



---

# Lineamientos en materia de construcción sustentable

---

Universidad Nacional Autónoma de  
México

---

Abril de 2011

---

Centro de Investigación en Energía  
Dirección General de Obras y Conservación  
Facultad de Arquitectura  
Facultad de Ingeniería  
Instituto de Ecología  
Instituto de Ingeniería  
Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua  
Programa Universitario de Medio Ambiente  
Secretaría Técnica de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel



## CRÉDITOS

### **Centro de Investigación en Energía**

Jorge A. Rojas Menéndez  
Guadalupe Huelsz Lesbros  
Ramón Tovar Olvera  
Guillermo Barrios del Valle  
Adriana Lira  
Jorge Tenorio

### **Dirección General de Obras y Conservación**

Francisco De Pablo y Galán

### **Facultad de Arquitectura**

Celia Facio Salazar  
Miguel Arzate Pérez

### **Facultad de Ingeniería**

Enrique César Valdés  
Azucena Escobedo Izquierdo

### **Instituto de Ecología**

Marisa Mazari Hiriart  
Ana Cecilia Espinosa

### **Instituto de Ingeniería**

Patricia Güereca Hernández

### **Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua**

Fernando González Villarreal  
Rafael Val Segura

### **Programa Universitario de Medio Ambiente**

Mireya Imaz Gispert  
Luis Gutiérrez Padilla  
Ilayalí Alcántar Díaz Escobar  
Francisco Reynoso Arreola

### **Secretaría Técnica de la REPSA**

Pedro Camarena Berruecos

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	5
I. SELECCIÓN DE SITIO .....	7
II. MOVILIDAD SUSTENTABLE.....	7
II.1. Accesos peatonales.....	7
II.2. Transporte público.....	8
II.3. Transporte por bicicleta.....	8
II.4. Transporte por motocicleta.....	8
II.5. Conectividad (internet).....	8
II.6. Accesibilidad .....	8
III. ÁREAS VERDES .....	10
IV. MATERIALES.....	11
V. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA.....	12
V.1. Climatización.....	12
Diseño bioclimático.....	13
Climatización artificial.....	14
V.2. Ventilación.....	15
Ventilación natural.....	15
Ventilación forzada.....	15
V.3. Iluminación.....	15
Etapa de diseño.....	15
Iluminación natural.....	16
Iluminación artificial.....	16
Postconstrucción.....	18
V.4. Calentamiento de agua.....	19
VI. USO EFICIENTE DEL AGUA.....	20
VI.1. Consumos per cápita.....	20
VI.2. Suministro y medición.....	20
VI.3. Cisternas de agua para consumo humano.....	21
VI.4. Muebles de baño.....	22
VI.5. Laboratorios.....	23
VI.6. Agua pluvial.....	24
VI.7. Riego.....	24
VII. RESIDUOS.....	25

VII.1.	Reducción en la fuente .....	25
VII.2.	Reciclaje .....	26
VII.3.	Principio de precaución.....	26
VII.4.	Control integral de la contaminación .....	28
VII.5.	Principio de autosuficiencia .....	29
VII.6.	Principio de proximidad .....	29
REFERENCIAS.....		30

## INTRODUCCIÓN

La UNAM es una de las instituciones más representativas de la nación mexicana; es el proyecto educativo, científico, cultural y social más importante de México y uno de los más significativos para América Latina y el mundo iberoamericano en su conjunto. Ello implica una enorme responsabilidad en todos los ámbitos de su quehacer y convoca a ser ejemplo en las diferentes esferas de su accionar.

Hoy, la UNAM está presente a través de la educación, la investigación y la difusión de la cultura, que constituyen sus tareas sustantivas, con centros de enseñanza e investigación en 24 entidades federativas del país y está impulsando la creación de nuevos *campi* para propulsar estas tareas en otros espacios del país.

Este crecimiento debe ser congruente con su espíritu de contribuir en definir los grandes derroteros por los que se puede transitar hacia un desarrollo social más justo, democrático y sustentable. A ello responden los presentes *Lineamientos en materia de construcción sustentable*, pues constituyen el compromiso de la Universidad para mejorar el desempeño ambiental de nuestros nuevos edificios, en beneficio de la salud humana y del cuidado de los ecosistemas de este país megadiverso.

En nuestro país la operación de edificios comerciales y habitacionales representa alrededor del 40% del consumo básico de energía, generan entre el 20 y el 25% de los residuos que se destinan a los rellenos sanitarios y son responsables de entre el 5 y el 12% del consumo de agua (CCA, 2008). Esta dinámica de su operación tiene series repercusiones en el ambiente, pues más del 76% de la energía que producimos en México proviene de la quema de combustibles fósiles, fuente responsable de una buena parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del país; además, cada día se cuenta con menos espacio donde disponer de los residuos sólidos que produce nuestra sociedad, sin contar con las implicaciones que estos sitios de disposición final pueden tener en la calidad del suelo y del agua.

## OBJETIVOS

El uso eficiente de los recursos y la reducción de su impacto ambiental es una forma de alcanzar las metas del desarrollo sostenible y es por ello que el propósito de los presentes *Lineamientos* es convertirse en una guía rectora para el diseño y construcción de las nuevas edificaciones, así como de remodelaciones en las existentes de la UNAM, al tiempo que busca impulsar el desarrollo de la

arquitectura sustentable en el país y una cultura del ahorro, uso responsable y manejo sustentable de nuestros recursos.

Se concibe como un documento dinámico, que debe ser actualizado periódicamente, a efecto de modificar e incorporar nuevos criterios con base en nueva información y nuevos desarrollos o soluciones tecnológicas y busca fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico en la edificación y uso de los recursos. De igual forma, se ha diseñado como un documento que propone un equilibrio entre lo que sería deseable realizar y lo que los recursos económicos de la Universidad permiten hacer.

En todos los casos de edificaciones o modificaciones previstos en los presentes *Lineamientos* siempre se deberá seguir la normatividad más severa existente en el país.

La elaboración de estos *Lineamientos en materia de construcción sustentable* ha sido posible gracias al trabajo y colaboración de investigadores e investigadoras de distintas entidades académicas de la UNAM y es un trabajo multi e interdisciplinario que suma saberes y experiencias para proponer soluciones integrales.

## I. SELECCIÓN DE SITIO

La selección del sitio debe ser considerada como un elemento fundamental para el diseño de una edificación sustentable, ya que su selección determina de manera directa otras características del inmueble, así como su interacción con el entorno.

En la selección del sitio quedan determinadas, por ejemplo, todas las condiciones relacionadas con diseño bioclimático, la relación con los ecosistemas de la zona, la mayor o menor alteración del paisaje, la necesidad de transportar materia y energía para abastecer la operación del edificio, así como para desalojar sus residuos, los medios de transporte que utilizarán los usuarios del edificio, etcétera.

Al respecto se podrá consultar con la Facultad de Arquitectura y los Institutos de Ingeniería y de Ecología.

**Lineamiento 1.** En la selección del sitio de toda nueva edificación se observarán las regulaciones contenidas en los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico o territorial de la entidad en la que se pretenda construir.

**Lineamiento 2.** En particular, en la selección del sitio se preferirán sitios que cumplan con las siguientes características:

- Estar bien comunicados a través de los sistemas de transporte público de la localidad en que se encuentren
- Contar con abasto suficiente de agua y energía y no comprometer el abasto de la comunidad en que se encuentren
- No alterar ecosistemas protegidos ni el hábitat de especies protegidas
- No alterar significativamente el paisaje
- Seleccionar sitios que permitan el desarrollo planificado para el futuro

## II. MOVILIDAD SUSTENTABLE

Movilidad sustentable involucra el conjunto de procesos dirigidos a lograr un uso racional de los medios de transporte. La movilidad sustentable implica reducir el número de vehículos que circulan en las vialidades y con ello, el consumo de energía y la contaminación por ruido y emisiones. En resumen la movilidad sustentable contribuye a mejorar la calidad de vida en las ciudades. En todos los casos se deberán observar los requerimientos específicos para la movilidad de personas con capacidades diferentes.

Al respecto se podrá consultar con el Instituto de Ingeniería, las Facultades de Ingeniería y Arquitectura y el Programa Universitario de Medio Ambiente.

### II.1. Accesos peatonales

**Lineamiento 3.** Se considerará en todo momento al peatón como prioridad y esto se pondrá de manifiesto a través de señalamientos adecuados en todas las instalaciones de cada *campus*. Las

banquetas deberán de conservarse siempre al mismo nivel, se diseñarán circuitos peatonales que ayuden a intercomunicar dependencias o salidas principales.

## II.2. Transporte público

**Lineamiento 4.** Se facilitará el acceso al sitio por distintos medios de transporte público y se le dará prioridad frente al transporte particular.

