitación, sirviéndonos de hidrogramas, ayudará también para el diseño de los sistemas de captación de agua y el techo de la edificación.

Diseño del edificio: en climas calientes se buscarán formas alargadas para disipar el calor y en climas fríos se buscaran geometrías casi cuadradas para evitar la disipación de calor.

⁴⁰ Ausencia de malestar térmico. Definido también como el estado de un organismo en el que no intervienen los mecanismos reguladores de temperatura como lo son el metabolismo y la sudoración principalmente.



Orientación: en edificaciones de formas alargadas se buscará que la fachadas de mayor longitud este orientada ya sea hacia el norte o sur (dependerá del hemisferio en que nos encontremos), para tener una buena orientación será necesario trazar mapas solares, los cuales servirán para ver la incidencia de los rayos del sol, calcular la cantidad ventanas que deberá tener y la ubicación de las mismas en la fachada y ver donde deberá haber iluminación artificial dentro de la edificación (**Figura 6-2**). La idea de esto es que en estaciones de verano los rayos de sol no penetren muy al interior, y en estaciones de invierno penetre lo más que pueda para aumentar la temperatura al interior. La orientación además ayudará a tener un mejor aprovechamiento respecto al uso de colectores solares y calefacción pasiva. La orientación dependerá también de la incidencia solar para hacer el mayor uso de la luz natural, realizando análisis con software especializado. En ciertos casos se requerirá proteger a los ocupantes de la incidencia solar para evitarles incomodidad, esto afectará más que nada la distribución interior y en algunos casos la de la edificación.

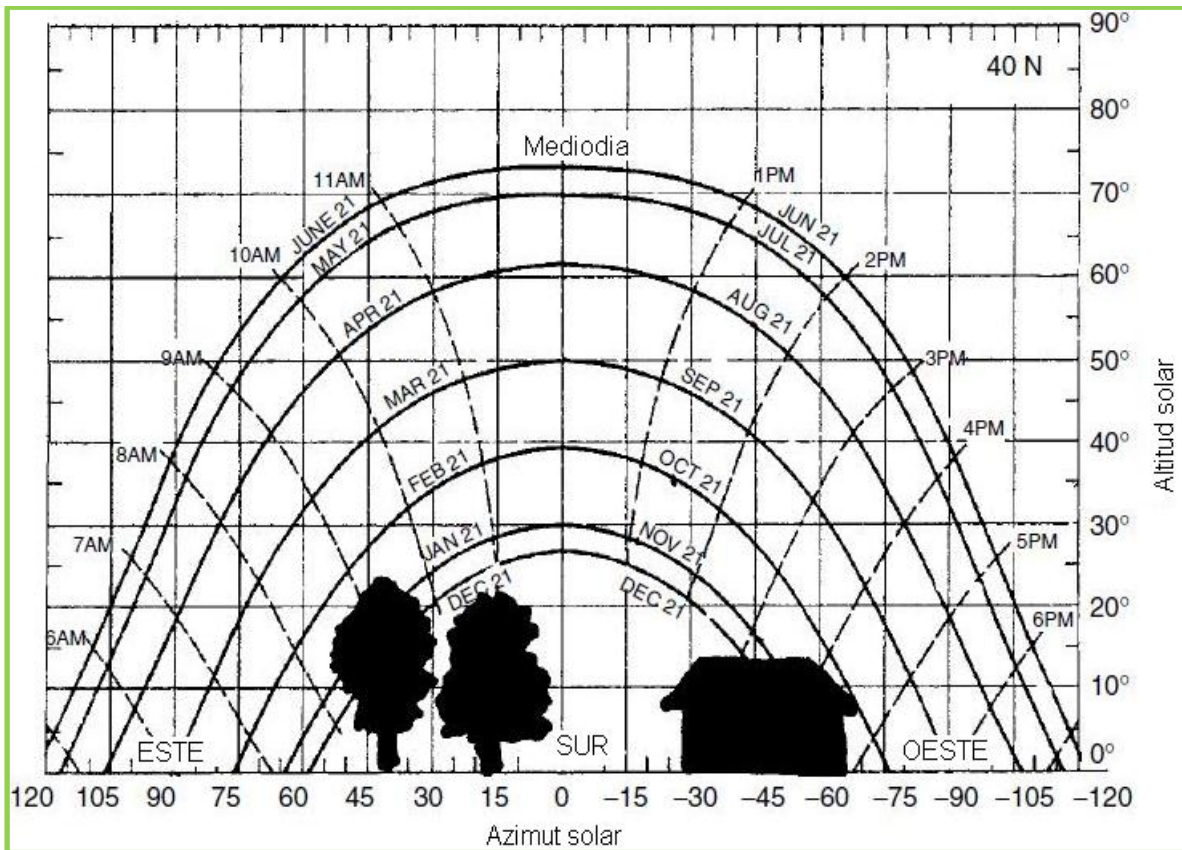


Figura 6-2 Ejemplo de un mapa de trayectoria solar. Fuente: mirez.wordpress.com.

Horas de ocupación: para el diseño pasivo habrá de considerarse las horas que permanece ocupado y los hábitos de consumo de los ocupantes, ya que los aparatos eléctricos y aquellos que funcionan con combustibles fósiles, ocupantes y mobiliario sanitario, son fuentes de calor y humedad, que pueden llegar afectar el diseño.

Temperatura: depende de la orientación, humedad y de la incidencia solar, además habrá que hacer recopilación de datos para la elaboración de gráficos de temperatura anual y horaria para tener una gestión adecuada del funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado, refrigeración y calefacción.

Viento: Es uno de los factores más importantes a considerar. Será necesario conocer la dirección de los vientos dominantes y la velocidad de los mismos, para ello nos podemos servir de anemómetros o veletas. En los casos en donde se tomen de estaciones meteorológicas los datos pueden variar ya que en cada lugar la topografía es diferente, por ello se ve afectado la velocidad y dirección de los vientos. El viento será el factor que regulara tanto la temperatura, humedad, y la calidad de aire al interior de nuestra edificación. Esto aplicando conceptos termodinámicos y de mecánica de fluidos, como lo es el diferencial de presión y temperaturas de los gases, así como los llamados *vientos cruzados*, concepto muy empleado en diseños bioclimáticos. La distribución de ventanales, puertas, altura de entrepiso, sistemas de aire, calefacción y refrigeración son factores que modificaran las corrientes de aire al interior.

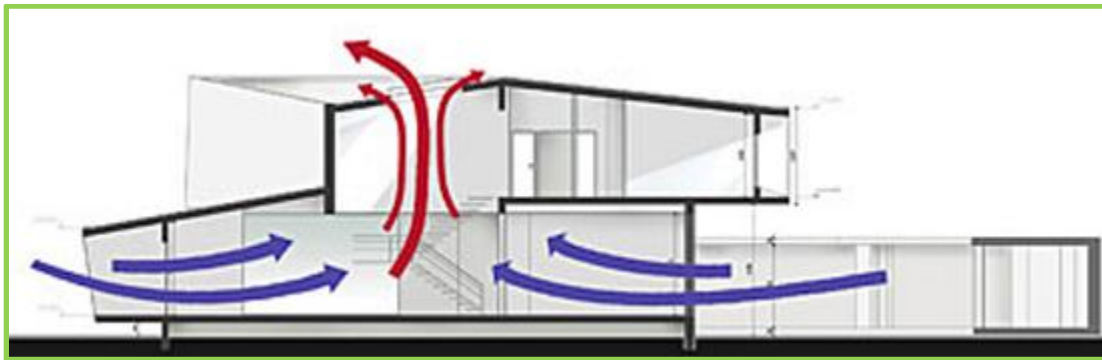


Figura 6-3 Ejemplo de ventilación cruzada en la edificación. El aire caliente se eleva y el aire frío se mantiene en el inferior dando condiciones higrotérmicas adecuadas. Fuente: www.peruarki.com.

Envolvente: Comprende todo aquello como que puede ser considerado como el recubrimiento del edificio, por ejemplo: los ventanales, puertas, aislamientos⁴¹, muros, techos, etc., prácticamente todo aquello que sirva de barrera entre el medio externo y el medio interno de la edificación. El buen diseño de la envolvente ayuda a conservar recursos, reducir desperdicios, y reducir costos de construcción y operación. Algunos de los factores que forman parte de la envolvente en la edificación sustentable son los siguientes:

6.1.1 Materiales de aislamiento

Muchos de los materiales en el mercado no son biodegradables por lo que pueden aminorar la sustentabilidad del proyecto. Se deberán seleccionar materiales que reduzcan su impacto negativo en el ambiente. Existen diversos tipos de materiales disponibles empleados como aislamiento, algunos ejemplos de ellos y sus características se mencionan a continuación:

⁴¹ En México existen normas oficiales mexicanas aplicables a recubrimientos aislantes en edificios.



Paneles de espuma plástica: fabricados por extrusión o expansión. Hechos de poliestireno, contienen muchos compuestos orgánicos volátiles, además de ser muy inflamables. No son biodegradables.

Espuma aislante en aerosol: algunas de ellas están compuestas con un 25% de aceite de soya y 75% poliuretano aunque su valor de resistencia térmica es muy bajo por lo cual su eficiencia también es menor.

Silicato de magnesio o espuma de cemento: este compuesto está libre de CFCS's y HCFC's⁴² es más caro, resistente al fuego, y no impacta en la calidad de aire interior, la desventaja de éste es su fragilidad.

Celulosa: hecha con papel reciclado, no afecta la calidad de aire interior si es correctamente instalado, aunque existen algunos riesgos durante su instalación.

Fibras laminadas o paneles: uno de los aislamientos más empleados, aunque para su producción se emplea formaldehído, como ejemplo de ello se tiene la fibra de vidrio. También se puede emplear relleno suelto de fibras, que no contienen formaldehído.

