



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

CONUEE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Clasificación de climas y su aplicación a la norma para envoltente de viviendas: notas para discusión



Cuadernos de la CONUEE
Número 6/Nuevo Ciclo
Mayo 2020

Clasificación de climas y su aplicación a la norma para envoltente de viviendas: notas para discusión.

Ing. Odón de Buen R.
Ing. Norma Morales M.

Cuadernos de la CONUEE
Número 6/Nuevo Ciclo
Mayo 2020

I. INTRODUCCIÓN

En noviembre de 2018, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), aprobó la actualización de la NOM-020-ENER-2011, Eficiencia Energética en Edificaciones.- Envolvente de Edificios para Uso Habitacional, la cual se incluyó en el Programa Nacional de Normalización de 2019 [1].

Uno de los aspectos a revisar en esta Norma Oficial Mexicana (NOM) es la clasificación climática. La NOM fue diseñada a partir de un modelo que aplica a edificios no residenciales y cuyo método de cálculo para determinar su cumplimiento, se basa en la comparación, a través de un algoritmo que incluye valores que representan características del clima local y de los elementos de la envolvente (techos, paredes, puertas y ventanas) de un edificio de referencia versus el edificio que se quiere construir.

Para definir los requisitos que establece la NOM para una localidad dada, en la versión actual se les ubica en un listado de ciudades. En la práctica, esta definición ha resultado insuficiente, ya que en la NOM solo están anotadas las ciudades más importantes, por lo que se considera que una referencia genérica a un determinado clima facilitaría su aplicación.

Por lo anterior, el presente documento integra una revisión de aspectos generales relativos a las clasificaciones climáticas y la de cuatro que son consideradas relevantes: la de Köppen, la de zonas bioclimáticas, la que se basa en el concepto de Grados Día y la que se aplica, sin ser una clasificación climática per-se, para la definición de tarifas eléctricas del sector residencial en México.

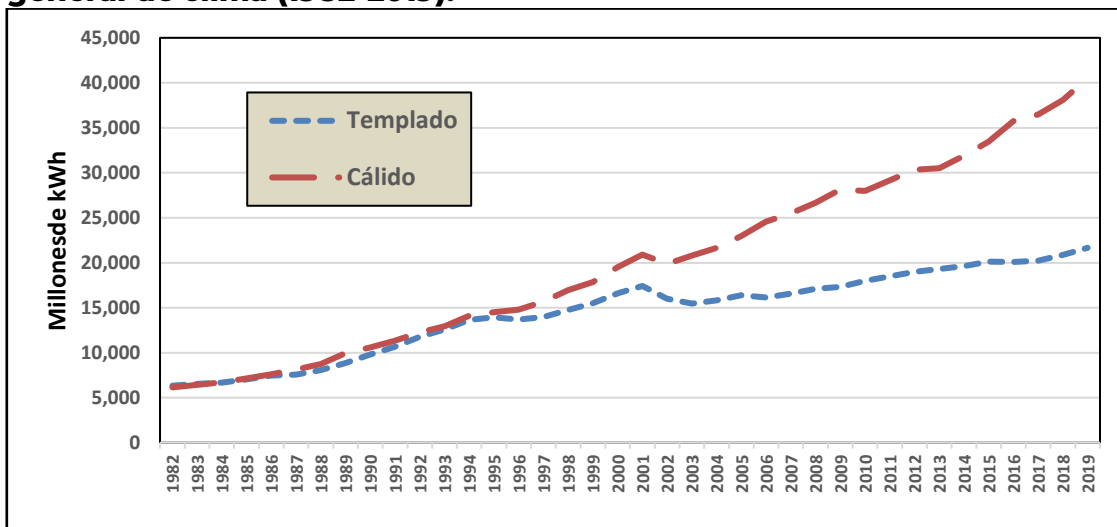
Como conclusión, se recomienda definir requisitos por zonas climáticas y que esto se haga siguiendo la clasificación establecida a partir del concepto de Grados Día.

II. EL RETO DEL CONFORT TÉRMICO EN EDIFICACIONES EN MÉXICO

El consumo de energía eléctrica para confort térmico en México es creciente y ya muy importante, reflejando una tendencia de largo plazo [2].

Este es un proceso que toma relevancia a partir de la segunda mitad de los noventa, cuando el consumo de los usuarios en zonas de clima cálido (a los que aplican las tarifas 1A a 1F y que representan más o menos el 42% del total) consumía la misma cantidad de electricidad que los ubicados en clima templado (a los que aplica la tarifa 1 y que representan, más o menos, el 53% del total) (Fig.1). A partir de ese momento, el consumo eléctrico de las viviendas ubicadas en regiones de clima cálido despierta para llegar a ser, en tan solo 15 años, cerca del doble que las ubicadas en clima templado [3].