**Lineamiento 5.** Se promoverá el crecimiento progresivo del sistema PUMABÚS en todos los *campi* universitarios, en alianza con las autoridades de transporte de la respectiva entidad, y se procurará ubicar al menos una parada de PUMABÚS, a no más de 200 metros de la entidad, debidamente señalizada.

## II.3. Transporte por bicicleta

**Lineamiento 6.** Se promoverá la movilidad en bicicleta dentro de las instalaciones de cada *campus* universitario mediante el crecimiento progresivo del sistema BICIPUMA, a través del diseño de nuevos circuitos que comuniquen todas las entidades dentro de cada *campus* universitario.

**Lineamiento 7.** Se reservará en las zonas de estacionamiento una sección para estacionamiento de bicicletas particulares, con capacidad para al menos el 10% de la población total del edificio, debidamente señalizada.

## II.4. Transporte por motocicleta

**Lineamiento 8.** Para promover formas alternativas de transporte, de menores dimensiones que el automóvil particular, en la zona de estacionamientos se reservará el espacio suficiente para que exista una sección para estacionamiento de motocicletas particulares, con capacidad para el 10% de la población total del edificio, debidamente señalizada.

Se señalará claramente que las motocicletas no podrán circular sobre las áreas peatonales.

## II.5. Conectividad (internet)

**Lineamiento 9.** Se instalará infraestructura que ofrezca la posibilidad de transmitir información por internet mediante conexión inalámbrica en los espacios públicos para los usuarios de cada *campus*.

## II.6. Accesibilidad

El binomio *entorno urbano - persona* es fundamental para lograr la accesibilidad, por ello, se debe proyectar el entorno teniendo en cuenta los requerimientos del usuario e integrando las áreas de la movilidad descritas anteriormente. La accesibilidad universal se conforma de una serie de eslabones que constituyen el todo y se deben proyectar de forma integral.

El concepto de accesibilidad deberá incluir la revisión del diseño de vialidades, plazas, parques y jardines, movilidad y equipamiento urbano y sistemas de transporte, así como de la señalización informativa y dispositivos que ayuden a la comunicación sensorial para personas con capacidades diferentes basados en la Norma Mexicana NMX-R-050-SCFI-2006 (Accesibilidad de las personas con discapacidad a espacios construidos de servicio al público-Especificaciones de seguridad) y en el Manual Técnico de Accesibilidad de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Distrito Federal (SEDUVI).

**Lineamiento 10.** Todo espacio diseñado o adaptado para ser usado por personas con discapacidad debe estar señalizado con el Símbolo Internacional de Accesibilidad (SIA).

La señalética debe ser fundamentalmente informativa, direccional y orientadora.

- Informativa: advierte sobre la disponibilidad de un servicio o establecimiento accesible.
- Direccional: direcciona hacia una facilidad específica.
- Orientadora: identifica el lugar donde se provee el servicio.

**Lineamiento 11.** El diseño debe ser fácil de entender independiente de la experiencia, conocimientos, habilidades o nivel de concentración del usuario. La funcionalidad del espacio debe buscar un diseño equivalente para todos, cómodo, estético y seguro.

**Lineamiento 12.** El diseño debe ser capaz de intercambiar información con el usuario, independiente de las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del mismo.

Se debe hacer uso de diferentes formas de comunicación de información, ya sea gráfica, verbal y/o táctil, proporcionando un contraste adecuado entre la información y el entorno (uso del color) y/o dispositivos o ayudas técnicas para personas con limitaciones sensoriales.

**Lineamiento 13.** Para la accesibilidad de las edificaciones, se deben considerar principalmente las dimensiones, proporciones y distribución de los siguientes elementos en el diseño del espacio:

- Circulaciones:
  - Rampas
  - Pasillos
  - Escaleras
  - Elevadores y plataformas
- Vanos:
  - Puertas
  - Ventanas
  - Accesorios de las puertas y ventanas
- Espacios interiores:
  - Vestíbulo
  - Recepción
  - Áreas de trabajo
  - Áreas de enseñanza
  - Áreas de recreación
  - Áreas deportivas
  - Áreas de sanitarios y regaderas
  - Áreas de atención al público
  - Espacio para preparación de alimentos
  - Espacio para consumo de alimentos
- Espacios exteriores
  - Áreas de estacionamiento
  - Áreas Verdes
  - Corredores y pasillos

- Parabuses
- Instalaciones deportivas

**Lineamiento 14.** Los criterios que se seguirán para favorecer una mejor accesibilidad en los *campi* universitarios son:

- Integración con la arquitectura
- Integración con el transporte
- Especial atención en recorridos que incluyen cambios de nivel, diseñando opciones para superar los desniveles, adecuados para todos los usuarios
- Garantizar la seguridad en los recorridos
- Prever estacionamientos próximos y bien señalizados
- Transporte público accesible
- Edificios y entornos construidos accesibles
- Especial atención al diseño de mobiliario y equipamiento urbano – que sea accesible para todos los usuarios, de fácil conservación y mantenimiento
- Señalización clara y completa

### III. ÁREAS VERDES

En materia de áreas verdes se busca preservar o ampliar la disponibilidad de espacios verdes en los *campi*, por sus beneficios en materia de servicios ambientales para la comunidad y a nivel local. El cumplimiento de este objetivo debe estar basado en el respeto a los ecosistemas de cada región, en mantener sus valores paisajísticos y en la necesidad de reducir la demanda de mantenimiento y recursos para su cuidado (mano de obra, agua, fertilizantes, pesticidas, etc.).

Al respecto se podrá consultar con los Institutos de Biología y Ecología, así como con la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel.

**Lineamiento 15.** El diseño y mantenimiento de las áreas verdes en los *campi* universitarios se realizará respetando las características del entorno natural y protegiendo la vegetación existente.

**Lineamiento 16.** Se buscará maximizar los espacios abiertos y las áreas libres de construcción en favor de una mayor extensión de áreas verdes.

**Lineamiento 17.** Cuando los terrenos del *campus* colinden con áreas protegidas se contribuirá a su cuidado y/o con su restauración.

**Lineamiento 18.** En el diseño y sustitución de áreas verdes se utilizarán especies nativas, que proporcionen identidad propia a las distintas zonas y que requieran bajo mantenimiento. En todo caso, se consultará al respecto al Instituto de Biología o de Ecología.

**Lineamiento 19.** Se evitará la proliferación y crecimiento de áreas con grandes extensiones de césped, ya que existen zonas que no se utilizan y son de alto mantenimiento.

**Lineamiento 20.** Se evitará la proliferación de arte topiario y se sustituirán gradualmente grandes extensiones de setos que no son necesarios.

**Lineamiento 21.** En la Ciudad Universitaria, para el diseño y sustitución de áreas verdes se tomarán como base los criterios paisajísticos propuestos en el *Manual de Xerojardinería para el diseño del espacio abierto* y se promoverá la publicación de manuales *ad hoc* para otros *campi*. En ausencia de estos, se consultará con el Instituto de Biología o de Ecología.

**Lineamiento 22.** En la Ciudad Universitaria se desarrollará un programa de propagación de especies nativas (35 especies con potencial de ornato) conjuntamente entre el IBUNAM y la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC).

**Lineamiento 23.** En la Ciudad Universitaria se sustituirán las especies exóticas en todas las áreas de contacto con la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), en particular, se implementará el programa de control ecológico del *campus* para el control del eucalipto y del “pasto kikuyo” (*Penisetum clandestinum*) en las mismas zonas.

**Lineamiento 24.** Se sustituirá, en lo posible, el uso de agentes químicos por alternativas naturales para el control de plagas o fertilizantes.

**Lineamiento 25.** En caso de que la extensión del *campus* lo amerite, se promoverá la generación de composta para su uso en las propias áreas verdes.

**Lineamiento 26.** Se evitará que el material rocoso, producto de las excavaciones en Ciudad Universitaria salga de la misma y se promoverá su uso para el diseño de jardineras con plantas nativas.

**Lineamiento 27.** Se evitarán los rellenos de los afloramientos rocosos y, por el contrario, se promoverá su rescate, particularmente en las zonas de amortiguamiento de la REPSA.

**Lineamiento 28.** No se permitirá el tiro de residuos orgánicos producto de las podas en cualquier zona del *campus*. Este deberá ser depositado en la planta de composta para su adecuado manejo y posterior utilización.

**Lineamiento 29.** Se sensibilizará a la comunidad en general y al personal de jardinería particularmente sobre el valor de recuperar el paisaje original del Pedregal de San Ángel.

#### IV. MATERIALES

La selección de materiales con que debe construirse un edificio es un factor clave para determinar el comportamiento ambiental de los edificios. En principio, puede suponerse que a menor cantidad de materiales utilizados, menor necesidad de extraerlos, procesarlos, transportarlos y finalmente gestionarlos como residuos; sin embargo, no existe en nuestro país suficiente información para hacer una evaluación completa e integral de los materiales potenciales para formar parte de un edificio.