Fibras minerales: hechas con escoria de hierro de alto horno, usado como protección para elementos estructurales, está clasificado como altamente toxico.

Existen también aislamientos a base de algodón, barreras reflectoras y paneles de aislamiento.

6.1.2 Muros

Alternativas sustentables que hagan la función de los muros convencionales de mampostería actualmente son muy pocas. Algunas de ellas se explican a continuación.

Muro de agua: en principio estos muros son recipientes llenos de agua que sirven perfectamente como aislamientos y sistemas de climatización al interior debido a sus propiedades físicas como capacidad calorífica, y calor específico

Muro de paja: el empleo de este muro sirve como aislamiento térmico y es un buen mitigador de sonidos. Para su instalación debe ser asentado sobre el nivel de piso para evitar la humedad y reforzado con barras de acero o palos de bambú para dar estabilidad estructural y reforzarse con cables o cuerdas tensionados para evitar que los bloques superiores de paja se encajen en los inferiores. Estos muros pueden ser enyesados, repellados o aplicar una capa de estuco, para dar apariencia, además le sirve como barrera protectora para evitar incendios. La desventaja de emplear este tipo de muro es que los espesores por las características del material son muy gruesos lo que afecta en la reducción de espacios aprovechables.

⁴² Abreviación para clorofluorocarburos e hidroclofluorocarburos



Muro Trombe: consiste en un muro de bloques de piedra, concreto, adobe o tabiques, (orientado la mayoría de las veces en el eje mayor de la edificación) y precedido de un vidrio o elemento traslúcido para crear un micro-efecto invernadero. Debe poseer aberturas en la parte superior e inferior para favorecer los intercambios térmicos de aire que existe entre el espacio creado por el vidrio-muro y el interior del edificio (**Figura 6-4**). Es necesario aislar el vidrio en las noches de invierno para no perder calor y sombrear en verano para evitar la acumulación de calor.

Muro de madera o bambú: En México los muros de madera no son muy comunes ya que en la mayor parte del territorio la tendencia es el empleo de mampostería, aunque en zonas costeras se hace empleo de bambú por su abundancia y disponibilidad. Ambos materiales absorben el dióxido de carbono del ambiente lo que mejora la calidad interior de la edificación, además de ser versátiles y de rápida ejecución en la construcción, pueden ser empelados como muros de carga y algunas maderas como el roble o cedro no necesitan tratamiento químico para su conservación.

Muros verdes o biomuros: mediante el empleo de técnicas hidropónicas, estos muros proveen una buena barrera acústica y contra los efectos del sol, además de ayudar a filtrar sustancias tóxicas en el ambiente, sirven también como reguladores naturales de la temperatura interna, reduciendo así el uso de ventilación y aire acondicionado dentro del edificio. Pueden emplearse tanto al interior como al exterior de la edificación (**Figura 6-5**). En exterior ayuda a reducir los efectos causados por expansión y contracción térmica de la edificación además de protegerla de la lluvia ácida. Algunas desventajas que presentan estos muros son el mantenimiento continuo, los altos costos de implementación, además pueden atraer insectos. Se debe cuidar que las raíces no penetren en la estructura y en muchos códigos de construcción no están tomados en cuenta, como un complemento a los sistemas de ventilación tradicionales.

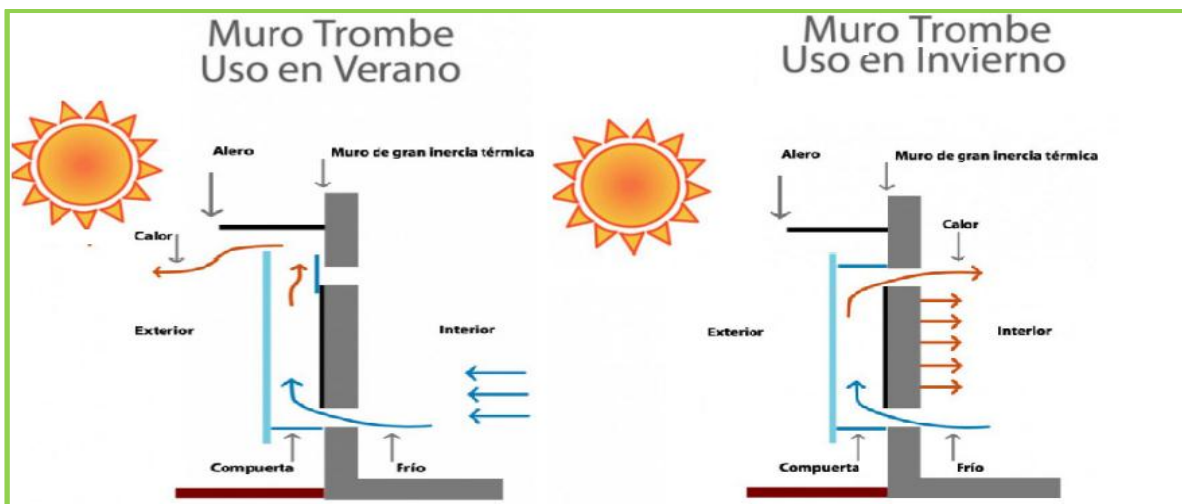


Figura 6-4 Principio de funcionamiento de un muro Trombe en primavera y verano. Fuente: www.plataformaarquitectura.cl

Otras alternativas sustentables de muros son las de reutilizar materiales de otros muros, como tabiques, emplear aquellos que estén hechos de materiales reciclados, los que son secados



naturalmente ya que usan entre un 15 o 20 por ciento de la energía empleada para la producción de un tabique recocido. Otra es el muy tradicional adobe que recientemente en México se está empleando en proyectos sustentables de grandes ciudades.

6.1.3 Pisos

De linóleo: este tipo de piso fue muy empleado hasta antes de la década de los 50's, después aparecieron alternativas sintéticas como el vinilo. Su mantenimiento es muy económico, además de no permitir la reproducción de bacterias ni su propagación, es muy resistente ya que se empleaba en zonas de mucho tránsito como pasillos, escaleras, etc. Además está hecho de materiales 100% naturales y es biodegradable, ya que puede estar compuesto de polvo de madera, resina, piedra caliza, corcho triturado, pigmentos, yute. Su compuesto principal es el aceite de linaza. Puede ser reciclado fácilmente y es resistente al fuego.



Figura 6-5 Muro verde en el aeropuerto de Edmonton, formado por 8.000 plantas de 32 especies diferentes, construido con materiales reciclados y cultivo hidropónico. Fuente: <http://www.medioambiente.org>

De bambú: dentro de sus cualidades se encuentran su resistencia al agua, resistencia a la contracción y durabilidad. Además la planta de bambú crece con facilidad y su periodo de madurez va de 3 a 5 años, comparado con un árbol de madera en el cual la madurez se obtiene en el doble de tiempo o el triple. Además las piezas de bambú empleadas pueden ser remplazadas con facilidad. Algunos inconvenientes es que se pueden rayar y abollar con facilidad, se decolora en presencia de luz solar. En México no existen normas de calidad ni está regulado su uso, por lo que pueden variar sus características debido al control de calidad.

De corcho: empleado en lugares donde la gente está mucho tiempo de pie. Por sus cualidades, reduce los ruidos causados por impactos debido a su estructura celular, es hipoalergénico, resistente a los insectos y al agua debido a una cera que posee llamada suberina, que además tiene la propiedad de retardar incendios. No libera sustancias tóxicas cuando éste es quemado. Su desventaja radica en su costo ya que su adquisición e instalación es equiparable al de un piso cerámico de alta calidad. Su mantenimiento consiste básicamente de aspirado semanal y limpiar con trapo húmedo una vez al mes.

De madera de palma de coco: ésta se extrae de palmas viejas de coco las cuales ya no producen cocos, por lo cual muchas veces son taladas sin tener beneficio alguno. Para que una palma pueda ser utilizada, se debe esperar a que alcance su madurez en 7 años por lo cual al igual



que el bambú los elementos dañados pueden cambiarse constantemente. Su mantenimiento exige mayor atención que las otras alternativas mencionadas ya que posee almidones y sustancias salinas en su estructura, las cuales atraen insectos y permite la formación de hongos. Esto se puede evitar aplicando algún insecticida para maderas que no sean tóxicos para el ser humano.

6.1.4 Techo

Techos verdes: empleados principalmente para captar el agua de lluvia reduce el efecto isla de calor⁴³. Provee espacio de relajación, cómodo para los ocupantes. Se trata prácticamente de tener un jardín sobre los techos de las edificaciones (**Figura 6-6**). Estos pueden ser de dos tipos: extensivos e intensivos. Los primeros se caracterizan por estar desplantados en un espesor de entre 5cm y 15cm son menos costosos, albergan principalmente vegetación pequeña y macetas; los intensivos se caracterizan por tener espesores de más de 15cm y más costosos además de albergar vegetación de mayor tamaño.



Figura 6-6 Imagen 1.-Estructura de un techo verde. Imagen 2.- Azotea verde de mil 190 m² en el CENDI de los trabajadores del metro, en delicias 65. En este nuevo espacio los niños aprenden a cultivar hortalizas. Fuente: davidhuerta.typepad.com y www.guiadelcentrohistorico.mx respectivamente.

6.1.5 Ventanales

Unas de las principales razones por la que en edificios grandes se emplean ventanales se deben básicamente a estos cinco factores:

- ❖ Deja pasar la luz
- ❖ Permite el paso de radiación solar
- ❖ Estética
- ❖ Movilidad para regular el clima interno
- ❖ La vista que proporciona

⁴³ Se llama así al efecto creado en zonas urbanas por la absorción de calor de los materiales de las edificaciones, los cuales lo absorben durante el día y lo disipan por las noches generando corrientes de aire. También la temperatura puede ser de 2-5°C más alta que en zonas rurales. Una de las consecuencias a largo plazo es que, genera una alteración del clima local y en casos extremos del clima regional, como patrones de viento, precipitación, nubosidad, etc.