Figura 1. Evolución de las ventas (consumo) de energía eléctrica de consumidores residenciales de Comisión Federal de Electricidad, por tipo general de clima (1982-2019).



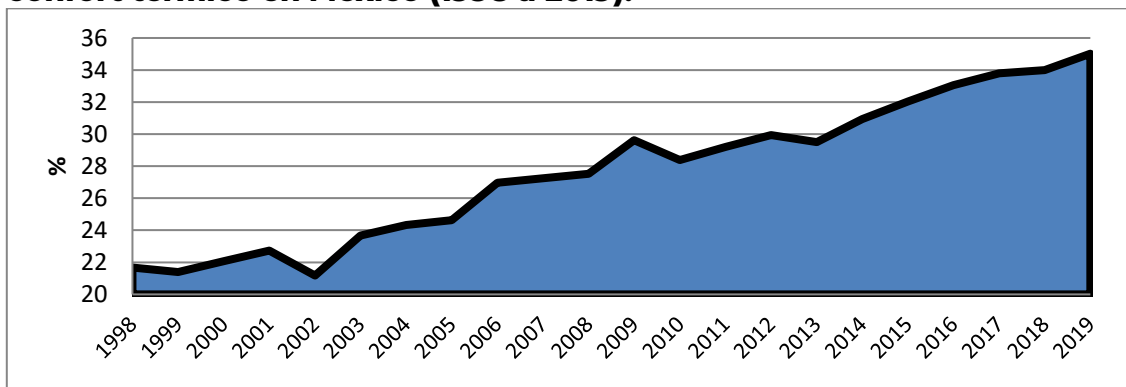
Fuente: CFE, varias fuentes.

La evolución claramente diferenciada del consumo de electricidad entre los dos universos de usuarios es evidencia del crecimiento de la demanda de confort térmico en regiones de clima cálido, el cual ya representa un porcentaje muy significativo del consumo total del sector residencial de México.

Un ejercicio que toma como consumo básico lo que utiliza un usuario promedio en clima templado para cada año, de 1998 a 2019, lleva a estimar que, mientras que hace veinte años el consumo por confort térmico representaba una quinta parte (20%) del consumo total de electricidad de las viviendas en México, hoy ya

representa el 35%, en una tendencia de crecimiento que no parece tener visos de aminorarse (Fig. 2).¹

Figura 2. Evolución del estimado de porcentaje de consumo eléctrico para confort térmico en México (1998 a 2019).



Fuente: Estimado del autor a partir de datos de CFE.

El crecimiento tan significativo del uso de energía eléctrica para confort térmico tiene implicaciones con suficiente peso como para ser considerado un tema prioritario en la agenda de la política pública [3].

¹ Por supuesto, un factor importante es la propia reducción de los consumos en iluminación y refrigeración, por la aplicación de las NOM de eficiencia energética.

III. LA NOM DE ENVOLVENTE DE LA CONUEE

Un elemento central que determina la cantidad de energía que se utiliza para confort térmico es la envolvente de la vivienda, es decir, el diseño y los materiales que la componen, como son: muros, techos, ventanas y puertas. Una vivienda bien diseñada en cuanto a orientación y con los elementos de envolvente adecuados puede tener mucho menores ganancias de calor y, por lo mismo, facturaciones eléctricas significativamente menores a lo largo de la vida útil de las construcciones.

La NOM-020-ENER es una norma oficial mexicana (NOM), desarrollada por la Conuee, que está vigente desde 2011, la cual limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento, y aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los destinados a uso habitacional existentes. La envolvente incluye, de manera integral, techo, muros, ventanas y puertas [4].

Esta NOM fue diseñada a partir del modelo establecido por el Laboratorio Lawrence de Berkeley para la NOM-008-ENER-2001, que aplica a edificios no residenciales y cuyo método de cálculo para determinar su cumplimiento, se basa en la comparación, a través de un algoritmo que incluye valores que representan características del clima local y de los elementos de la envolvente (techos, paredes, puertas y ventanas) de un edificio de referencia versus el edificio que se quiere construir.

Para definir los valores de condiciones de ganancias térmicas por conducción y radiación, a través de techos, paredes, puertas y ventanas para las localidades identificadas en la NOM, los autores del modelo utilizado para la NOM-020-ENER-2011 llevaron a cabo simulaciones en viviendas ubicadas en cuatro ciudades de México, con condiciones distintas de clima, y luego extrapolaron a partir de una correlación con las temperaturas medias mensuales de bulbo seco [5].