A reserva de generar el análisis de ciclo de vida de los materiales más frecuentes en la construcción para nuestro país o incluso para diversas regiones del mismo, para efectos de los presentes lineamientos se proponen criterios para comparar diferentes opciones e identificar materiales con menor impacto al medio ambiente.

Al respecto se podrá consultar con los Institutos de Materiales e Ingeniería, la Facultad de Arquitectura y el Programa Universitario de Medio Ambiente.

**Lineamiento 30.** En la selección de materiales para la construcción de los edificios se deberán considerar los siguientes criterios:

- Materiales limpios: el uso de materiales que durante su producción generen menos residuos peligrosos.
- Materiales renovables: la búsqueda de materiales alternativos para evitar la escasez de los materiales no renovables.
- Materiales de bajo contenido energético: materiales en cuya obtención o extracción se consuma la menor cantidad de energía.
- Materiales reciclados.
- Materiales de zonas cercanas: que hayan sido recuperados o fabricados dentro de un radio de 50 km alrededor del sitio del proyecto.
- Selección de materiales con certificaciones ambientales: materiales procedentes de una fuente sustentable. Por ejemplo, madera con el sello Forest Stewardship Council o con certificación de PROFEPA que garantiza la procedencia de la madera de bosques gestionados sustentablemente.

**Lineamiento 31.** En lo posible, se evitará el uso de cierto tipo de materiales, con base en los siguientes criterios:

- Materiales como el amianto, cloro, PVC, metales pesados o aquellos que sean susceptibles de emitir gases nocivos.
- Evitar impermeabilizantes bituminosos, elementos con amianto, fibrocementos, o aislamientos elaborados con polímeros y de poro cerrado que impiden una correcta transpiración.
- No utilizar maderas tropicales.
- Utilizar pinturas y barnices que cumplan alguna de las normas de criterios ecológicos, que sean naturales y evitar las pinturas con disolventes.

## V. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

### V.1. Climatización

El diseño arquitectónico deberá privilegiar la climatización natural sobre la climatización artificial. Se deberá diseñar y construir los edificios teniendo en cuenta el clima del lugar y sus variaciones estacionales y se deberán aplicar estrategias de diseño bioclimático.

Se deben utilizar los conocimientos actuales, aplicar tecnologías innovadoras, así como nuevas herramientas de cómputo para diseñar espacios habitables y confortables que reduzcan o eliminen el uso de sistemas de calefacción o enfriamiento. Los espacios que requieran mantener condiciones específicas de temperatura, humedad y cambios de aire y en lugares donde el clima sea severo (muy altas o muy bajas temperaturas) y no se logre el confort higrotérmico deberán usar climatización artificial.

Al respecto se podrá consultar con el Centro de Investigación en Energía, el Instituto de Ingeniería y la Facultad de Ingeniería.

## Diseño bioclimático

El diseño bioclimático se debe realizar como parte del proyecto general. Se deberá tener información detallada del clima para un año típico: temperatura, humedad, radiación solar, velocidad y dirección de vientos, precipitación pluvial y nieve. Esta información puede ser solicitada al Centro de Ciencias de la Atmósfera.

Entre los puntos principales a considerar como parte del diseño están: la orientación, los dispositivos de protección y ganancia solar, el manejo de la ventilación natural, las características de las ventanas (localización y tamaño), los materiales de techos y muros, los sistemas constructivos y los acabados (con sus características térmicas y ópticas) y el manejo de la vegetación.

Se debe usar como guía las recomendaciones del diseño bioclimático basada en una clasificación de cuatro climas en la República Mexicana: cálido seco, cálido húmedo, templado y frío. Para cada clima, se pueden aplicar diferentes combinaciones de estrategias de diseño en los edificios para alcanzar en el interior un estado de bienestar conocido como confort higrotérmico.

**Lineamiento 32.** Para el clima **cálido seco** se debe reducir ganancias térmicas y propiciar la ventilación nocturna. Proteger de los rayos del sol las ventanas con orientaciones S, E y O utilizando aleros, partesoles o árboles. El color del exterior del edificio deberá ser blanco para el techo y colores claros para muros. Se pueden emplear muros dobles en la fachada de mayor insolación que puede ser sur (*S*), oeste (*O*), este (*E*), sur-este (*SE*) y sur-oeste (*SO*); sistemas constructivos en muros y techos de la envolvente que utilicen en el exterior materiales aislantes y en el interior materiales de alta capacidad de almacenamiento térmico.

Se recomienda techos de doble capa con un espacio intermedio donde circule el aire, inclinados de tal manera que por la parte baja entren los vientos dominantes o techos abovedados. Propiciar la ventilación cruzada selectiva (sólo cuando la temperatura exterior sea menor a la interior). Utilizar vegetación para patios circundantes. Se recomienda usar espejos o fuentes de agua en dirección de los vientos dominantes.

**Lineamiento 33.** Para el clima **cálido húmedo**, se deberá promover la ventilación cruzada y protección solar. Se deberán orientar las aberturas en dirección de los vientos dominantes y proteger de los rayos del sol las ventanas con orientaciones S, E y O utilizando aleros, partesoles o árboles. El color del exterior del edificio deberá ser blanco para el techo y colores claros para muros. Se recomienda techos inclinados con pendiente suficiente para el desfogue pluvial.

**Lineamiento 34.** Para el clima **templado** se debe propiciar ganancias térmicas por la radiación solar en invierno y evitarlas en verano. El color exterior del techo del edificio deberá ser intermedio. Se sugiere colocar árboles con hoja caducifolia cerca de las ventanas con orientación sur (*S*) y de los muros con orientación oeste (*O*). Se debe favorecer los techos con una inclinación al sur igual a la latitud del lugar para aumentar en invierno las ganancias térmicas debidas a la radiación solar.

**Lineamiento 35.** Para clima **frío** se debe propiciar ganancias térmicas por la radiación solar, sobre todo en invierno, y evitar vientos que incidan sobre la edificación. El color exterior del techo del edificio deberá ser oscuro. Se recomienda ubicar espacios de poca ocupación hacia el norte; colocar doble vidrio en ventanas. En muros y techos es recomendable instalar un material aislante en la parte exterior del edificio. Se recomienda orientar las ventanas hacia el sur para favorecer las ganancias solares

directas durante el invierno, sin embargo se debe evitar orientar las puertas y ventanas en la dirección de los vientos dominantes. Si los vientos vienen del sur se deberá procurar que las ventanas estén bien selladas para reducir infiltración.

**Lineamiento 36.** Para edificaciones de más de 500 m<sup>2</sup> se deberá hacer una simulación numérica (mediante un software especializado como EnergyPlus o TRNSYS) de las condiciones térmicas al interior de la edificación propuesta y se deberá verificar que en las horas de ocupación se logren condiciones de confort higrotérmico al menos durante un 70% del año.

### Climatización artificial

**Lineamiento 37.** Cuando se use aire acondicionado para enfriamiento de la edificación, la envolvente debe cumplir con la norma NOM-008-SENER-2001 Eficiencia Energética en Edificaciones para Envoltentes de Edificios no Residenciales.

**Lineamiento 38.** El sistema de aire acondicionado debe cumplir con la normatividad para la eficiencia energética establecido por las normas NOM-011-ENER-2006 Eficiencia Energética en Acondicionadores de Aire Tipo Central, Paquete o Dividido. Límites, Métodos de Prueba y Etiquetado o 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, según corresponda, además la instalación debe cumplir la norma NOM-021-ENER/SCFI/ECOL Eficiencia Energética y Requisitos de Seguridad al Usuario en Acondicionadores de Aire Tipo Cuarto. Límites, Métodos de Prueba y Etiquetado.

**Lineamiento 39.** Para el caso de uso de aire acondicionado para calentamiento de la edificación, no existe por el momento una norma mexicana que especifique cómo lograr un ahorro de energía, sin embargo se recomienda la colocación de aislante en el exterior de la envolvente.

La temperatura de operación del aire acondicionado para enfriamiento deberá ser el límite superior de confort y para el caso de calentamiento el límite inferior de confort. La temperatura de confort  $T_c$  (°C) puede ser calculada con la ecuación de Humphreys y Nicol (2000).

$$T_c = 13.5 + 0.54T_{ma}$$

donde  $T_{ma}$  (°C) es la temperatura exterior media mensual.

El rango de temperatura de confort está comprendido entre el límite inferior de confort  $T_{cmin} = T_c - \Delta T_c/2$  y el límite superior de confort  $T_{cmax} = T_c + \Delta T_c/2$ , donde la amplitud de la zona de confort  $\Delta T_c$  depende de la amplitud de la oscilación promedio de la temperatura del aire  $\Delta T_a$  de acuerdo a la Tabla 1.