Una tendencia muy empleada para sustentabilidad en hogares es el uso de ventanas dobles o triples, ya que un solo vidrio permite el fácil intercambio térmico, por ello se emplean 2 ó 3 vidrios separados cierta distancia. Algunas alternativas más eficientes, pero también más costosas son:

Ventana de alto rendimiento y eficiencia energética: se componen de dos o tres capas de vidrio las cuales cuentan con recubrimientos especiales y algunas poseen gas en su interior a fin de reducir las pérdidas y ganancias de calor, estas se ven reflejadas en una reducción del 10 al 40 % del consumo energético

Ventanas dinámicas: son aquellas que pueden cambiar sus propiedades físicas como lo son el valor de transmitancia, coeficiente de ganancia térmica y el valor U^{44} , ya sea por medio de condiciones ambientales o mediante dispositivos electrónicos controlados por el usuario. Actualmente son pocos los proyectos que emplean ese tipo de tecnología, y hay confusión sobre si puede ser una alternativa de tecnología limpia debido a su proceso de fabricación.

Ventanas con celdas fotovoltaicas integradas (Figura 6-7): son celdas integradas al ventanal y con cierta distribución geométrica que sirve para dar apariencia al edificio, a su vez cumplen la función de ventanas y generan electricidad. Existen de cristal grueso y de película delgada. La primera está hecha con base de silicio y generan alrededor de 100 -120 W/m^2 ⁴⁵. La segunda es de un material fotovoltaico adherido a una superficie de vidrio o metálica hecho en capas similar a las ventanas de alto rendimiento. Generan alrededor de 40-60 W/m^2 .



Figura 6-7 Ventanas con celdas fotovoltaicas integradas. Universidad de Oregon, Centro de ingeniería Kelley. Fuente: David Summers, PE, LEED®AP, Los Angeles.

⁴⁴* *Transmitancia óptica.*- Cantidad de luz que atraviesa un cuerpo en una determinada longitud de onda **Coficiente de ganancia de calor solar.*- Es el porcentaje de energía solar directamente transmitida o absorbida por el material y posteriormente liberada en forma de calor hacia el interior del edificio.

**Valor U o transmitancia térmica.*- cantidad de energía en forma de calor que atraviesa un material debido a la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior. Mientras más bajo es el valor U, menor es la cantidad de calor que se transfiere

⁴⁵**Irradiancia.*- Es la energía radiante por unidad de tiempo sobre una unidad de superficie. Se expresa en W/m^2 . Es un valor que varía a lo largo del tiempo, se mide con un piranómetro.



6.2 Reducción de cargas

Consiste en la reducción del consumo de energía eléctrica, la cual en su mayoría, en países en desarrollo o de economías emergentes, se produce a partir de los combustibles fósiles como el petróleo o minerales como el carbón. El objetivo principal es reducir la emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero al reducir el consumo de energía de la red eléctrica. Esto se logra incluyendo aparatos que regulen los consumos de energía para que sean más estables y no generar consumos por altas demandas de electricidad. Dentro de la industria para reducir el consumo de energía se toman en cuenta otros factores como son: el balanceo o equilibrio del consumo de energía por línea o fase eléctrica, es decir, que las cargas que consumen energía en cada una de las líneas de alimentación eléctrica (trifásica), estén distribuidas uniformemente entre cada una de las fases, de esta forma no exigirá más energía al sistema de la red eléctrica. Otro factor se encuentra en el encendido secuencial o programado, tomemos como ejemplo el del sector industrial, en él las líneas de producción o equipos de alto consumo para laborar fuera de las horas pico de consumo de energía.

El mismo principio se puede aplicar para las construcciones ecológicas o los hogares. El objetivo es la reducción del consumo energético. En esta rama se incluyen la instalación de aparatos y dispositivos que reduzcan dicho consumo como son calentadores solares para agua, celdas solares para almacenamiento de energía eléctrica, dispositivos o aparatos eléctricos más recientes que tienen un mejor diseño y un menor consumo de electricidad.

Como se ha mencionado el cambio e instalación de aparatos de bajo consumo de energía contribuyen a reducir la contaminación una vez que se requiere de menor electricidad para su funcionamiento tanto en casas como en oficinas. En este caso se encuentran las computadoras, fax, impresoras, electrodomésticos, refrigeradores, pantallas, calentadores de agua, cafeteras, etc. Para los equipos de oficina se recomienda ajustarlos a modo que cuando no se encuentren en uso permanezca en *stand by*, modo en espera o modo de suspensión. Cambiar calefactores y refrigeradores por unos de mayor eficiencia.

Todos los aparatos tienen pequeños consumos de energía, como los focos, las resistencias, capacitores, bobinas, etc. La forma en el comportamiento de los ocupantes de la edificación contribuye significativamente con el uso de energía de un edificio y en particular las relacionadas con las cargas de los equipos enchufados a la corriente. Después de todo, los edificios no utilizan la energía, la gente es la que lo hace. En un edificio este consumo energético impacta más que en una casa habitación.

La reducción de cargas se puede resumir en cinco pasos básicos que son:

- 1) Revisar - identificar las necesidades energéticas de los equipos para determinar cuáles son los que contribuyan a la reducción del consumo energía.



- 2) Eliminar.-eliminar y / o desconectar aparatos innecesarios.
- 3) Sustituir.- actualizar equipos por unos de mayor eficiencia.
- 4) Reducir.- desactivar, suspender o apagar aparatos cuando no estén en uso, por ejemplo, a instalación de controles, tales como sensores de movimiento.
- 5) Hábitos de consumo.-capacitar al personal para que comprendan porqué y cómo deben cambiar sus hábitos consumo de energía eléctrica.

6.3 Sistemas mecánicos activos

6.3.1 Enfriamiento

Free cooling

Consiste en aprovechar las condiciones externas e internas de la edificación cuando estas sean favorables (principalmente en verano), ingresando aire del exterior, en vez de recircular el del interior, esto con la finalidad de disminuir el uso de los HVAC y mejorando también la calidad de aire interior.

- ❖ Los sistemas, atendiendo al control, se pueden dividir en tres grandes grupos:
- ❖ Sistemas de enfriamiento gratuito por control de entalpía puro.
- ❖ Sistemas de enfriamiento gratuito por control de temperatura seca.
- ❖ Sistemas de enfriamiento gratuito por control de entalpía mejorado.

El dispositivo básicamente se compone de tres reguladores de aire colocados de manera que la uno de ellos está en línea con los ventiladores de aire de retorno e impulsión, Y las dos restantes, en paralelo formando circuito, el de expulsión de aire con el ventilador de retorno y el de inclusión con ventilador de impulsión. Existen también otros sistemas de Free Cooling que en vez de hacer uso del aire emplean funcionan por medio de agua y circulación del refrigerante.

Enfriamiento Evaporativo

El enfriamiento evaporativo es un proceso de transferencia de calor y masa de agua (basado en la conversión del calor sensible en calor latente⁴⁶), mediante una corriente de aire por contacto directo, obteniendo el enfriamiento del aire por evaporación del agua (**Figura 6-8**). Para ello es necesario que existan temperaturas en el exterior elevadas y condiciones de aire seco. Los sistemas de enfriamiento evaporativo se pueden clasificar en sistemas directos, indirectos, o por una combinación de ambos (sistemas mixtos).

⁴⁶ Calor sensible.- es aquel que recibe un cuerpo o un objeto y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado físico

Calor latente.- es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase o estado físico.

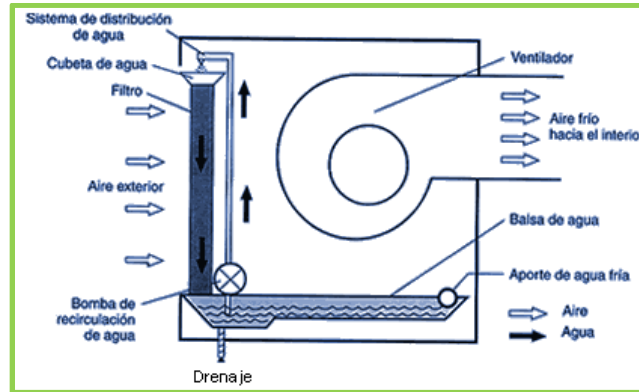


Figura 6-8 Sistema de enfriamiento evaporativo. Fuente: www.cma.gva.es

Cogeneración

Consiste en recuperar la energía térmica residual que se libera al ambiente como desecho, proveniente de otros equipos, para multiusos como la generación de energía eléctrica, calentamiento de agua y calefacción principalmente. Esto se viene haciendo desde hace mucho tiempo, lo novedoso de esto es que a partir de este principio en vez de emplearse para calefacción o agua, se emplee para refrigeración haciendo uso de máquinas enfriadoras que trabajen por absorción, las cuales pueden funcionar con el agua calentada del proceso o por gases de combustión producto de motores y turbinas reduciendo los consumos de energía eléctrica.