En la práctica, esta definición ha resultado insuficiente, ya que en la NOM solo están anotadas las ciudades más importantes; las localidades referidas actualmente no distinguen posibles variaciones de clima en esos lugares (como es el caso de Cuernavaca, Morelos), lo que tampoco permite una referencia genérica a un clima dado, lo cual facilitaría su aplicación.

IV. LA MEDICIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN MÉXICO

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país. El Servicio Meteorológico Nacional depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) [6].

Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y, sobre todo, originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también realiza el acopio de la información climatológica nacional.

Para llevar a cabo sus objetivos, el Servicio Meteorológico Nacional cuenta con una red basada en la siguiente infraestructura de observación:

- Red sinóptica de superficie, integrada por 79 observatorios meteorológicos, cuyas funciones son las de observación y transmisión en tiempo real de la información de las condiciones atmosféricas.
- Red sinóptica de altura, que consta de 16 estaciones de radiosondeo, cuya función es la observación de las capas altas de la atmósfera. Cada estación realiza mediciones de presión, temperatura, humedad y viento mediante una sonda que se eleva por medio de un globo dos veces al día.
- Red de 13 radares meteorológicos distribuidos en el territorio nacional. Esta red comenzó a funcionar en 1993 y proporciona información continua que se recibe en el Servicio Meteorológico Nacional, vía satélite. Los radares permiten detectar la evolución de los sistemas nubosos. Con ello, puede conocerse la intensidad de la precipitación (lluvia, granizo o nieve), la altura y densidad de las nubes y su desplazamiento, así como la velocidad y dirección del viento, en un radio máximo de 480 km alrededor de cada radar. Con la actual red de doce radares se cubre casi en su totalidad el territorio nacional.
- Estación terrena receptora de imágenes del satélite meteorológico GOES-8. Con esta estación se reciben imágenes cada 30 minutos de cinco diferentes bandas: una visible, tres infrarrojas y una de vapor de agua. Cada imagen cubre la región meteorológica número IV, la cual abarca México, Canadá, Estados Unidos, el Caribe y Centro América. Además, cada tres horas se recibe una imagen visible, otra infrarroja y una de vapor de agua que cubren el total del continente americano.

A través del SMN se puede consultar la información climatológica nacional, que va de 1900 hasta la fecha, donde se dispone de información actualizada por los Organismos de Cuenca y Direcciones Locales de la CONAGUA, la cual implica aproximadamente 55 millones de registros diarios de lluvia en 24 horas y temperatura mínima y máxima, reportados por alrededor de 5,500 estaciones

climatológicas; y para los casos que cuenten con registros mayores de 10 años, se realiza el cálculo de normales climatológicas, valores extremos y estadísticas mensuales [7].

Las variables climatológicas registradas por el SMN son nueve (Tabla 1).

Tabla 1. Variables meteorológicas registradas por el SMN [8].

Variable	Descripción
Dirección del viento	El valor obtenido es el promedio de 10 minutos de la dirección del viento. La dirección indica de donde proviene el viento, su unidad de medición es en grados Dextrorsum (giro en sentido de las manecillas del reloj) donde 0° es norte verdadero.
Dirección del viento de ráfaga	La dirección del viento de ráfaga es la dirección de donde proviene la ráfaga más intensa en un lapso de 10 minutos, su unidad de medición es en grados Dextrorsum (giro en sentido de las manecillas del reloj).
Velocidad del viento	La velocidad del viento es el promedio aritmético de las velocidades medidas en un lapso de 10 minutos, su unidad de medición para EMAs es en km/h., para ESIMEs es m/s.
Velocidad del viento de ráfaga	La velocidad del viento de ráfaga es la máxima velocidad medida en un intervalo de 10 minutos (se toman muestras cada 5 seg.), su unidad de medición para EMAs es en km/h., para ESIMEs es m/s.
Temperatura ambiente promedio	Es la temperatura ambiente promedio de las mediciones realizadas en un lapso de 10 minutos (se toman muestras cada minuto), su unidad de medición es en °C.
Humedad relativa	La humedad relativa es el promedio de las mediciones realizadas en un intervalo de 10 minutos (se toman muestras cada minuto), su unidad de medición es en %.
Presión atmosférica	La presión atmosférica es el promedio de las mediciones realizadas en un lapso de 10 minutos (se toman muestras cada minuto), su unidad de medición es el hpa (Hectopascal).
Precipitación	Es la lámina de precipitación acumulada en un lapso de 10 minutos, su unidad de medición es el mm (milímetro).
Radiación	La radiación solar (global) son los valores promedio medidos en un lapso de 10 minutos (se toman mediciones cada minuto), su unidad de medición es en W/m ² (watt/m ²).