**Tabla 1. Amplitud de la zona de confort para diferentes amplitudes de la oscilación promedio de la temperatura (Morillón, et al. 2004).**

Amplitud de la oscilación promedio de la temperatura del aire $\Delta T_a$ (°C)	Amplitud de la zona de confort $\Delta T_c$ (°C)
$\Delta T_a < 13$	2.5
$13 \leq \Delta T_a < 16$	3.0
$16 \leq \Delta T_a < 19$	3.5
$19 \leq \Delta T_a < 24$	4.0
$24 \leq \Delta T_a < 28$	4.5

Amplitud de la oscilación promedio de la temperatura del aire $\Delta T_a$ (°C)	Amplitud de la zona de confort $\Delta T_c$ (°C)
$28 \leq \Delta T_a < 33$	5.0
$33 \leq \Delta T_a < 38$	5.5
$38 \leq \Delta T_a < 45$	6.0
$45 \leq \Delta T_a < 52$	6.5
$\Delta T_a < 52$	7.0

## V.2. Ventilación

**Lineamiento 40.** El diseño arquitectónico deberá privilegiar la ventilación natural sobre la ventilación artificial. En México no existe una norma que especifique los requerimientos de ventilación para calidad del aire al interior de edificaciones. Como una guía se puede usar el ASHRAE Standard 62.1-2010 -- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

([http://www.techstreet.com/standards/ASHRAE/62\\_1\\_2010?product\\_id=1720986](http://www.techstreet.com/standards/ASHRAE/62_1_2010?product_id=1720986)).

### Ventilación natural

**Lineamiento 41.** Para mantener la calidad de aire en una edificación naturalmente ventilada se recomienda orientar las aberturas en dirección de los vientos dominantes y que las salidas de aire estén en el lado opuesto de preferencia en la parte alta del muro o en los techos. Para este último caso se pueden usar turbinas de viento que ayuden a promover el movimiento de aire.

### Ventilación forzada

**Lineamiento 42.** Para mejorar la circulación de aire se pueden usar ventiladores de techo o extractores de aire en ventanas o techo.

En espacios cerrados con aire acondicionado se debe de asegurar que se tenga al menos 5 cambios de aire por hora de acuerdo con la NOM 001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad.

## V.3. Iluminación

### Etapas de diseño

**Lineamiento 43.** El diseño arquitectónico deberá privilegiar la iluminación natural sobre la iluminación artificial durante las horas del día. El porcentaje de área iluminada naturalmente en días soleados con niveles de iluminación adecuados para la actividad que se realiza (de acuerdo a la NOM-025-STPS-2008) con respecto al área de uso frecuente, como son oficinas, laboratorios, salas de conferencias, etc., debe ser al menos del 75%. No se considerarán locales que por su naturaleza no deban contar con iluminación natural. Al respecto se podrá consultar con el Programa de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería.

## Iluminación natural

**Lineamiento 44.** La iluminación natural al interior de los inmuebles deberá estar basada principalmente en radiación difusa. Para ello pueden utilizarse sistemas arquitectónicos que ayuden a introducir y dispersar la mayor cantidad de iluminación natural al interior de los espacios evitando la iluminación directa. Ejemplos de estos sistemas arquitectónicos son: paneles prismáticos, protectores solares con espejos en dirección del sol, tragaluces con vidrios traslúcidos, aperturas zenitales anidólicas, elementos horizontales cerca de las ventanas que redireccionen y dispersen la luz al interior del edificio y celosías en ventanas de materiales opacos, claros y de bajo índice de especularidad.

**Lineamiento 45.** En climas donde en alguna época del año existan condiciones cálidas se deben utilizar protecciones solares (aleros o quiebrasoles) para impedir la radiación directa al interior de los edificios en dichas épocas. También se recomienda el uso de filtros sobre los vidrios que limiten la radiación infrarroja y ultravioleta, dejando pasar la mayor parte de radiación en el espectro visible.

Para evaluar el nivel de iluminación natural de los edificios en la fase de diseño arquitectónico se deberá usar algún *software* de uso libre como DIALUX, RADIANCE o comercial como Ecotect u OptisWorks.

**Lineamiento 46.** En locales donde la razón entre la longitud del local medida de la ventana al lado opuesto y la altura sea mayor a 2 se recomienda agregar ventanas en el lado opuesto.

**Lineamiento 47.** En locales donde la iluminación natural en cierta zona no alcance niveles adecuados para las actividades que en él se desarrollan (ver norma NOM-025-STPS-2008), el sistema de iluminación artificial deberá tener encendido seccionado entre zonas con niveles de iluminación adecuados y zonas con niveles insuficientes.

## Iluminación artificial

**Lineamiento 48.** La Iluminación artificial en todos los espacios en la noche deberá cumplir con los niveles adecuados para las actividades que en él se desarrollan de acuerdo a la norma NOM-025-STPS-2008.

Para evaluar el nivel de iluminación artificial de los locales en la fase de diseño arquitectónico se deberá usar algún *software* de uso libre como DIALUX, RADIANCE o comercial como Ecotect u OptisWorks.

**Lineamiento 49.** La selección de sistemas de iluminación artificial para locales interiores y exteriores de la edificación se realizará cumpliendo la norma NOM-007-ENER-2004. Para vialidades y espacios exteriores públicos se debe cumplir la norma NOM-013-ENER-2005.

**Lineamiento 50.** Para la selección de sistemas de iluminación artificial para locales interiores, dependiendo de la necesidad específica, se podrá optar por los siguientes equipos:

- Lámpara fluorescente compacta de 15W, balastro electrónico integrado, base E27, 2,700°K, 925 lúmenes iniciales, Índice de Rendimiento de Color (IRC) de 82 con 10,000 horas de vida.
- Lámpara fluorescente compacta de 20W, balastro electrónico integrado, base E27, 2,700°K, 1,200 lúmenes iniciales, Índice de Rendimiento de Color (IRC) de 82 con 10,000 horas de vida.

- Lámpara fluorescente lineal con las siguientes características: de 14 W, 127 volts, bulbo T5, base G5, encendido rápido, Índice de Rendimiento de Color (IRC) mayor a 80, temperatura de color 4100 °K.
- Balastro electrónico de encendido rápido para 1 ó 2 lámpara(s) fluorescentes lineales, de 14 Watts, para una tensión de alimentación de 127 Volts, factor de potencia mayor a 0.95, distorsión total armónica igual o menor al 10%, factor de balastro mayor a 0,90, sin compuesto asfáltico.
- Lámpara fluorescente lineal con las siguientes características: de 28 W, 127 volts, bulbo T5, base G5, encendido rápido, Índice de Rendimiento de Color (IRC) mayor a 80, temperatura de color 4100 °K.
- Balastro electrónico de encendido rápido para 1 ó 2 lámpara(s) fluorescentes lineales, de 28 Watts, para una tensión de alimentación de 127 Volts, factor de potencia mayor a 0.95, distorsión total armónica igual o menor al 10%, factor de balastro mayor a 0,90, sin compuesto asfáltico.
- Lámpara fluorescente de encendido instantáneo de 59W, 4100°K, 15,000 horas de vida nominal, bulbo T8, Índice de Rendimiento de Color (IRC) 82 o mayor, 5,700 lúmenes iniciales mínimo, base Fa8.
- Balastro electrónico de encendido instantáneo para 1 ó 2 lámpara(s) fluorescente(s) lineal(es) de 59 Watts, para una tensión de alimentación de 127 V, factor de potencia mayor a 0.95, distorsión total armónica igual o menor al 10%, factor de balastro mayor a 0,90, sin compuesto asfáltico.

También podrá optarse por otro equipo siempre que cuente con sello FIDE y que certifique que cuenta con una eficiencia superior a los anteriores.

**Lineamiento 51.** Para evitar contaminación luminosa nocturna, esto es, el impacto negativo que la luz artificial tiene sobre los ecosistemas nocturnos, se deberá reducir la cantidad de luz dirigida desde el interior del edificio hacia el exterior y de las lámparas exteriores hacia el cielo durante la noche. Para esto, se deberá reducir la potencia de alimentación de todas las lámparas interiores (que no sean de emergencia) y que estén en la línea de visibilidad de las aperturas de la envolvente (tanto transparentes como traslúcidas) al menos un 50% desde las 23:00 hasta las 5:00 h del día siguiente. Las áreas exteriores deberán ser iluminadas con lámparas que proyecten la luz hacia el suelo y que estén diseñadas para que no proyecten luz a más de 70° con respecto al eje vertical, tomando como referencia el suelo.