6.4 Motores

Los motores dentro de las construcciones se encuentran en los equipos, ventiladores, calefactores y maquinaria. En muchas ocasiones no son visibles, sin embargo típicamente consumen de 4 a 10 veces su costo en consumo de energía en un año. Esta razón es suficiente para realizar un cambio cada vez que concluya su vida útil de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Para ello se tienen normas de funcionamiento y eficiencia que los regulan para mantener en el nivel más alto la relación energía-eficiencia bajo la cual se rigen los motores. Los motores eléctricos presentan pérdidas magnéticas, eléctricas y mecánicas. La eficiencia dependerá de las condiciones de uso de los motores, si se operan en rangos menores a los especificados las pérdidas aumentarán, por lo tanto se verá reflejado en una menor eficiencia, pero si se trabaja en la potencia nominal las pérdidas serán menores. Por estos problemas actualmente en el mercado están apareciendo motores de alta eficiencia que tienen mayor vida útil y pueden trabajar en rangos de variación más amplios a los de un motor estándar, como variaciones de voltaje, operación y temperatura externa.

6.5 Sistemas de calefacción y aire acondicionado (HVAC)

Los sistemas HVAC son grandes consumidores de energía, elevando la demanda de energía durante el día. Las características de consumo por enfriamiento o calentamiento, y la generación



de desechos (calor irradiado, etc.), están determinadas por el diseño, tamaño y materiales con que están elaborados. En un principio su diseño requería grandes espacios y una eficiencia baja con grandes pérdidas. Hoy en día se han desarrollado nuevos equipos con mayor rendimiento.

Algunas desventajas de los sistemas HVAC son:

- La eficiencia energética es de baja prioridad, siendo la principal el costo inicial de la instalación.
- Los diseñadores de los sistemas la mayoría de las veces los sobredimensionan además de no tomar en cuenta un diseño integral conforme a las características de cada edificación.
- Muchas veces los componentes de los sistemas provienen de otros países, y como las características climáticas de cada país varían, el rendimiento de los sistemas no es el mismo fuera del país productor.

6.5.1 Ventilación

Sistemas de volumen de aire variable (VAV)

Este sistema existe desde hace tiempo pero cayó en desuso por los elevados costos iniciales de su instalación, además de la dificultad que presentaba el análisis y su diseño, aunque actualmente es posible retomar el concepto gracias al avance de las computadoras y la tecnología. Con el sistema VAV se busca regular las condiciones de temperatura, modificando o variando la cantidad de aire frío que se introduce sin modificar su temperatura. Esto es si la temperatura disminuye el sistema ingresa menos aire a la misma temperatura, esto lo hace mediante compuertas se autorregulan en función de la temperatura interior mediante un sensor. Actualmente la regulación se hace por medio de un motor de frecuencia ajustable el cual gira más rápido o más lento dependiendo de las necesidades del volumen de aire, aunque el sistema de compuertas es más económico y más fácil de dar mantenimiento. Con este sistema se reducen consumos por parte del motor, por la reducción de volúmenes de aire que hay que circular y por la reducción del flujo de aire que pasa a través del dispositivo de refrigeración. Una limitante de este sistema es que debe operar a un porcentaje mínimo de diseño, por lo regular al 70% de su capacidad. Por las dimensiones del sistema cuando la edificación sea muy pequeña es mejor optar por un sistema convencional como un CAV.

Una alternativa más es el llamado *Economizer*. Un ejemplo claro es el que utilizan sistemas de aire acondicionado en algunos edificios. Dicho sistema entra en funcionamiento cuando la temperatura se incrementa más allá del límite establecido (alrededor de 22 °C). Mientras que en exterior del inmueble se encuentre un clima adecuado o por debajo del límite, el sistema utilizará el medio ambiente como su fuente de calefacción para mantener el clima dentro del inmueble. De otra forma entrará en funcionamiento el sistema completo de enfriamiento de aire acondicionado del inmueble.

Objetivamente el sistema de *Economizer* es un buen ahorrador de energía cuando no presenta fallas, de lo contrario puede llegar a incrementar la carga y consumo de energía hasta en un 80% de acuerdo al lugar en donde se encuentre.



Dentro de esta gama se están introduciendo los ERV's (Energy Recovery Ventilators), que secan el aire y lo enfrían por diferentes mecanismos no como los de los calefactores. En conjunto con ello se ha encontrado que la falta de ventilación en las construcciones crea ambientes contaminados por componentes tóxicos como dióxido de carbono, monóxido de carbono parte de combustiones incompletas, compuestos orgánicos volátiles (COV) provenientes de los materiales de construcción además de otros.

6.6 Sistemas recuperadores de energía

Los sistemas CHP (combined heat and power) basan su principio en recuperar la energía perdida en forma de calor de los sistemas que trabajan por combustión principalmente, dado que la eficiencia de los sistemas de combustión se encuentra normalmente por debajo del 50%, los CHP trabajan en conjunto empleando el calor liberado para producir energía eléctrica, (ciclo combinado) calentar agua o aire para calefacción, o en algún ciclo de refrigeración y así obtener eficiencias mayores, pudiendo alcanzar entre un 70% y 80% de eficiencia total.

Otras formas de recuperación de energía son las bombas de calor y la que se obtiene de los Sistemas Calentadores Solares de Agua, en los cuales los más eficientes proveen por cada metro cuadrado alrededor de 50 lts de agua caliente durante el día. Son ideales para negocios, casas o edificios que requieren constantemente agua caliente. En conjunto con estos sistemas se instalan tanques de almacenamiento térmicos para reducir las pérdidas de calor o energía. Dentro de los sistemas recuperadores de energía existen también las bombas de calor.

6.7 Iluminación

Los sistemas de iluminación son los que pueden reflejar una reducción de consumo de energía inmediato por ello se enfocan mucho a su optimación, en donde además de cambiar el foco tradicional incandescente por lámparas ahorradoras, se pueden incluir otros tipos de luces para cada lugar como pueden ser:

Lámparas fluorescentes compactas: las cuales consumen alrededor del 60% de un foco normal.

Luces de fibra óptica: generalmente utilizadas para lugares más pequeños, aunque son de muy bajo consumo su intensidad es menor en comparación con la mayoría de las alternativas de iluminación

Luces de LED: son las más eficientes en cuanto a emisión de luz. Puesto que su consumo es alrededor del 80% o menos de un foco normal de la misma intensidad. Sus desventajas radican en el sistema o circuito que requiere para funcionar y su costo. La vida útil se reduce considerablemente debido al encendido y apagado de las mismas y al sobrecalentamiento que pueden llegar a experimentar lo cual daña los componentes internos.



Además de la selección de las lámparas dependiendo de sus características, eficiencia, habrá de hacer hincapié en el mantenimiento, básicamente la limpieza de las lámparas mismas, los reflectantes así como la conexión de la lámpara a la corriente eléctrica lo cual disminuye su eficiencia, debido a las partículas de polvo.

En conjunto con las instalaciones de luces, se encuentran los *Controles de switching* (encendido y apagado) y los *Dispositivos sensores de Movimiento*, que agregan una reducción del consumo energético al encender el alumbrado solamente cuando sea necesario. El consumo en oficinas y edificios se puede reducir hasta en un 50%. Estos sistemas ejecutan básicamente 2 funciones principales:

Detectar el movimiento de los ocupantes y encender o apagar las luces en ausencia de los mismos.

A esto habría que agregar también los controles de tiempo y los detectores de luz solar.

6.8 Innovación y optimación de energía

Como parte de las tecnologías de innovación en sistemas de edificación se encuentran los de Enfriamiento por Radiación o sistemas hidrómicos. Su principio consiste en mantener las condiciones de enfriamiento por radiación y convección mientras que los sistemas de aire acondicionado funcionan únicamente por convección. En él se emplean tanto agua como aire. Se emplea principalmente el agua por sus propiedades físicas para almacenar energía. Estos sistemas se concretan en 3 principales (Kibert, 2009).

- ❖ Núcleos de concreto: tubos de plástico son hundidos en el piso o paredes de concreto.
- ❖ Paneles metálicos: tubos de metal son conectados a paneles de aluminio,
- ❖ Redes de enfriamiento: Tubos de plástico son incrustados en yeso o estuco

Estas tecnologías se basan en mantener la temperatura constante dentro del edificio, aislándolo de los cambios en el exterior.

Pueden ser utilizados en conjunto con el Ground Coupling (Acoplamiento a tierra), que consiste en utilizar ductos de ventilación diseñados y colocados en sitios y a través de las construcciones para hacer circular aire frío o caliente para mantener la temperatura adecuada dentro. Este sistema reduce o elimina la instalación de aires acondicionados, enfriadores o chillers. Han sido utilizados en Alemania y china para optimizar las plantas productoras durante los cambios de estación en invierno cuando las temperaturas son menores a 0°C ó en tiempo de calor cuando se elevan a más de 30°C.

6.8.1 Celdas fotovoltaicas

Dentro de las alternativas a las celdas fotovoltaicas convencionales, dentro tecnologías novedosas se encuentran los sistemas fotovoltaicos térmicos híbridos (PV/T), que combinan la generación de electricidad con el calentamiento de agua, empleando menos espacio que si fuesen



instalaciones separadas además de que el agua ayuda a enfriar las celdas, aumentando así eficiencia y prolongando la vida útil de las fotoceldas. Estos se pueden clasificar en:

- PV / T colector líquido
- PV / T colector aéreo
- PV / T colector de aire/ líquido
- PV / T concentrador (TVPC)

Existen otras alternativas a las celdas convencionales como se mencionó anteriormente el empleo de celdas como ventanas (Ver Ventanas con celdas fotovoltaicas integradas).

6.8.2 Turbinas de viento o aerogeneradores

Las alternativas de turbinas para edificios en el mercado son muchas y muy variadas. Los tipos de turbinas se pueden dividir en 2 tipos: las de eje vertical y las de eje horizontal. Las de eje horizontal se pueden subdividir en doble hélice, triple hélice y multi-hélice. Las de eje vertical en Darrieus, Giromill y Savonius. De estos tipos de turbinas derivan principalmente todas las demás. Muchos difieren entre las alternativas sobre cuál es la mejor opción, pero muchos concuerdan en que las más eficientes energéticamente hablando por sus características y diseño son las turbinas de eje horizontal. Aunque los generadores de eje vertical han aumentado su eficiencia los de eje horizontal siguen teniendo el mayor rendimiento. Aún no existe mucha información disponible de cuánto es el potencial de producción eléctrica de las turbinas eólicas en entornos urbanos.