EMA.-Estaciones Meteorológicas Automáticas

ESIME.- Estación Sinóptica Meteorológica

V. EL CLIMA Y LAS CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

El clima es la estadística del tiempo atmosférico, normalmente sobre un intervalo de 30 años. Se mide al evaluar los patrones de variación en temperatura, humedad, presión atmosférica, viento, precipitación, cuenta de partícula atmosférica y otras variables meteorológicas en una región dada sobre periodos largos [9].

También se puede definir como el conjunto de las condiciones que caracterizan la atmósfera de un lugar determinado y que son determinadas por los valores medios de los diferentes elementos climáticos, sus valores extremos y la frecuencia o duración de los fenómenos atmosféricos, durante un periodo de tiempo muy largo.

Los geógrafos y los climatólogos han intentado establecer unas divisiones de la Tierra que correspondan a la diversidad climática existente, introduciendo el concepto de “zona climática” para referirse a grandes sectores de la Tierra con características climáticas comunes y que ocupan al menos parte de algunos continentes.

Existen muchas clasificaciones climáticas. Para tener una utilidad práctica, estas deben partir de datos simples o al menos fácilmente accesibles, para confeccionar un cuadro a la vez suficientemente general (para comparar climas con muchos rasgos comunes) y, sin embargo, bastante detallado (para diferenciar climas que separan únicamente algunos caracteres más o menos importantes) [10].

En las clasificaciones modernas se consideran al menos dos elementos, particularmente precipitación y temperatura, utilizando prioritariamente uno de ellos o poniéndolos en pie de igualdad.

En general, las clasificaciones climáticas propuestas hasta el presente se pueden considerar en cuatro grupos, según estén fundamentadas en las temperaturas, las precipitaciones, combinaciones de ambos factores, o la distribución de los seres vivos (bioclimáticas) [10]:

- a) Basadas en la temperatura: destacan las similitudes existentes entre isotermas y paralelos, pero debido a las diferentes propiedades térmicas de las masas de tierra y agua, no es posible correlacionar los regímenes de temperatura con las zonas latitudinales.
- b) Basadas en la precipitación: suelen llevar a la distinción entre las zonas más áridas y las muy húmedas, con diversas denominaciones (árido, semiárido, seco, subhúmedo, húmedo, muy húmedo, etc.). Sin embargo, al no tener en cuenta la distribución de las precipitaciones a lo largo del año ni considerar el factor temperatura, la efectividad de las lluvias queda en estas clasificaciones sin evaluar.

- c) Mixtas: consideran tipos climáticos a partir de criterios combinados de precipitación y temperatura, que se suelen plasmar en índices climáticos muy diversos.
- d) Relacionadas con la distribución de los seres vivos, las plantas vasculares perennes, por su estatismo, son las que han permitido mayores avances, pues al no eludir los periodos climáticos adversos del año, se han debido adaptar para sobrevivir a ellos. Sin embargo, las plantas vasculares de ciclo anual son buenos indicadores de la estacionalidad en cuanto a precipitaciones.

A continuación se describen los aspectos de cuatro clasificaciones climáticas que se consideran relevantes por su posible aplicación en la nueva versión de la NOM-020-ENER-2011: la de Köppen, la de zonas bioclimáticas, la que se basa en el concepto de Grados Día y la que se aplica, sin ser una clasificación climática *per se*, para la definición de tarifas eléctricas del sector residencial en México.

a. Clasificación climática de Köppen en función de la temperatura y precipitaciones [9]

La clasificación climática de Köppen emplea un sistema cuyo valor está establecido en torno a ciertos umbrales en cuanto a las temperaturas medias anuales para separar los climas tropicales (letra A) de los templados (letra C) y a estos de los continentales (letra D) y polares (letra E). La letra B la destina a los climas secos con dos tipos: BS, clima semidesértico o estepario y BW, o clima desértico propiamente dicho. Por último, la letra H la emplea para los climas indiferenciados de alta montaña.