**Lineamiento 52.** Los sistemas de iluminación en laboratorios deben diseñarse para que las lámparas estén arriba de las mesas de trabajo iluminándolas con los niveles adecuados, evitando altos niveles innecesarios en otras zonas. En la zona de estantes de las bibliotecas las lámparas deben colocarse sobre los pasillos. En las zonas de poco uso (como pasillos, sanitarios, etc.) se deberán colocar sensores de movimiento que activen el encendido de luz en presencia de alguna persona. Para la iluminación de exteriores se recomienda utilizar sensores de intensidad lumínica.

**Lineamiento 53.** El deslumbramiento es una sensación incómoda en el ojo causada por altos niveles de iluminación en la línea de la visión o por altos contrastes de luminancia. Las fuentes de deslumbramiento deben de quedar fuera de la línea de visión con el fin de alcanzar un confort visual. La

luz directa proveniente de las lámparas deberán de quedar fuera del campo de visión; los pizarrones y monitores de computadora deberán de quedar a contraluz. Superficies muy brillantes (espejos, materiales muy pulidos y de alta especularidad) deberán de estar localizados en áreas donde no reciban luz directa. Se recomienda que el color de los escritorios y mesas de trabajo en oficinas y aulas sea tal que tenga una luminancia no mayor al 50% de una hoja de papel blanca sobre el escritorio o la mesa de trabajo.

**Lineamiento 54.** El factor de reflexión es el cociente de la cantidad de iluminación reflejada por la superficie entre la cantidad de iluminación que recibe dicha superficie. Se recomienda que los factores de reflexión sean del 70% para techos, 50% para paredes y 20% para el plano de trabajo y para los pisos. Para paredes, el valor máximo permisible es de 60% y para el plano de trabajo de 50% (NOM-025-STPS-2008).

**Lineamiento 55.** Para locales donde los niveles de iluminación deban de ser altos y uniformes (oficinas, aulas, áreas de lectura, y mesas de trabajo en los laboratorios), se recomienda el uso de acabados de colores claros y mate en paredes. Para locales que en la mayoría del tiempo se utilicen con bajos niveles de iluminación (por ejemplo auditorios, salas de cómputo y seminarios) se recomiendan colores intermedios y mate en paredes. Para locales en las cuales la luz natural no es deseada, como ciertos laboratorios, se recomiendan colores oscuros y/o negros.

**Lineamiento 56.** La Dirección General de Obras y Conservación deberá integrar un informe con los resultados de los análisis de niveles de iluminación durante el día (natural y artificial) y durante la noche (artificial) que den cumplimiento a la norma NOM-025-STPS-2008 y al porcentaje de área con iluminación natural mínimo establecido en estos lineamientos (75%). Deberá también entregar el análisis del cumplimiento de la norma de eficiencia energética NOM-007-ENER-2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

En caso de que la obra incluya vialidades públicas deberá también integrar un informe con el análisis del cumplimiento de la norma NOM-013-ENER-2004 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas. Se incluirá un listado de las lámparas que se proyecte colocar con copia de los correspondientes certificados de la conformidad del producto de acuerdo a la norma que le aplique NOM-028-ENER-2010, Eficiencia energética de lámparas para uso general - Límites y métodos de prueba o NOM-017-ENER/SCFI-2008 Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas - Límites y métodos de prueba.

## Postconstrucción

**Lineamiento 57.** Una vez construida la edificación deberá evaluarse que el nivel de iluminación natural de los locales y de iluminación artificial cumplan los requisitos de diseño con la metodología descrita en la NOM-025-STPS-2008. En caso de no cumplirlo, se deberán tomar las medidas correctivas para su cabal cumplimiento.

La Dirección General de Obras deberá integrar un informe de los resultados de la verificación de niveles de iluminación durante el día (natural y artificial) y durante la noche (artificial) que den cumplimiento a la norma NOM-025-STPS-2008 y de la verificación del cumplimiento del porcentaje de área con iluminación natural mínimo establecido en estos lineamientos (75%). Dicho informe deberá también contener el Dictamen de verificación del cumplimiento de la instalación con la norma de eficiencia energética NOM-007-ENER-2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, emitido por una Unidad de Verificación de acuerdo al Procedimiento para la evaluación

publicado en el Diario Oficial.

En caso de que la obra incluya vialidades públicas deberá también informar sobre la verificación del cumplimiento de la norma NOM-013-ENER-2004 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas. Deberá entregar un listado de las lámparas que se hayan colocado con copia de los correspondientes certificados de la conformidad del producto de acuerdo a la norma que le aplique NOM-028-ENER-2010, Eficiencia energética de lámparas para uso general - Límites y métodos de prueba o NOM-017-ENER/SCFI-2008 Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas - Límites y métodos de prueba.

**Lineamiento 58.** Las edificaciones en ejecución y operación deberán disponer de medidores de parámetros eléctricos por edificio a fin de cuantificar su consumo en forma permanente. La selección, instalación y mantenimiento de los medidores estarán coordinados por el Programa Universitario de Medio Ambiente y el Programa de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería.

#### V.4. Calentamiento de agua

**Lineamiento 59.** Para construcciones nuevas que requieran uso de agua caliente se deberá proyectar e instalar un sistema de calentamiento de agua por medio de energía solar cuya contribución será, por lo menos, del 50% del Consumo Energético Anual por utilización de agua caliente (CEA). Para realizar el cálculo del CEA se deberá seguir la metodología de la norma NADF-008-AMBT-2005, utilizando los valores mensuales de energía solar disponible en la localidad. Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda de agua caliente, la construcción debe disponer de un sistema de calentamiento convencional. No será necesaria la utilización de calentamiento solar cuando la demanda de agua caliente sea inferior a 1000 l/día.

Esta contribución solar se podrá disminuir en los siguientes casos:

- Cuando se cubra este aporte energético con el uso de otros procesos ahorradores de energía no contaminantes.
- Cuando la ubicación del edificio no cuente con suficiente acceso a la radiación solar por la existencia de barreras externas.

El sistema de calentamiento solar, incluyendo los soportes y elementos estructurales, deberá ser diseñado para proporcionar una operación segura, térmicamente eficiente y duradera. Esto se deberá hacer de acuerdo a la norma NMX-ES-003-NORMEX-2008. Los equipos de calefacción solar que se instalarán deberán contar con Etiqueta o Calcomanía de acuerdo a la norma NMX-ES-001-NORMEX-2005 o NMX-ES-004-NORMEX-2010, según corresponda.

El sistema estará dotado de un mecanismo automático que limite la temperatura del agua en el lugar de uso a 60º C.

Para evaluar el funcionamiento del sistema de calentamiento de agua con energía solar, éste dispondrá de los siguientes elementos de control:

- Medidor de temperatura a la salida del sistema
- Medidor de consumo de agua calentada por el sistema

**Lineamiento 60.** Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, la dependencia deberá elaborar un plan de vigilancia, monitoreo y mantenimiento preventivo adecuados.

Previo a la construcción, la Dirección General de Obras y Conservación deberá integrar un informe con el resultado del análisis del cumplimiento del 50% del Consumo Energético Anual por utilización de agua caliente (CEA) o justificación de una menor contribución, el análisis del cumplimiento de la norma NMX-ES-003-NORMEX-2008, así como copia de las Etiquetas o Calcomanías de los sistemas a instalar donde conste el cumplimiento de los valores de la Ecuación de Eficiencia Térmica.

## VI. USO EFICIENTE DEL AGUA

Para el diseño y construcción de nuevas edificaciones, así como para las remodelaciones es indispensable incorporar medidas que reduzcan la cantidad de agua por unidad de actividad, al tiempo que se favorezca la calidad del líquido.

Los lineamientos presentes buscan crear una nueva cultura del agua entre los y las universitarias, una cultura de conservación y cuidado que incentive la participación activa de la comunidad. Así mismo, se establecen rutas para el diseño, construcción e instalación de sistemas y mobiliarios que permitan un uso eficiente del recurso.

Al respecto se podrá consultar con el Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua (PUMAGUA).

### VI.1. Consumos per cápita

**Lineamiento 61.** Las instalaciones hidráulicas deben diseñarse considerando los siguientes consumos de agua.

**Tabla 2. Consumos de agua por destino del inmueble.**

Destino	Consumo <i>per cápita</i>
Edificios Administrativos	25 l/persona/día
Edificios de Investigación	15 l/persona/día
Edificios culturales	20 l/persona/día
Edificios Académicos	35 l/alumno/día
Edificios de Servicios	12 l/usuario/día

### VI.2. Suministro y medición

**Lineamiento 62.** Las instalaciones que se destinarán para uso y consumo humano deben estar idealmente conectadas de manera directa a la red de distribución, sin pasar por cisternas o tanques del edificio. Esto incluye bebederos en áreas comunes y grifos de cocinetas. También deberán identificarse claramente las tuberías de agua fría para consumo humano.