Algunas desventajas del empleo de las turbinas eólicas a gran escala para generación eléctrica son:

- Se piensa que contribuyen al calentamiento global debido a que pueden modificar los patrones de viento.
- Afecta la biodiversidad, porque las aspas pueden golpear fauna y matarla.
- Hay bajas de energía ya que la producción depende de las corrientes de viento y si éstas disminuyen su intensidad, el suministro podría colapsar.

Capítulo 7. Residuos

7.1 Panorama actual México y el mundo

Una manera muy simplista de pensar en el problema de la generación de basura, es que este termina depositando la basura en su lugar, pero en realidad el problema comienza ahí.

La LGPGIR es la ley encargada de regular el manejo integral de los residuos en territorio mexicano. En su contenido la definición de un residuo es:

Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven

En México los últimos años, la generación total de residuos sólidos urbanos (RSU) se incrementó, alcanzando 34.6 millones de toneladas en el año 2004. Los RSU se producen mayormente en la región Centro (50%), siguiéndole la región Norte (18%) y el Distrito Federal (13%). Durante el periodo 1997-2004, la zona Centro, la Frontera Norte y la zona Sur incrementaron de manera significativa su generación de residuos (24, 35 y 17% respectivamente), destacando la zona Centro que alcanzó una generación de 17 millones de toneladas de RSM en 2004 (**Figura 7-1**). La producción de basura per cápita en México varía según la zona geográfica. Lo valores se ubican en el rango de 0,5 – 1,4 (kg/hab/día)⁴⁷.



Figura 7-1 Generación de residuos sólidos municipales. Fuente: SEMARNAT.

⁴⁷ http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html



Según datos de un informe publicado por el banco mundial entre 2002 y 2025, el volumen de los sólidos generados a nivel mundial se espera aumente de 0,68 millones de toneladas a 2,2 millones de toneladas, es decir, el volumen aumentará a más del triple en poco más de veinte años. En términos financieros, los costos de gestión de residuos sólidos anual pasará de \$ 205,4 mil millones de dólares a alrededor de \$ 375,5 mil millones de dólares en 2025⁴⁸. En países desarrollados se tiran muchos residuos que pueden ser utilizados en países en vías de desarrollo, siendo más redituable y rentable económicamente que disponerlos en un relleno sanitario. Lo mismo sucede de manera inversa, enviar residuos que no pueden ser manejados en países en vías de desarrollo a países desarrollados que cuentan con tecnología para procesarlos.

El problema con los residuos es su impacto en los 3 aspectos básicos considerados en la sustentabilidad, los cuales impactan de las siguientes maneras:

Económico

Gasto público e inversiones millonarias para el manejo, recuperación y disposición adecuada de residuos y en algunos casos producción de energía.

Ecológico

Degradación de suelos, contaminación de cuerpos de agua y aire (debido a lixiviados), emanaciones de compuestos volátiles tóxicos al medio ambiente, principalmente GEI y aparición de fauna nociva

Social

Mal aspecto visual, disminución de la calidad de vida (aparición de enfermedades como rabia, cólera, amibiasis), malos olores, generación de ruidos. Aparición de fenómenos sociales como NYMBY y NOPE⁴⁹. Fuente de ingresos para personas de bajos recursos.

En cuanto sustentabilidad se refiere, los residuos que pueden ser generados en un proyecto de edificación sustentable se pueden dividir en 2 ramales generales que son:

- ❖ Los residuos generados por el ciclo de vida de la edificación misma que serían los residuos de la construcción y demolición (RCD).
- ❖ Los residuos generados por los ocupantes de la edificación mientras esta se encuentre en servicio, siendo residuos sólidos urbanos (RSU) y aguas residuales.

⁴⁸ Estudio publicado por el Banco Mundial sobre la producción y gestión mundial de RSU llamado "What a Waste - A Global Review of Solid Waste Management "

⁴⁹ NIMBY: acrónimo de "not in my back yard" se trata de personas que se oponen a la ubicación de algún tipo de infraestructura en las cercanías de donde habitan, la cual es necesaria para la solución de algún problema, pero no se oponen a que sea ubicado en otro lugar.

NOPE: acrónimo de "not on planet earth" no en el planeta tierra. Similar al NIMBY pero en este caso se trataría de una oposición a la construcción de cualquier infraestructura, en cualquier parte del mundo.



7.2 Generación y Composición de residuos

De acuerdo con cifras de la SEMARNAT, cada año los mexicanos producimos alrededor de 36 millones de toneladas de basura, lo que equivale a cerca de 350 veces el peso del concreto empleado en la construcción del Estadio Azteca (**Gráfico 7—1**)

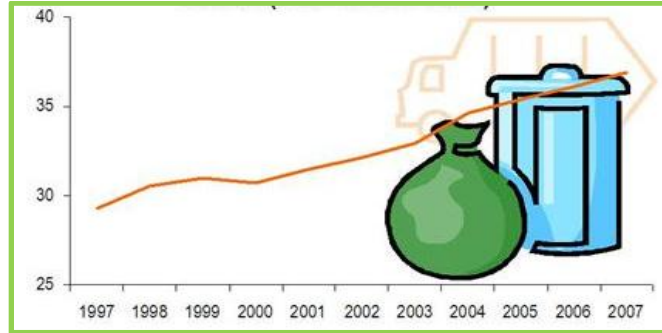


Gráfico 7—1 Generación de RSU en México (miles de toneladas). Fuente: SEDESOL

Los datos más recientes, indican que la mayor generación de Residuos de Manejo Especial (RME) corresponde a los de la construcción y demolición provenientes de obras para viviendas (RCD), comercios e industria (77%), seguido de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (18%), los residuos generados por servicios de transporte (3%) y finalmente los residuos que se generan en las unidades médicas (2%).⁵⁰

De los RCD's la EPA en el año 2003 publicó un artículo titulado "Analyzing What's Recyclable in C&D Debris", en el cual detalla la composición de estos. (**Tabla 7—1**):

Material	Porcentaje estimado de RESIDUOS C&D generados anualmente.
Concreto	40 - 50
Madera	20 - 30
Yeso	5 - 15
Asfalto	1 - 10
Metales	1 - 5
Cerámicos	1 - 5
Plásticos	1 - 5

Tabla 7—1 Composición de RCD. Porcentajes estimados por tipo de material. Fuente: Ken Sandler, EPA 2003

⁵⁰ Informe de la situación del ambiente en México 2008

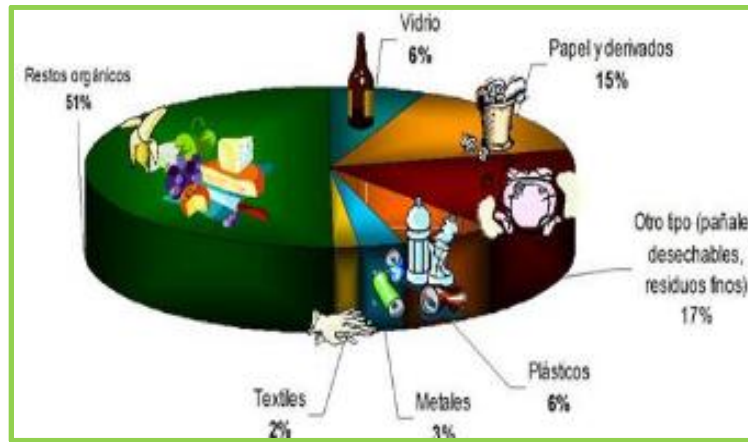


Gráfico 7—2 Composición de RSU en México .Fuente SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente 2001.

7.3 Manejo sustentable de residuos en edificaciones

La separación de residuos desde su generación en nuestro caso las edificaciones sustentables, facilita su reciclaje. Lo más conveniente sería la separación tomando en cuenta el tipo de residuo y la cantidad que se produce de estos, en México observando el gráfico de porcentajes sería (**Gráfico 7—2**): orgánicos, otros, papel, vidrio, metales, plásticos. Aunado a esto, habrá de considerar, que en el proceso de separación de residuos haya continuidad por parte de las autoridades de la ciudad y municipio, ya que las soluciones al problema de residuos debe ser atacado por ambas partes, como en países Europeos, como Alemania.

Las edificaciones sustentables deben centrarse en la valorización y tratamiento de los residuos en sitio, contando con sistemas de tratamiento de aguas, tratándose de aguas residuales, o incineradores para residuos sólidos por ejemplo. El empleo de diversos métodos, combinados como la producción de composta, separación de basura, ayudara a reducir al mínimo la producción de desechos.

El manejo de residuos sustentable en edificaciones se puede dividir en seis categorías, las cuales a manera de sugerencias, se enumeran y explican a continuación:

1.- Fomentar el reciclaje de RSU durante la ocupación de las edificaciones.

La separación de basura deberá ser en 6 grupos siendo coherentes con los porcentajes de residuos mencionados anteriormente siendo estos: orgánicos, papel y cartón, vidrio, metales, plásticos, otros.

Los espacios que hay que habilitar en el interior de las edificaciones para el almacenamiento inmediato de los residuos deben ajustarse a las necesidades y al presupuesto de cada proyecto.

En caso de haber residuos peligrosos o de manejo especial como baterías, luminarias, las alternativas pueden ser juntarlas y llevarlas a un centro de acopio, o guardarlas y que el personal de recolección los lleve donde puedan ser tratados.