- A – Climas Macrotérmicos (cálidos, de la zona intertropical).
- B – Climas secos (localizados en las zonas subtropicales y en el interior de los continentes de la zona intertropical o de las zonas templadas). Se divide en dos tipos: Desértico (BW) y semidesértico o estepario (BS).
- C – Climas Mesotérmicos o templados.
- D – Climas fríos (localizados en latitudes altas, próximas a los círculos polares y donde la influencia del mar es muy escasa).
- E – Climas polares. Se localizan en las zonas polares, limitadas. hacia el ecuador por los círculos polares.
- H – Climas indiferenciados de alta montaña.

Las temperaturas de referencia de los criterios de clasificación de Köppen se definen en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de clasificación de Köppen.

Clasificación tipo	Nombre	Características generales
A	Clima tropical húmedo	Temperatura media mensual del mes más frío mayor a 18°C.
B	Clima seco	Toma en consideración la Temp. media anual y acumulado medio anual de la precipitación acumulada media mensual.
C	Clima templado	Temperatura media mensual del mes más frío entre -3°C y 18°C.
D	Clima subártico	Temperatura media mensual del mes más frío menor a 3°C y Temp media del mes más cálido mayor a 10°C mayor a 18°C.
E	Clima de nieve o polar	La temperatura media del mes cálido es menor a 10°C.

Para determinar los subgrupos o subtipos se añaden otras letras minúsculas:

- f – Lluvias todo el año sin estación seca definida, p. ej., en la zona intertropical Af = Clima de selva.
- w – Lluvias en verano, también en la zona intertropical, p. ej., Aw = Clima de sabana.
- m – Lluvias de monzón. Similar al Aw, pero con lluvias más intensas originadas por la diferencia acentuada de las presiones atmosféricas entre el océano y los continentes. Solo se presenta en el sur y sureste del continente asiático. Las lluvias suelen ser muy intensas y prolongadas durante la época de calor, cuando las bajas presiones continentales atraen a los vientos procedentes del Océano Índico y cargados de humedad, que se descargan en las vertientes meridionales del Himalaya y otras cordilleras, provocando desbordamientos de los grandes ríos de la zona, como: el Indo, Ganges, Bhramaputra, Irawaddy, Saluen y Mekong, así como otros ríos del sur de China.
- s – Lluvias en invierno. Corresponde al clima subtropical seco o clima mediterráneo (Csa según Köppen), localizado en las latitudes subtropicales de las costas occidentales de los continentes.

Aun y cuando es la clasificación de mayor uso en el mundo para los climas, la de Köppen no ha sido utilizada para propósitos de regulaciones técnicas en edificaciones.

b. Clasificación por zonas bioclimáticas

El bioclima es la asociación de los elementos meteorológicos de un lugar que influyen en la sensación de bienestar higrotérmico del humano. Estos elementos son, principalmente, temperatura del aire (bulbo seco), humedad (relativa, específica, absoluta o presión de vapor), radiación solar (duración,

cantidad de flujo o irradiancia y calidad), viento (dirección, velocidad y frecuencia) y temperatura de radiación (la del entorno físico interior) [11].

De manera análoga, la arquitectura bioclimática consiste en la acción de proyectar o construir, considerando la interacción de los elementos meteorológicos con la construcción, a fin de que sea esta misma la que regule los intercambios de materia y energía con el ambiente exterior y propicie las condiciones que determinan la sensación de bienestar térmico del humano en interiores [11].

Las zonas bioclimáticas se identifican porque la distribución geográfica de los climas tiene una importante repercusión sobre la distribución geográfica de los suelos, de los organismos y de sus comunidades naturales. Es evidente que regiones del mundo muy alejadas y sin relaciones en épocas geológicas anteriores, pero de clima análogo, tienen suelos, vegetaciones e, incluso, faunas muy semejantes (por ejemplo, los casos de Escandinavia y el sur de Chile, el sur de Brasil y el sudeste de Australia). En general, coinciden las zonas climáticas y las bioclimáticas [12].

Para México, las zonas bioclimáticas están definidas en el documento "Características del Paquete Básico para Programa de Subsidios de la Comisión Nacional de Vivienda-CONAVI (Tabla 3) [13].

Tabla 3. Bioclimas de acuerdo con el documento “Características del Paquete Básico para Programa de Subsidios” de la CONAVI.