A las tuberías de agua fría deberá dárseles el mantenimiento necesario. Dicho mantenimiento será diferente del que requieren las tuberías de agua caliente por el desarrollo de bacterias (i.e. *Legionella*). Debe señalarse claramente que el agua de las tuberías de agua caliente no es apta para consumo humano.

Se deben identificar con algún color distintivo las tuberías de agua de reúso indicando que es de uso exclusivo para riego, que no es apta para beber, ni se puede usar con otros fines.

El agua para riego de áreas verdes debe estar por separado y provenir de un sistema de reúso de agua para riego.

**Lineamiento 63.** Para evaluar el control de la calidad del agua deberá cumplirse con lo especificado por las NOM-179-SSA1-1998 (Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público) y NOM-230-SSA1-2002 (Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo). Periódicamente debe realizarse un análisis completo de calidad del agua de acuerdo con los parámetros que establece la norma vigente. Es recomendable que este análisis se realice como mínimo cada tres meses.

Durante la operación del inmueble debe considerarse la medición de cloro residual de manera sistemática para cumplir con los parámetros de la norma de agua para uso y consumo humano vigente NOM-127-SSA1-1994 (con modificaciones en el año 2000).

La calidad del agua para riego debe evaluarse siendo la norma de referencia la NOM-003-SEMARNAT-1996, considerando los límites permisibles para un uso directo cuando se trate de riego de áreas verdes que sean utilizadas como recreativas

**Lineamiento 64.** Las edificaciones en ejecución y operación deberán disponer de medidores de agua en su toma principal y por edificio a fin de cuantificar su suministro y detectar posibles fugas. Para la medición del suministro de agua en red general con diámetro de 3 pulgadas o mayores, se recomienda el uso de medidores de tipo electromagnético. Para la medición de suministro y consumo de agua con diámetros de 2 pulgadas o menores usar medidores de tipo volumétrico.

La selección, instalación y mantenimiento de los medidores antes mencionados deberá seguir el manual que al respecto ha elaborado el programa PUMAGUA. Los medidores deberán contar con un *data logger* y transmisión por radio frecuencia y ajustarse al sistema de lectura remota que coordinan el PUMAGUA y la DGOyC.

**Lineamiento 65.** Para el caso de instalaciones que empleen agua caliente, se deberá seleccionar un medidor para este tipo de agua.

**Lineamiento 66.** La instalación que suministre agua tratada deberá seleccionar un medidor para este tipo de agua, y estar señalada y pintada de color morado para evitar su consumo por parte de los ocupantes de la edificación.

### VI.3. Cisternas de agua para consumo humano

**Lineamiento 67.** De ser requeridas, en el diseño y construcción de cisternas de agua para uso y consumo humano, deberán considerarse la accesibilidad para su monitoreo y mantenimiento de tipo preventivo cada seis meses, y correctivo en forma continua con el fin de detectar fugas en su interior y evitar la contaminación del agua por filtraciones o falta de cloro.

**Lineamiento 68.** Las cisternas de agua potable deberán contar con un medidor para poder identificar consumos y fugas. Aquellas que tengan instalado un medidor sobre el ramal de alimentación antes de suministrar el agua a la cisterna, deberán llenarse teniendo en cuenta la Tabla 3:

**Tabla 3. Volumen máximo de agua al día para cisterna, en función del diámetro del medidor.**

Diámetro de medidor (mm)	Volumen máximo de agua por día (m <sup>3</sup> /día)
13	90
19	130
25	270
50	860

De acuerdo con la Tabla 3, se puede estimar el tiempo de llenado de las cisternas dividiendo el volumen de la cisterna con el volumen máximo del medidor, lo que permitirá supervisar el funcionamiento de la misma.

#### VI.4. Muebles de baño

**Lineamiento 69.** Todas las salidas de agua, así como los muebles sanitarios, tendrán llaves de control y serán de bajo consumo y tendrán llaves que pueden ser: aireadores, sensores infrarrojos, fluxómetros, entre otros.

El consumo de los muebles sanitarios estará definido por la

Tabla 4:

**Tabla 4. Gasto máximo por descarga de los muebles de baño.**

Tipo de mueble	Gasto por descarga	Unidad
Sanitarios	4.8	lpd
Mingitorios	0.5	lpd
Llaves de lavabo	2	lpm
Regaderas	10	lpm

Lpd: litros por descarga

Lpm: litros por minuto

**Lineamiento 70.** En cuanto a la selección e instalación de muebles de baño se seguirán los siguientes criterios:

- Instalar tazas y fluxómetros de la misma marca para garantizar el servicio y funcionamiento de los muebles.
- Instalar cámaras de aire, para proteger muebles contra golpe de ariete con diámetro de la tubería de alimentación aproximadamente de 60 cm.
- Verificar funcionamiento con manual de pruebas a instalaciones sanitarias.

- No se recomienda la instalación de mingitorios secos dentro de la Ciudad Universitaria, ni en otras instalaciones cuya demanda de uso sea tal que no permita que se le de un mantenimiento óptimo.
- Todos los muebles de baño instalados deben cotejarse con las fichas técnicas elaboradas por el programa PUMAGUA, en específico: caudal, presión de operación y presión máxima a la que pueden estar sometidos dichos muebles.
- La selección, instalación y mantenimiento de los muebles de baño deberá seguir el manual que al respecto ha elaborado el programa PUMAGUA.

**Lineamiento 71.** En los puntos de consumo las presiones mínima y máxima requeridas para el funcionamiento de fluxómetros estarán sujetas a lo que indica la Tabla 5:

**Tabla 5. Relación de presiones mínima y máxima requeridas para el funcionamiento de fluxómetros**

Tipo de mueble	Presión mínima				Presión máxima			
	Kg/cm <sup>2</sup>	mca	kPa	PSI	Kg/cm <sup>2</sup>	mca	kPa	PSI
Fluxómetros	1	10	98.07	14.22	7	70	686.47	99.56
Llaves de lavabo mecánicas	0.2	2	19.61	2.84	6	60	588.4	85.34
Llaves de lavabo sensor	0.4	4	39.23	5.69	6	60	588.4	85.34

mca: metros de columna de agua

**Lineamiento 72.** Las regaderas son consideradas de baja presión si trabajan en un rango de 0.2 a 1.5 kg/cm<sup>2</sup>. Para ser consideradas como ahorradoras deben trabajar a una presión máxima de 0.5 kg/cm<sup>2</sup>. De lo contrario se recomienda utilizar una a alta presión.

Las regaderas se pueden clasificar en alta y baja presión, de acuerdo a la Tabla 6:

**Tabla 6. Relación de presiones mínima y máxima requeridas para el funcionamiento de regaderas**

Regaderas	Presión mínima				Presión máxima			
	Kg/cm <sup>2</sup>	mca	kPa	PSI	Kg/cm <sup>2</sup>	mca	kPa	PSI
De baja presión	0.2	2	19.61	2.84	1.5	15	147.1	21.33
De alta presión	0.8	8	78.43	11.38	5	50	490.3	71.11

mca: metros de columna de agua

## VI.5. Laboratorios

**Lineamiento 73.** En el diseño y construcción o remodelación de laboratorios deben seguirse los siguientes criterios para el uso eficiente del agua:

- Procurar el uso de bombas de vacío en lugar de hidráulicas.

- No Instalar o, si existen, eliminar sistemas de aspiración *venturi* para coleccionar residuos líquidos. Si son independientes, utilizar uno de esterilización en seco o un sistema de recirculación de agua adaptable.
- Instalar filtros en las autoclaves para optimizar su uso y para disminuir la descarga de sales al drenaje. Se recomienda sólo utilizar las autoclaves con carga llena.
- Para campanas de extracción, utilizar sistemas secos (sin trampas de agua). Si utilizan agua, se debe ajustar el flujo a consumo mínimo.
- Para filtración, optar por desionización a través de resinas. Si se elige ósmosis inversa, debe procurarse escoger el equipo con un rechazo mínimo de vapor de agua.
- Para máquinas de hielo, utilizar equipo de enfriamiento a base de aire o aislamiento térmico o reutilizar el agua del deshielo. Hacer una estimación del volumen necesario de hielo y adquirir equipos de poca capacidad con sistemas de recirculación de agua.
- Para lavado de material, utilizar lavadoras y operarlas con carga llena. De no ser posible esto último, colocar economizadores de agua en las tarjas y enjabonar todo el material con la llave de agua cerrada y enjuagarlo todo de una sola vez.
- Sustituir, cuando sea posible, los cuartos de fotografía con procedimientos de imagenología que generan negativos e impresiones en papel por unidades de imágenes digitales.