La finalidad de todo esto es agilizar el proceso de valorización y aprovechamiento partiendo desde el origen, disminuyendo el impacto ambiental de los RSU al requerir menos



materias primas y recursos, empleando materiales reciclados para la producción de nuevos materiales y evitar que estos vayan a parar a un relleno sanitario.

Lugar	Clasificación	Colores de los contenedores
Distrito Federal	Orgánico	Verde
	Inorgánico	Gris
Programa de Administración Sustentable (SEMARNAT)	Varios: unicef y envolturas	Gris
	Orgánicos: alimentos y plantas	Verde
	Papel	Amarillo
	Reciclables: metal, vidrio, plástico	Azul
Al nivel Internacional	Papel y cartón	Amarillo
	Varios	Negro
	Vidrio	Blanco
	Plástico	Azul
	Metal y aluminio	Gris
	Orgánico	Verde
	Peligroso	Rojo

Tabla 7—2 Clasificaciones de residuos y color de los contenedores correspondientes. Fuente: SEMARNAT Manual de sistemas de manejo ambiental, 2010.

2.- Diseñar la edificación para la valorización futura de los elementos constructivos.

En la etapa de demolición al final de la vida útil de las edificación una práctica común es derribarla por completo obteniendo una mezcla de materiales, que en México son denominado como residuos de manejo especial y de los cuales un buen porcentaje puede ser recuperado, reutilizado y reciclado para ser empleado en otras edificaciones o en la elaboración de materias primas.

La consideración de estos aspectos se debe tener en cuenta en la fase de proyecto, teniendo previsión en el uso de materiales y procesos constructivos que consideren la recuperación, reutilización o reciclaje, por ejemplo haciendo uso de elementos constructivos desmontables, uniones mecánicas, uniones descubiertas que no estén enterradas colados. Evitar en lo posible (u optar por un espesor mínimo) los repellados o enyesados ya que el uso de estos genera mucho desperdicio además dificulta la reparación y la fácil recuperación de otros elementos.

Las ventajas de tener esto en consideración en la fase de proyecto, es la reducción en el uso de recursos no renovables en nuevos edificios, empleando elementos de demolición y disminuyendo el impacto de estos residuos en los rellenos de manejo especial.

3.- Gestión de residuos y aplicación de procesos constructivos durante la construcción

En la práctica lo común al realizar un análisis de precios unitarios es común considerar un de 3% a 5%, aunque a veces el desperdicio varía dependiendo del material y tipo de construcción de que se trate. Esto consiste en llevar un buen control de los residuos al interior de la obra ya que muchos de estos no son separados y menos valorizados, yendo directamente a un relleno o vertedero clandestino. Como ejemplo de materiales susceptibles de ser valorizados y separados tenemos plásticos, materiales pétreos acero y madera. En cuanto procesos constructivos habrá de tener cuidado en la mano de obra empleada así como del personal administrativo en obra, ya que



los excesos de dimensión también representan un desperdicio como espesores de losas y muros mayores a los especificados. Una alternativa a esto es el uso de prefabricados cuando sea posible. Unas instalaciones inadecuadas para recibir el material también representa un desperdicio ejemplo de ello es la arena o la grava que al juntar montículos de estos con el uso y el tiempo que se deslava por todo el terreno. Otra medida también es comprar a granel con el fin de evitar envases y embalajes innecesarios.

4.- Empleo de materiales y productos reciclados

Aprovechar residuos para elaborar productos reciclados destinados a la edificación u otras áreas, se está volviendo más común, especialmente para aplicaciones donde los requerimientos de calidad sean menores. Esto para tener una reducción en empleo de materiales nuevos, lo cual genera una reducción en el uso de la energía, materias primas, agua etc. propio de cada material durante su proceso de extracción y fabricación disminuyendo así su impacto. Por ello una práctica común es la adaptación de viejos edificios y construcciones a nuevas necesidades y de esa manera evitar en lo posible realizar construcciones nuevas que partan de cero. La reutilización de residuos reducirá la cantidad de residuos generados, y por tanto, eliminados, disminuyendo el impacto ambiental asociado a la creación de vertederos, ejemplo de esto es:

- ❖ El uso de los residuos pétreos y productos de la excavación que pueden ser empleados como relleno o agregados dependiendo de las necesidades.
- ❖ Aprovechamiento y reutilización de ventanas puertas vidrios ladrillos, muros divisorios, tableros vigas de madera etc.

Mucho de esto tiene relación con lo mencionado en el Capítulo 5.

5.- Gestión adecuada de los residuos de jardinería durante la vida útil del edificio

Esta medida es más aplicable a casas habitación. El empleo de compost que pueda ser generado a partir de restos de jardinería reducirá la cantidad de materia orgánica enviada a vertederos, reduciendo emisiones de GEI como el metano producto de la descomposición anaerobia de los restos gas que es más contaminante que el CO₂ y además de reducir el consumo de fertilizantes químicos evitando contaminación de cuerpos de agua subterráneos y acidifican de suelos.

6.- Técnicas de desmantelamiento selectivo al final de la vida de la edificación

Mencionado también en el Capítulo 5, consiste en resumen de 4 fases que son:

- ❖ Retirar desechos y elementos decorativos no fijos
- ❖ Desmantelamiento de instalaciones y muebles hidráulicos y sanitarios, instalaciones de aire acondicionado así como de elementos exteriores como falsos plafones y revestimientos recuperables teniendo cuidado de separar el yeso.



- ❖ Desmontar techos, cubiertas y divisiones interiores apuntalando cuando se trate de elementos estructurales o de soporte.
- ❖ Desmontaje y derribo de la estructura por cortes en los elementos separando del escombro los elementos de madera y perfiles de acero o metal.

Con esto se disminuyen costos para la disposición de los residuos de la demolición obteniendo materiales con una calidad suficiente para obtener algún beneficio económico por su reutilización o reciclado además de disminuir la cantidad de estos residuos en vertederos.

Así el concepto de sustentabilidad enfocado a los residuos se puede resumir en tres 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.



Capítulo 8. Conclusiones y Recomendaciones

Dadas las problemáticas ambientales actuales como el cambio climático, escasez de recursos, contaminación elevada, pérdida de biodiversidad entre otras, es necesario tomar conciencia de ellas. Con ello nace el concepto de sustentabilidad. El concepto puede abarcar diferentes ámbitos, como el de la ingeniería civil y otros como el personal, ya que uno como individuo debe concientizarse de que la solución a muchas de estas problemáticas comienza desde las pequeñas acciones cotidianas. Con ello se pretende modificar la manera en que se vienen haciendo las cosas y adoptar los nuevos paradigmas que proponen nuevas maneras y nuevas formas de realizarlas, que tratan de encontrar el punto de equilibrio entre los aspectos económicos, ecológicos y sociales.

Lo que se persigue con la sustentabilidad, teniendo una visión a largo plazo es que las ciudades en el futuro tiendan a ser inteligentes y a optimizar sus recursos. Para ello las diferentes componentes de las ciudades deben manejarse como sistemas, en vez de hacerlo por partes como se acostumbra actualmente. Por ello la necesidad de comenzar a emplear el concepto de sustentabilidad en proyectos de ingeniería civil, más concretamente edificaciones, debido a que son grandes consumidoras de recursos como lo son el agua, energía, materiales y materias primas principalmente, así como grandes generadoras de residuos. Para esto la edificación sustentable debe cumplir con los requerimientos de confiabilidad, costos de construcción y tiempos, además de contar con una calidad técnica, beneficios económicos y una atenuación de su impacto ambiental. Esto se logrará desde la concepción del proyecto involucrando a dueños, contratistas y gobiernos, para llegar a un consenso en el que la solución adoptada sea la mejor y más viable, teniendo en cuenta la sustentabilidad a través de todas sus etapas desde la planeación y diseño hasta su desmontaje y demolición, contando con el equipo interdisciplinario de trabajo adecuado, trabajando de manera sinérgica.

El panorama actual en México en cuanto materia de sustentabilidad se refiere, en años recientes se ha estado implementando, en edificios de gran envergadura y poco a poco en el sector vivienda, tomando en consideración la optimización de energía y agua principalmente, aunque un poco rezagados otros aspectos no menos importantes. Con la normatividad y legislación actual en el país alcanza para crear un manual o guía que sea específicamente aplicable en territorio nacional, para evitar depender de certificadoras extranjeras que adecuan sus métodos, según las necesidades del país. Aunque habrá que mejorar algunos puntos, y hacer que todo esto se conecte y se relación, ya que en la actualidad muchas normas y reglamentos no guardan relación alguna, porque se puede cumplir con algunos y no cumplir con otros, lo que deja espacios vacíos que deben ser llenados. Además también, el gobierno deberá incentivar con bonos, reducciones de impuestos, apoyos o créditos este tipo de edificaciones para que sea más atractivo para las empresas y personas optar por una edificación sustentable a una tradicional.



En cuanto a los diferentes aspectos, el de la calidad del medioambiente interior está más enfocado a la salud y bienestar de los ocupantes, ya que estas condiciones al interior de las edificaciones son inferiores a las del exterior, lo que acarrea problemas de salud a largo plazo disminuyendo la calidad de vida. Una mala calidad en edificios se refleja como un menor rendimiento, en edificios de trabajo por ejemplo, como ausencias laborales, baja en la productividad, lo que se traduce como pérdidas económicas. Para evitar estos problemas y mejorar la calidad, se deben seleccionar materiales que no contengan compuestos nocivos para el ser humano, usando plantas o filtros que ayuden a disminuir la cantidad de contaminantes en el aire, contar con una buena iluminación y control de la temperatura (estos últimos relacionados con el diseño pasivo).