Bioclima	Temperatura, precipitación y humedad media anual aproximada	Características
Cálido-seco	24°C a 28°C 400 mm – 1,000 mm Humedad relativa media anual 59%	La temperatura media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort, excepto en verano, cuando los sobrepasa; la máxima sobrepasa los rangos, excepto en invierno. La oscilación diaria es entre 10 °C y 20 °C. La humedad relativa es baja en primavera y permanece dentro de los rangos de confort en período de lluvias, con una precipitación pluvial menor a 600 mm anuales. Los vientos dominantes son calientes en verano y fríos en invierno.
Cálido seco - extremoso	Humedad relativa media anual de 59%	Temperatura máxima extrema de 43°C a 48 °C y mínima extrema de -6 °C a 2 °C.
Cálido-húmedo	18°C a 26°C 1,000 mm – 4,000 mm Humedad relativa media anual del 66% al 88%	La temperatura media y máxima están por encima de los rangos de confort en verano. La humedad relativa permanece fuera de confort casi todo el año, con una precipitación pluvial de alrededor de 1,500 mm anuales. Vientos huracanados, ciclones y “nortes”.
Cálido-semihúmedo	Humedad relativa media anual del 66% al 88%	La temperatura máxima sobrepasa los rangos de confort, excepto en invierno; la media permanece en los rangos de confort todo el año y la mínima por debajo. La oscilación diaria está entre los 8 °C y 12 °C durante todo el año. La precipitación anual entre 650 mm y 1,000 mm. La humedad relativa está por encima de los rangos de confort durante todo el año; la media y la mínima se ubican entre los rangos de confort.
Semifrío-húmedo	18°C a 26°C 300 mm – 1,300 mm Humedad relativa media anual del 52% al 75%	Las temperatura media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort durante todo el año; la máxima dentro de los rangos. La oscilación diaria es de 10 °C a 12 °C. Los rangos de humedad relativa están dentro del confort; la media y máxima se ubican por encima del rango durante todo el año. La precipitación pluvial es de, aproximadamente, 1,200 mm por año. Los vientos son fríos en invierno y las noches.
Semifrío	10°C a 18°C 300 mm – 1,000 mm Humedad relativa media anual del 52% al 75%	Las temperaturas media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort durante todo el año; la máxima sobrepasa ligeramente los rangos. La oscilación diaria es entre 10 °C y 15 °C. Los rangos de humedad relativa media y máxima están dentro del confort; la mínima es baja durante todo el año. La precipitación pluvial es de, aproximadamente, 900 mm. Los vientos son fríos en invierno y por la noche.
Semifrío-seco	13°C a 24°C 50 mm – 600 mm Humedad relativa media anual del 52% al 75%	Las temperaturas media y mínima se encuentran por debajo de los rangos de confort todo el año; la máxima apenas sobrepasa los rangos en primavera. La oscilación diaria es de alrededor de 13 °C. Los rangos de humedad relativa media y máxima están dentro del confort; la mínima es baja durante todo el año. La precipitación pluvial anual es de alrededor de 500 mm, con una máxima en 24 horas de 50 mm aprox. Los vientos son fríos en invierno y por las noches.
Templado-húmedo	7°C a 25°C 250 mm – 1,000 mm Humedad relativa media anual del 55% al 75%	La temperatura máxima está por encima de los rangos de confort en la época de primavera y verano; la mínima por debajo. La oscilación térmica diaria entre 11 °C y 13 °C. La humedad relativa, media y máxima, por encima de los rangos de confort, con una precipitación pluvial por encima de los 1,000 mm anuales.
Templado	10°C a 26°C 600 mm – 3,000 mm Humedad relativa media anual del 55% al 78%	La temperatura máxima está por encima de los rangos de confort en primavera; la mínima permanece por debajo todo el año. Las oscilaciones de temperatura son entre 10 °C y 18 °C, la precipitación pluvial es de 900 mm anuales. La humedad relativa máxima sobrepasa los rangos de confort, la media y mínima se ubican dentro del confort. Los vientos dominantes son del norponiente.
Templado-seco	Humedad relativa media anual del 55% al 78%	De marzo a octubre, por las tardes, la temperatura máxima sobrepasa los rangos de confort; la mínima está por debajo en las noches y las madrugadas todo el año. La oscilación diaria está entre 13 °C y 17 °C. la precipitación pluvial es de, aproximadamente, 600 mm anuales y la humedad relativa está por encima de los rangos de confort de julio a octubre, la media y mínima se ubican entre ellos.

El uso de zonas bioclimáticas se aplica muy bien para el diseño específico en localidades donde se cuenta con el amplio y detallado conjunto de datos arriba referidos, pero que no existen de manera universal para la gran mayoría de las localidades en el territorio de México.