## VI.6. Agua pluvial

**Lineamiento 74.** El total de la superficie de los estacionamientos deberá construirse con materiales que permitan la infiltración de agua, minimizando zonas de concentración de pavimento y favoreciendo la reducción de la temperatura.

**Lineamiento 75.** Para el diseño de sistemas de captación del agua de lluvia deberán tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- El uso del agua: riego, uso en excusados, otro.
- Registros de precipitación de al menos 10 años
- Relación costo – beneficio

## VI.7. Riego

**Lineamiento 76.** El riego de las áreas verdes de las entidades universitarias deberá realizarse con 5 l/m<sup>2</sup>.

**Lineamiento 77.** No podrá utilizarse agua para consumo humano en el riego y deberá utilizarse agua tratada para este fin.

**Lineamiento 78.** Para sistemas de riego convencionales, la elección de los aspersores deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- Rociadores emergentes: útiles para irrigar áreas pequeñas de césped o arbustos.
- Rotores: para irrigar áreas medianas a grandes.
- Rotores de impacto: útiles para irrigar áreas grandes de césped o arbustos, ideales para utilizar con agua reciclada o de altos contenidos minerales.

La mayoría de los rotores se ajustan para regar en círculo completo hasta círculo parcial, dándole en control completo para aplicar agua sólo en donde se necesita y asegurar una cobertura de cabezal a cabezal.

Para asegurar un riego óptimo y reducir la posibilidad de las manchas secas en el césped, para una mayor eficiencia en el patrón de riego deberán ajustarse los rotores a fin de crear una cobertura de cabezal a cabezal.

## VII. RESIDUOS

Para los fines de los presentes lineamientos, se define como manejo ambientalmente adecuado (MAA) de los residuos la adopción de todos los pasos prácticos necesarios para asegurar que no se provoquen efectos adversos a la salud o al ambiente como resultado de dicho manejo.

Para el cumplimiento de los lineamientos del presente apartado, se deberá tomar como guía los siguientes documentos: la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), la NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos y la NADF-007-RNAT-2004, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal.

Los residuos peligrosos y los que estén sujetos a condiciones particulares de manejo por los procesos de construcción y/o demolición deberán estar sujetos a planes de manejo diseñados bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral teniendo como objetivo la valorización de los residuos.

El objetivo es instrumentar disposiciones institucionales de obligado cumplimiento y crear las condiciones institucionales, técnicas y financieras para lograr el manejo ambientalmente adecuado de los residuos que se generan en la etapa de construcción de obras o instalaciones en los *campi* de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al respecto se podrá consultar con la Facultad de Ingeniería y el Programa Universitario de Medio Ambiente.

### VII.1. Reducción en la fuente

**Lineamiento 79.** Se deberá minimizar la generación de los residuos tanto en cantidad como en su potencial contaminante mediante el uso de procesos constructivos adecuados.

Los planes de manejo deberán tener como objetivos la minimización de la generación, el reciclado, reutilización y tratamiento, dejando como última opción su disposición final.

**Lineamiento 80.** Atendiendo a lo que establece la Norma Ambiental del Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004 se elaborará un plan de manejo siempre que, durante la construcción de un edificio de la UNAM, o por efecto de la remodelación de alguna entidad, se rebase la generación de 7 m<sup>3</sup> de residuos de la construcción.

Tabla 7. Gasto máximo por descarga de los muebles de baño.

Cantidad generada en m <sup>3</sup>	Requisitos
Mayor o igual a 7	Elaboración de plan de manejo de residuos
Menor 7	Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios. No requiere la presentación de plan de manejo de residuos.

**Lineamiento 81.** Deberá sustituirse al menos el 25% de materiales vírgenes por materiales reciclados, siempre que cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto, para la construcción de:

- Sub-base en caminos
- Sub-base en estacionamientos
- Carpetas asfálticas para vialidades secundarias
- Construcción de terraplenes
- Construcción de andadores o ciclistas
- Construcción de lechos para tubería
- Construcción de bases de guarniciones y banquetas
- Rellenos y pedraplenes
- Bases hidráulicas

**Lineamiento 82.** En el caso de remodelaciones y siempre que sea posible, se evitará la remoción de materiales de recubrimiento de pisos, muros o techos, cuando puedan ser cubiertos con otros nuevos sin afectar la calidad del proceso constructivo.

## VII.2. Reciclaje

**Lineamiento 83.** Los materiales susceptibles de reciclaje como: hierro estructural, tubular, cancelería y vidrio, concreto armado, concreto limpio, tabiques, ladrillos, adocretos, materiales cerámicos, mortero, block, mampostería, materiales arcillosos o tepetatosos y fresado de carpeta asfáltica, entre otros, deben ser puestos a disposición de prestadores de servicio especializados en su manejo y reciclaje.

## VII.3. Principio de precaución

Plantea la necesidad de adoptar medidas preventivas considerando los costos o beneficios de la acción o inacción, cuando exista evidencia científica, aún limitada, para sospechar que la liberación al ambiente de una sustancia, residuo o energía, puede causar daños a la salud o al ambiente.

**Lineamiento 84.** La Contratista deberá presentar previamente al inicio de las obras:

- Un programa de preparación del sitio, demolición y construcción
- Plan de manejo de los residuos que se generen durante las diferentes etapas de ejecución de la obra o actividad

**Lineamiento 85.** Los planes integrales de manejo de residuos sólidos se elaborarán tomando en cuenta los siguientes criterios y recomendaciones:

- Designar un coordinador responsable de implementar el plan y darle seguimiento
- Determinar los objetivos del plan, así como metas específicas de disminución o reciclaje de residuos
- Definir el tipo de desechos que van a generarse durante la construcción e identificar los residuos peligrosos
- Estimar las cantidades de cada tipo de desecho
- Indicar el método de disposición adecuado para cada tipo de residuo prestando especial atención a los residuos peligrosos
- Identificar los materiales que serán reciclados o reutilizados, así como los subcontratistas encargados de estos residuos
- Definir el procedimiento de disposición y almacenamiento temporal para cada tipo de residuo
- Proporcionar la cantidad de contenedores necesarios lo más cerca posible de la fuente de los desechos
- Comunicar a todos los miembros de la construcción el procedimiento adecuado para el manejo de los residuos
- Comunicar periódicamente los resultados de dicho plan a los miembros de la construcción.
- Evaluar el funcionamiento del plan y de ser necesario, modificarlo.
- Capacitar al personal para llevar a cabo el plan e imponer reglas y sanciones para lograr el cumplimiento del mismo.

**Lineamiento 86.** Para el manejo de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos que genere el proyecto se definirán áreas específicas y adecuadas para tal fin. La infraestructura para la gestión integral de los residuos durante la etapa de ejecución del proyecto incluyendo almacenamiento temporal, clasificación y preparación para transporte, estará compuesta por:

- Sitios de acopio de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, cercanos al punto generador
- Patio de gestión de residuos sólidos urbanos y de manejo especial
- Patio de residuos peligrosos.

**Lineamiento 87.** En cada frente de trabajo existirá un sector delimitado que se denominará *sitio de acopio* para el almacenamiento de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, a la espera de su transporte hacia un *patio de gestión de residuos*, ubicado fuera del área de trabajo.

El concepto de gestión de los materiales residuales se basa en dar una segunda mirada a los residuos dispuestos ordenadamente, luego de su clasificación, en el *patio de gestión de residuos*, con el fin de evaluar los potenciales de reutilización en las diversas actividades del Proyecto, considerando alternativas de reciclaje o reúso interno o externo.

**Lineamiento 88.** Los residuos peligrosos que se puedan generar en los frentes de trabajo por operaciones de mantenimiento de equipos, serán trasladados inmediatamente hacia el *patio de residuos peligrosos*. No se almacenarán residuos peligrosos en los frentes de trabajo.

**Lineamiento 89.** En el *patio de gestión de residuos* se dispondrán áreas especiales para clasificar y ubicar los diferentes materiales residuales recolectados. El patio de gestión de residuos estará ubicado en un sector contiguo al campamento de construcción, en un espacio delimitado que no interfiera con el área de trabajo.

**Lineamiento 90.** Los residuos peligrosos serán manejados de forma independiente de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para ello existirá un *patio de residuos peligrosos* en cada obra, el cual tendrá piso impermeable y sistema de conducción y control de derrames de líquidos, que evitará el contacto de éstos con el suelo natural. Deberá ser techado, con cierre perimetral y control de acceso.

La zona de almacenamiento estará diseñada para albergar contenedores transportables tipo tambor los cuales serán de tamaño apropiado y compatible con el residuo a almacenar. En estas instalaciones se almacenarán principalmente aceites y lubricantes usados.

**Lineamiento 91.** Los residuos peligrosos serán almacenados separadamente, de acuerdo a su grado de peligrosidad, para evitar contaminación entre ellos. Cada área estará debidamente identificada, al igual que los contenedores.