En cuanto al agua, tomando diversas alternativas como la instalación de dispositivos, los hábitos de consumo de los ocupantes, el empleo de agua de lluvia y el tratamiento de las aguas residuales en el sitio, se disminuye la dependencia de la red de agua potable, además de que los costos de operación para abastecer la edificación se reducen así como los impactos ambientales por disminución de consumos y de contaminantes en el vital líquido que cada día es más escaso. Por ello tratar de solucionar el problema desde lugares lejanos a las edificaciones ha provocado que las personas no tengan contacto con el problema.

La mayoría de los edificios requieren de una variedad de materiales, tecnologías, y herramientas que usan combustibles fósiles para la extracción, producción o transportación y recursos como el agua. Por ello existen 2 alternativas para reducir el consumo de materias primas una de ellas es la remodelación de edificios antiguos haciéndolos sustentables para evitar en lo posible el consumo de materiales y emplear productos reciclados o que tengan procesos amigables con el ambiente y con los ocupantes también. La segunda es diseñar la edificación para que al término de su vida útil esta pueda ser desmontada y desmantelada para posteriormente ser utilizada y reciclada en otros proyectos similares o para generación de nuevos materiales reduciendo la cantidad de desperdicio producto de una demolición. Para ello se deben considerar los mecanismos de evaluación de materiales uno de ellos es el análisis ciclo de vida.

El aspecto energético es considerado como uno de los más importantes, ya que impacta más en lo económico y en lo ambiental por las emisiones de GEI. En este aspecto más que enfocarse en la implementación de tecnologías y aparatos eficientes en la edificación lo más importante recae primordialmente en un buen diseño pasivo, la envolvente y la reducción de cargas, específicamente los hábitos de consumo de los ocupantes. El diseño pasivo ayudará a reducir consumos energéticos en la climatización interior y la reducción de cargas disminuyendo consumos innecesarios, por consiguiente reduciendo costos y emisiones de GEI, pudiendo lograr que la edificación sea autosuficiente energéticamente hablando. Además también con esto es posible obtener incentivos por parte del gobierno.

Los residuos generados al interior de la edificación dependen de 2 cosas, de la edificación misma y de la generación por parte de los ocupantes. Lo primero guarda estrecha relación con los materiales y con el diseño del edificio para ser desmontado y desmantelado. Lo segundo puede



separado, valorizado y tratado en sitio o para generación de energía eléctrica por incineración y u otros métodos de tratamiento. Aunque los residuos generados por los ocupantes, su recolección y tratamiento, fuera de la edificación depende casi enteramente de los organismos encargados para esto. Por eso debe haber planes por parte del gobierno para separar residuos en diferentes categorías, no solo en orgánicos e inorgánicos, esto con la finalidad de mejorar el porcentaje de recuperación y disminución de disposición de residuos en rellenos sanitarios.

Un aspecto no considerado en esta tesis son las cantidades, porcentajes y costos de ahorro y reducción de insumos y recursos, la mayor parte de la información existente sobre estos datos son estimados por ello, no se consideró conveniente mostrarlos, porque solamente datos concretos, cuantificados, discutidos y demostrados, pueden proporcionar una comparación creíble de los beneficios que proporciona una edificación sustentable en comparación con una tradicional.

Dicho lo anterior la sustentabilidad es una buena alternativa, ejemplo de ello es que muchos proyectos de diversos tipos nivel nacional e internacional, están adoptando e incorporando estos paradigmas. Aunque hay que resaltar que la sustentabilidad es un buen comienzo para tomar conciencia de lo que se ha venido haciendo aunque, hasta cierto punto, sería descuidado e ingenuo pensar que ésta es la clave y la solución definitiva a los problemas económicos, ecológicos y sociales y por supuesto también de la ingeniería civil.

Bibliohemerografía

Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., & von Muench, E. (Febrero de 2011). *Technology Review of Constructed Wetlands Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment*. Alemania.

El Siglo del Torreon. (5 de Septiembre de 2002). Recuperado el 20 de Mayo de 2012, de <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1187.html>

Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. (2005). D.F., México.

WWF Global. (24 de Octubre de 2006). Recuperado el 21 de Mayo de 2012, de <http://www.panda.org/index.cfm?uNewsID=83520>

Instituto Nacional de Ecología (INE). (15 de Noviembre de 2007). Recuperado el 18 de Noviembre de 2012, de <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/344/introd.html>

CCRSM. (2008). Recuperado el 15 de octubre de 2012, de *Public Health*: <http://ec.europa.eu/health/opinions/es/contaminacion-aire-interior/index.htm#1>

El mundo.es. (27 de 05 de 2008). Recuperado el 20 de agosto de 2012, de ¿Qué es la sensibilidad química múltiple?: <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2008/05/27/biociencia/1211918059.html>

Estudio de costo beneficio del programa de certificación de edificaciones sustentables del GDF. (2008). México.

Eco home centre. (2009). Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de http://www.sustainablebuildingresource.co.uk/building_information/sustainable_structures_and_materials/1180/

Organizacion Mundial de la Salud. (Diciembre de 2009). Recuperado el 15 de julio de 2012, de Diez datos sobre el tabaquismo pasivo: <http://www.who.int/features/factfiles/tobacco/es/index.html>

Ecology and Energy News. (Marzo de 2010). Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://energia.wadooda.com/2010/03/linoleo-verde/>

Centro urbano. (2011). Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://www.centrourbano.com/inmobiliario/20230--biomateriales-futuro-de-la-construccion>

Global Issues. (6 de Abril de 2011). Recuperado el 21 de Mayo de 2012, de <http://www.globalissues.org/article/171/loss-of-biodiversity-and-extinctions>

- Steel Recycling Institute*. (2011). Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://www.recycle-steel.org/Sustainability/Energy%20Reduction/CO2%20Breakthrough.aspx>
- Zona 10*. (2011). Recuperado el 10 de octubre de 2012, de The plant & garden zone for homeowners: <http://www.zone10.com/nasa-study-house-plants-clean-air.html>
- Federación Interamericana del cemento*. (2011a). Recuperado el 23 de Octubre de 2012, de www.ficem.org
- Construcción y Tecnología en concreto*. (Marzo de 2012). Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://www.imcyc.com/revistacyt/marzo2012/artfundamentos.html>
- Green spec*. (2012). Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://www.greenspec.co.uk/materials-compared.php>
- MIS RESPUESTAS.COM*. (2012). Recuperado el 28 de mayo de 2012, de <http://www.misrespuestas.com/que-es-iso-9000.html>
- Organización Panamericana de la Salud*. (2012). Recuperado el 21 de Mayo de 2012, de www.paho.org
- Revista del consumidor*. (Septiembre de 2012). Recuperado el 1 de septiembre de 2012, de <http://revistadelconsumidor.gob.mx/?p=6260>
- Un Water*. (2012). Recuperado el 20 de Mayo de 2012, de http://www.unwater.org/statistics_pollu.html
- World water Council*. (2012). Recuperado el 20 de mayo de 2012
- Álvarez , D. S. (2008). Introducción al diseño solar pasivo. Soluciones Bioclimaticas. España.
- Amos, J. (2005 de Marzo de 2005). *BBC News*. Recuperado el 21 de Mayo de 2012, de <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4391835.stm>
- Aramburu, C. J. (2007). Ssistemas de Caudal de aire variable. España.
- Arundel, J. (2002). *Tratamiento de aguas negras y efluentes industriales*. (V. González, Trad.) Zaragoza, España: Acribia.
- Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). (2010). Guía técnica. Ahorro y recupeación de energía en instalaciones de climatización. Madrid, España.
- B.C. Wolverton. (1997). *How to grow fresh air:50 house plants that purify your home or office*. Ed. Pinguins Books.
- Benito, T. P. (2006). *Guía del instalador de energías renovables : energía fotovoltaica, energía térmica, energía eólica, climatización*. México, D.F.: Limusa.

- Blanco Barrero, R. (2010). Anexo1: Tratamiento de aguas residuales. Guatemala.
- Bohórquez, P. J. (14 de Octubre de 2008). Muro de Trombre. Bogotá, Colombia.
- Bradford O. Brooks, W. D. (1991). *Understanding indoor air quality*. Florida: CRC Press.
- Calkins, M. (2009). *Materials for sustainable sites : a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable construction materials*. Hoboken, New Jersey: J. Wiley.
- Candela, D. (9 de Febrero de 2005). *Avances de nanotecnología*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2012, de <http://avances-nanotecnologia.euroresidentes.com/2005/02/nanotecnologia-y-la-industria-de-la.html>
- Carrión Carrera, G. (2008). Manual Técnico de difusión sistema de tratamiento de aguas residuales para el albergue en zonas rurales. Lima, Perú.
- CONUEE. (25 de abril de 2012). *Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética Vigentes (consulta de documentos)*. Recuperado el 30 de mayo de 2012, de http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1002_nom_publicadas_vigen
- Cooperación en Red Euro Americana para el desarrollo sostenible. (8 de Diciembre de 2011). *creadess*. Recuperado el 20 de Octubre de 2012, de <http://www.creadess.org/index.php/investiga/descarga-de-documentos/file/420-estado-del-arte-de-la-clasificacion-reutilizacion-y-reciclaje-de-los-residuos-solidos-generados-por-la-industria-de-la-construccion?start=220>
- Cortinas de Nava, C. (Abril de 2012). *cristinacortinas*. Recuperado el 24 de Octubre de 2012, de <http://www.cristinacortinas.net/>
- Edwards, B. H. (2004). *Guía básica de la sostenibilidad*. Sa. España: Gustavo Gillo.
- Energy Star. (Octubre de 2007). *energystar.gov*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2012, de http://www.energystar.gov/index.cfm?c=business.EPA_BUM_CH7_SupLoads
- Erias, R. A., & Álvarez-Campana, G. J. (2007). *Evaluación Ambiental y Desarrollo Sostenible*. España: Pirámide Grupo Anaya S.A.
- Escriva, M. (2011). *Jardín Organico*. Buenos Aires: Albatros.
- Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development. (Mayo de 2011). Sustainable Building. *Sustainable Building*. BBSR, Bonn.
- Frers, C. (2012). El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales.
- G.Egan Jr, Esq., D. (26 de Septiembre de 2011). Green Building Considerations.