De acuerdo con los trabajos del Dr. David Morillón, del Instituto de Ingeniería de la UNAM, existe una serie de limitaciones que dificultan su aplicación como referente para todo el territorio[11];

- En México sólo existen unos 80 observatorios meteorológicos que cuentan con datos horarios de temperatura y humedad relativa (HR) o temperatura de bulbo húmedo.²
- Las estaciones climatológicas (alrededor de mil) sólo tienen información de temperaturas extremas, precipitación pluvial y evaporación.
- En las estaciones climatológicas (más numerosas que los observatorios) no se practican las mediciones de humedad, que son de tanta utilidad para las fases de diagnóstico y evaluación del diseño bioclimático.
- Cabe recalcar que las estaciones climatológicas o meteorológicas realizan mediciones de temperatura máxima, mínima y media, pero no de temperaturas horarias, y miden solamente la humedad relativa media mensual.

c. Clasificación por Grados Día

La clasificación climática más común en los códigos de construcción en diversas partes del mundo está basada en el concepto de Grados Día, los cuales son esencialmente una simplificación de los datos históricos del clima.

Hay dos tipos principales de Grados Día: Grados Día de calentamiento (HDD, por sus siglas en inglés) y Grados Día de enfriamiento (CDD, por sus siglas en inglés). Ambos tipos pueden estar basados en grados Celsius o Fahrenheit.

Los HDD se utilizan para cálculos relacionados con el calentamiento de edificios, mientras que los CDD se utilizan para los cálculos relacionados con el enfriamiento de los edificios.

Las cifras de Grados Día están asociadas con una "temperatura base" y proporcionan una medida de cuánto (en grados) y durante cuánto tiempo (en días), la temperatura exterior estuvo por arriba o por debajo de esa temperatura base. En el Reino Unido, los días de grado de

² La información se refiere a lo publicado por el Dr. Morillón en 2004. En la actualidad y de acuerdo con la información del SMN, existen 188 Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) y alrededor de 70 Estaciones Sinópticas Meteorológicas (ESIMEs).

calentamiento más fácilmente disponibles tienen una temperatura base de 15.5 ° C; en los Estados Unidos, es 65 ° F.

En Estados Unidos, las normas de referencia para los códigos locales de construcción refieren a clasificaciones climáticas basadas en Grados Día. En las Tablas 4 y 5 se muestran los variables y los valores que determinan estas zonas climáticas establecidas en el International Energy Conservation Code (ECC) [14].

Tabla 4. Definiciones de Zonas Climáticas Internacionales de acuerdo con el International Energy Conservation Code 2004 [15].

Marina (C) Definición – Lugares que se encuentran dentro de los cuatro criterios siguientes: 1. La temperatura principal mensual de los meses más fríos es entre -3 °C (27 °F) y 18 °C (65 °F). 2. La media del mes más caluroso < 22 °C (72 °F). 3. Al menos los cuatro primeros meses con temperaturas promedio arriba de los 10 °C (50 °F). 4. Estaciones secas en verano. El mes con la precipitación más alta en la temporada fría tiene al menos tres veces más precipitación que el mes con la precipitación más baja en el resto del año. La estación fría comprende de octubre hasta marzo en el Hemisferio Norte y de abril a septiembre en el Hemisferio Sur.
Seca (B) Definición – Localidades que cumplen con los criterios siguientes: No pertenecen a Zona Marina (C) y $Pin < 0.44 \times (TF - 19.5) \quad [Pcm < 2.0 \times (TC + 7) \text{ en unidades CI}]$ Donde: Pin = Precipitación anual en pulgadas T = La temperatura anual promedio en ° F (°C)
Húmeda (A) Definición – lugares que no son zona marina y no son secos.

Tabla 5. Definiciones de Zonas Climáticas Internacionales de acuerdo con el International Energy Conservation Code 2004.