**Lineamiento 92.** En el patio estarán disponibles las hojas de datos de seguridad de todos los residuos peligrosos almacenados así como procedimientos específicos para actuar en caso de presentarse alguna contingencia.

El área contará con equipo de prevención y extinción de incendios, consistente en extintores del tipo químico seco y CO<sub>2</sub>, para los distintos tipos de incendios previsible.

Una vez que se haya acumulado una cantidad suficiente de contenedores con residuos peligrosos se procederá a su transporte hacia instalaciones autorizadas para su disposición final. En ningún caso este período de almacenamiento será mayor a seis meses.

**Lineamiento 93.** En demoliciones de elementos estructurales o no estructurales que hayan tenido contacto con agentes tóxicos o biológicos, se tomarán previamente las medidas de desinfección de dichos elementos y todo el personal que participe en la demolición deberá portar equipo de seguridad que evite entrar en contacto con el polvo. Los siguientes tipos generales de residuos representan peligros específicos:

- Residuos infecciosos que contienen microorganismos, los cuales pueden ocasionar enfermedades en huéspedes susceptibles
- Sustancias químicas tóxicas que pueden causar envenenamiento al inhalarse, ingerirse o al ponerse en contacto con la piel
- Carcinógenos (agentes que pueden causar el cáncer) contenidos en los residuos de investigaciones biomédicas
- Líquidos inflamables y gases explosivos que pueden causar lesiones al personal o daños a los edificios por el fuego o por las explosiones
- Materiales cáusticos empacados (ácidos o bases) que pueden causar lesiones
- Residuos físicamente peligrosos que pueden producir piquetes, cortaduras y abrasión
- Residuos radioactivamente contaminados.

#### VII.4. Control integral de la contaminación

Se requiere que el manejo integral de los residuos se realice con un enfoque integral, para evitar la transferencia de contaminantes de un medio a otro.

**Lineamiento 94.** De conformidad con el Art. 25 de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, queda prohibido arrojar o abandonar en la vía pública, áreas comunes, parques, barrancas, y en general en sitios no autorizados, residuos sólidos de cualquier especie.

**Lineamiento 95.** Los camiones que trasladen los escombros o residuos de una obra o demolición deberán circular siempre cubiertos por lonas, incluso vacíos, para evitar la dispersión de materiales y emisiones de polvo.

**Lineamiento 96.** La disposición final de los residuos de la construcción que no sean reciclables deberá realizarse en sitios autorizados debiendo conservar en el lugar de la obra el plan de manejo de residuos sólidos, así como los comprobantes de ingreso de los camiones que acrediten la fecha de recepción y la cantidad de material recibida por parte de los sitios de confinamiento acreditados.

**Lineamiento 97.** Durante la construcción de cualquier inmueble en los *campi* de la UNAM, el agua de desecho debe controlarse. Las empresas prestadoras del servicio de baños portátiles deben hacerse cargo de mantenerlos limpios y retirar los desechos para disponer de ellos adecuadamente.

### VII.5. Principio de autosuficiencia

**Lineamiento 98.** Las empresas constructoras contratadas deberán disponer del personal y equipo para asegurar que los residuos que generen se manejen de manera ambientalmente adecuada.

**Lineamiento 99.** Los escombros o residuos producto de la demolición deberán retirarse en un plazo no mayor de treinta días hábiles a partir del término de la demolición.

### VII.6. Principio de proximidad

**Lineamiento 100.** El acopio, tratamiento o disposición final de los residuos tendrá lugar tan cerca de la fuente generadora como sea posible y resulte técnica y económicamente factible.

## REFERENCIAS

ASHRAE Standard 62.1-2010 -- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

Comisión para la Cooperación Ambiental. Edificación Sustentable en América del Norte. Oportunidades y Retos. Informe del Secretariado al Consejo Conforme al Artículo 13 del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte. Canadá. 2008.

Guía Práctica para la selección y adquisición de macro medidores para fuentes de abastecimiento potable. 2009. Comisión Nacional del Agua. México.

Humphreys, M. A. and Nicol, F. J. (2000). Outdoor temperature and Indoor thermal comfort raising the precision of the relationship for the 1998 ASHRAE database files studies. ASHRAE Transactions 106(2), 485-492.

Inventario de Residuos Sólidos del Distrito Federal. Secretaría de Medio Ambiente del GDF. 2006.

Lineamientos para el desarrollo de actividades dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. Gaceta UNAM, 14 de septiembre de 2006.

Manual de Procedimientos. Programa de Adopción de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. 2008. Secretaría Ejecutiva de la Reserva del Pedregal de San Ángel, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM. México.

Manual de Selección, Instalación y Mantenimiento a Medidores de Agua Fría. 2010. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Disponible en la página web de PUMAGUA [www.pumagua.unam.mx]. Consulta: 6 de abril de 20011

Manual Técnico de Accesibilidad. Febrero 2007. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Distrito Federal (SEDUVI). México

Morillón-Gálvez D., Saldaña-Flores R., Tejeda-Martínez A. (2004). Human bioclimatic atlas for Mexico. Solar Energy 76, 781-792.

Prospectiva del Sector Eléctrico, 2009-2024. Dirección General de Planeación Energética. SENER.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Accesibilidad de las personas con discapacidad a espacios construidos de servicio al público-Especificaciones de seguridad. NOM-R-050-SCFI-2006. Diario Oficial de la Federación, martes 9 de enero de 2007.

Secretaría de Energía. Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba. NOM-028-ENER-2010. Diario Oficial de la Federación, lunes 6 de diciembre de 2010, Primera Sección.

Secretaría de Energía. Eficiencia Energética en Acondicionadores de Aire Tipo Central, Paquete o Dividido. Límites, Métodos de Prueba y Etiquetado. NOM-011-ENER-2006. México, D.F., 2007.

Secretaría de Energía. Eficiencia Energética en Acondicionadores de Aire Tipo Dividido, Descarga Libre y sin Conductos de Aire. Límites, Método de Prueba y Etiquetado. NOM-023-ENER-2010

Secretaría de Energía. Eficiencia Energética en Edificaciones para Envoltentes de Edificios no Residenciales. NOM-008-ENER-2001

Secretaría de Energía. Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. NOM-007-ENER-2004. México, D.F. Diario Oficial de la Federación, viernes 15 de abril de 2005, Primera sección, 30-43.

Secretaría de Energía. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas. NOM-013-ENER-2004. México, D.F. Diario Oficial de la Federación, martes 19 de abril de 2005, Primera Sección, 10-17.

Secretaría de Energía. Eficiencia Energética y Requisitos de Seguridad al Usuario en Acondicionadores de Aire Tipo Cuarto. Límites, Métodos de Prueba y Etiquetado. NOM-021-ENER/SCFI-2008

Secretaría de Energía. Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas. Límites y métodos de prueba. NOM-017-ENER/SCFI-2008. México, D.F. Diario Oficial de la Federación, martes 26 de agosto de 2008, Primera Sección.

Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal. Especificaciones Técnicas para el Aprovechamiento de la Energía Solar en el Calentamiento de Agua en Albercas, Fosas de Clavados, Regaderas, Lavamanos, Usos de Cocina, Lavandería y Tintorería. NADF-008-AMBT-2005. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 7 de abril de 2006, 96-107.

Secretaría de Trabajo y Previsión Social. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. NOM-025-STPS-2008. Diario Oficial de la Federación, martes 30 de diciembre de 2008, Primera Sección.

Secretaría de Trabajo y Previsión Social. Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad. NOM 001-STPS-2008

Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, NORMEX, S.C. Energía Solar - Definiciones y Terminología. NMX-ES-002-NORMEX-2007. Fecha de inicio de vigencia: 22 de junio de 2007.

Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, NORMEX, S.C. Energía Solar - Evaluación Térmica de Sistemas Solares para Calentamiento de Agua - Método de Prueba. NMX-ES-004-NORMEX-2010. Fecha de inicio de vigencia: 11 de junio de 2010.

Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, NORMEX, S.C. Energía Solar - Rendimiento térmico y Funcionalidad de Colectores Solares para Calentamiento de Agua - Métodos de Prueba y Etiquetado. NMX-ES-001-NORMEX-2005. Fecha de inicio de vigencia: 22 de junio de 2007.

Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, NORMEX, S.C. Energía Solar- Requerimientos Mínimos para la Instalación de Sistemas Solares Térmicos, para Calentamiento de Agua. NMX-ES-003-NORMEX-2008. Fecha de inicio de vigencia: 22 de septiembre de 2008.

UN WATER. Climate Change Adaptation: The Pivotal Role of Water. Ginebra, Suiza. 2010

Water Efficiency Manual for Comercial, Industrial and Institutional Facilities. August, 1998. Department of Enviromental and Natural Resources, North Carolina, Estados Unidos.