- Gaja, F. D. (10 de Julio de 2009). Recuperado el 11 de 07 de 2009, de <<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num7/art41/int41.htm>>
- Gibson, D. J. (2008). *Green from the ground up : a builder's guide : sustainable, healthy, and energy-efficient home construction* . Newtown,Connecticut: Taunton.
- Gómez, O. D. (2007). *Evaluación Ambiental Estratégica*. Ediciones Mundi-Prensa.
- González, M. (12 de Junio de 2000). Madera de palma de coco. Guadalajara, Jalisco, Mexico.
- Gutierrez, C. (1980). *Impacto ambiental de las obras de ingeniería civil*. México: UNAM.
- Hansen, S. J. (1991). *Managing indoor air quality*. Lilburn: Fairmont.
- Hernández, J. (25 de Abril de 2010). *Milenio*. Recuperado el 15 de octubre de 2012, de <http://www.milenio.com/cdb/doc/impreso/8756726>
- IMTA. (2003). Manual para el uso eficiente y racional del agua.¡Utilízala sólo la necesaria! México, D.F.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). (2009). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento. México.
- Instituto Tecnológico de la Construcción. (Noviembre de 2009). Guía de sostenibilidad en la edificación residencial. España.
- ISO. (2012). *Standards catalogue*. Recuperado el 31 de mayo de 2012, de <http://www.iso.org/iso/home/about.htm>
- ISO. (2012). *Sustainability in buildings and civil engineering works*. Recuperado el 29 de mayo de 2012, de http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=322621
- Jennings Heinsohn, R., & M. Cimbala, J. (2003). *Indoor air quality engineering : environmental health and control of indoor pollutants*. New York: M. Dekker.
- Juárez, R., Olmos, A., & Monroy Oscar. (2012). Tratamiento de agua residuales urbanas mediante el uso de reactores anaerobios de lecho expandido granular. México.
- Junta de Andalucía, Unión Europea, Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. (2012). Calidad del aire. España.
- Kibert, C. J. (2007). *Sustainable construction : green building design and delivery*. Hoboken, New Jersey: Wiley.

- Kwok, A. G. (2001). *The green studio handbook : environmental strategies for schematic design*. Londres: Architectural Press.
- Kyoto protokol. (2012). *kyoto protokol*. Recuperado el 22 de Mayo de 2012, de <http://www.kyotoprotocol.com/>
- Lascano, M. (Mayo de 2011). *Bibliocad*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://www.bibliocad.com/blog/sistemas-pasivos>
- Marin, N. (26 de Agosto de 2012). Severa la problemática a resolver por la basura. México.
- Maza, M. Á. (2008). *Energía solar térmica*. Mexico: Limusa.
- Mena, R. C. (2007). *Análisis del impacto ambiental por la inadecuada disposición de residuos de la construcción en el valle de México y propuestas solución*. México: UNAM.
- Mendoza, S. E. (2005). *Introduccion Al Proceso Constructivo*. México: Fundec A.C.
- Monterroso, E. (2003). *Normas ISO*. Recuperado el 31 de mayo de 2012, de <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/normasiso.htm>
- Montes de Oca y Domínguez, F. J. (octubre-diciembre de 2004). *La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de México* . Recuperado el 28 de Mayo de 2012, de Gaceta Ecológica (en línea): <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=53907304>
- Morillón , G. D. (1 al 3 de Julio de 2002). Introducción a los sistemas pasivos de enfriamiento. Guadalajara, Jalisco, México.
- Occupational Health Clinic for Ontario Workers Inc. (2012). *ohcow*. Recuperado el 2 de Octubre de 2012, de www.ohcow.on.ca
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos tanques IMHOFF y lagunas de estabilización. Limas.
- Pedraza, H. E. (2 y 3 de Septiembre de 2008). *CONAE*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6153/2/estadisticas_indicadores_energia.pdf
- Pérez, M. (2012). *IMCYC*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://www.imcyc.com/cyt/junio04/siglo.htm>
- Pia Mazzocco, M. (2011). *BiblioCAD*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2012, de <http://www.bibliocad.com/blog/materiales-sustentables>
- Quadri de la Torre, G. (2008). Estudio de costo beneficio del programa de certificación de edificaciones sustentables del GDF. USA-México.

- Ramos, M. (2009). *Scribd*. Recuperado el 15 de Octubre de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/40484702/Tratamiento-Anaerobio-Para-Aguas-Residuales-Trabajo-Final1>
- Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2004). *ashrae.org*. Recuperado el 2 de Octubre de 2012, de www.ashrae.org
- Revistaunam.mx. (10 de Octubre de 2008). *revistaunam.mx*. Recuperado el 22 de Mayo de 2012, de <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm#top>
- Rivera, A. (4 de Febrero de 2006). *Sistemas de Volumen de Aire Variable*. México.
- Rojas, L. O., & Rojas, R. J. (julio-diciembre de 2009). Proyección del consumo de energía residencial en el Perú (2005-2030) mediante el software MAED-D Industrial Data. *Redalyc*, 12(2), 50-60.
- Salgado, J. F. (2009). *Tecnología de las energías renovables*. Madrid: Vicente:Mundi Prensa.
- Sandler, K. (2003). *Analyzing what's recyclable in C&D Debris*. Arlington, Virginia, United States.
- Schifter, I. (2009). *La huella invisible :humos, polvos y perfumes*. México, D.F.: Fondo De Cultura Economica.
- Schifter, I. (2009). *La huella invisible: humos, polvos y perfumes*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica .
- Secretaría del Convenio sobre la Biodiversidad Biológica. (2010). *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3*. Obtenido de *Convention on Biological Diversity*: <http://www.cbd.int/gbo3/>
- Secretaría del Medio Ambiente. (Enero de 2009). *Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables*. México.
- Segovia Guerrero, A., & Godínez, G. M. (2 de Octubre de 2009). *PROFECO*. Recuperado el 15 de octubre de 2012, de http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2009/bol143_agua.asp
- SEMARNAT. (1993). *Normas en materia de medición de concentraciones*. Recuperado el 29 de mayo de 2012, de <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Pages/concentraciones.aspx>
- SEMARNAT. (1993-2012). *Normas en materia de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. Recuperado el 30 de mayo de 2012, de http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Pages/nom_residuos.aspx
- SEMARNAT. (1994-2010). *Normas en materia de suelos*. Recuperado el 28 de mayo de 2012, de http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Pages/nom_suelos.aspx

- SEMARNAT. (1995). *Normas en materia de contaminación por ruido*. Recuperado el 28 de mayo de 2012, de http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/nom_ruido.aspx
- SEMARNAT. (1996-2012). *Normas Comisión Nacional del Agua*. Recuperado el 29 de Mayo de 2012, de <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/agua.aspx>
- SEMARNAT. (1997-1998). *Leyes y normas en materia de aguas residuales*. Recuperado el 28 de mayo de 2012, de http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/nom_aguas_residuales.aspx
- SEMARNAT. (2001-2012). *Normas en materia de impacto ambiental*. Recuperado el 30 de mayo de 2012, de <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/impacto.aspx>
- SEMARNAT. (15 de Agosto de 2003). *Normas en materia de lodos y bisólidos*. Recuperado el 29 de Mayo de 2012, de <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/lodos.aspx>
- SEMARNAT. (2005). *semarnat.gob.mx*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html
- Seoánez Calvo, M. (1999). *Aguas residuales:tratamiento por humedales artificiales: fundamentos científicos. tecnologías, diseño*. México: Mundi-Prensa.
- Soibelman, L. (27 de Mayo de 2010). *Desperdicios vs el control de los materiales*. México.
- Sunyer, M. P., & Peña del Valle, I. A. (30 de Mayo de 2008). *Geo Crítica*. Recuperado el 30 de Mayo de 2012, de Diez años de cambios en el mundo, en la geografía y en las ciencias sociales, 1998-2008.: <http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/317.htm>
- Tamborrel, G. (2011). *¿Cómo se clasifica la basura en México?* México.
- Timber bulding . (2012). *timberbulding*. Recuperado el 23 de Octubre de 2012, de <http://www.timberbuilding.arch.utas.edu.au/publications/PDF/2%20Timber%20&%20Sustainable%20Building%20Design.pdf>
- UICN. (2012). *Unión Internacional para la conservación de la naturaleza*. Recuperado el 21 de Mayo de 2012, de <http://www.iucn.org/es/>
- UNATSABAR. (2001). *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. Lima.
- UNEP. (2002). *GEO: Global Environment Outlook 3*. Recuperado el 28 de mayo de 2012, de GRID ARENDAL: <http://www.grida.no/publications/other/geo3/?src=/geo/geo3/english/141.htm>
- UNFCCC. (1997). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Recuperado el 22 de Mayo de 2012, de http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

Universidad de las Americas Puebla. (22 de Octubre de 2012). *Materiales de Construcción*. Puebla, México.

Vargas, H. J. (25 de octubre de 2002). *La legislación mexicana en materia ambiental*. Recuperado el 30 de mayo de 2012, de Instituto Nacional de Ecología/SEMARNAT: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/398/vargas.html>

Wadden, R., Schuff, P., & Garcia, C. (1987). *Contaminacion del aire en interiores*. México: Limusa.

WME Business Environment Network. (8 de Junio de 2012). Banco Mundial: los residuos sólidos se dupliquen para el 2025. Estados Unidos.