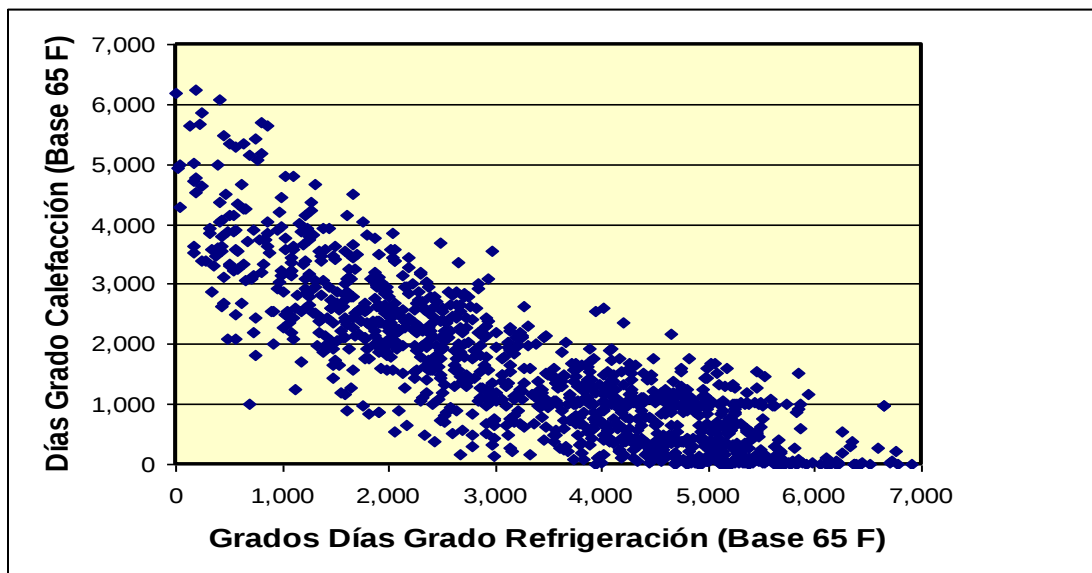
Zona Climática	Criterios térmicos (Grados Día)
1	9000 < CDD50°F
2	6300 < CDD50°F ≤ 9000
3A y 3B	4500 < CDD50°F ≤ 6300
4A y 4B	y HDD65°F ≤ 5400
	CDD50°F ≤ 4500 y
	HDD65°F ≤ 5400
3C	HDD65°F ≤ 3600
4C	3600 < HDD65°F ≤ 5400
5	5400 < HDD65°F ≤ 7200
6	7200 < HDD65°F ≤ 9000
7	9000 < HDD65°F ≤ 12600
8	12600 < HDD65°F

En México, el parámetro Grado Día no está presente en las estadísticas climatológicas. Sin embargo, la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAE) y, posteriormente, la CONAVI financiaron estudios en los que, por medio de un proceso *sui generis* de estimación, utilizando datos de más de 3 mil estaciones del SMN, establecieron estos valores por mes y por año.[16]. De manera simplificada, el proceso se define a continuación [15]:

- Se obtuvieron las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.
- Se diseñó un algoritmo que hace lo siguiente:
 - Toma los datos de promedios mensuales de temperaturas máxima y mínima.
 - Con esos valores establece una función senoidal que reproduce la variación de la temperatura a lo largo de las 24 horas de un día.
 - Para cada hora de cada día promedio del mes, se calcula el Grado Día.
 - Si la temperatura está por arriba del valor de referencia, se suma como Grado día de refrigeración (CDD, por sus siglas en inglés).
 - Si la temperatura está por abajo de la temperatura de referencia, se suma como Grado Día de calefacción (HDD, por sus siglas en inglés).
- Los resultados obtenidos se compararon para localidades en la frontera con Estados Unidos y con lo que resulta de sitios que obtienen estos datos para localidades específicas en los últimos doce meses
- Se constató que las variaciones no son significativas en los valores anuales, mensuales y en el patrón de comportamiento a lo largo del año.

Precisamente, el estudio llevado a cabo por la AEAE en 2006, muestra un predominio de puntos con valores altos de Grados Día de refrigeración respecto de los que corresponden a calefacción (Fig. 3) [16].

Figura 3. Grados día calefacción y refrigeración (Base 65 F) para 1170 localidades de México.



Fuente: AEAEE, con datos de las Normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

Actualmente, la Conuee cuenta con una base de datos de CDD y HDD mensuales y anuales para todas las localidades de México.

d. Clasificación climática en tarifas eléctricas

Una referencia muy importante en el sector de la energía y que tiene una definición a partir de datos del SMN, son las tarifas eléctricas aplicables al sector residencial.

De acuerdo con la legislación vigente, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) es quien determina la metodología del cálculo de las tarifas para el suministro básico (Artículo 139 de la Ley de la Industria Eléctrica) [17].

Las tarifas eléctricas para uso exclusivamente doméstico aplican a cargas que no sean consideradas de alto consumo, de acuerdo con lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda.

Sin pretender ser una clasificación climática, en las tarifas eléctricas que aplican en el sector residencial, se establece una diferenciación basada en la temperatura media mensual para una localidad dada (Tabla 6).

Tabla 6. Temperaturas aplicables en la definición de tarifas eléctricas.

Tarifa	Temperatura media mensual en verano (como mínimo) (en grados centígrados)
1	No definida
1A	25
1B	28
1C	30
1D	31
1E	32
1F	33
DAC	Se considera que un servicio es de alto consumo cuando registra un consumo mensual promedio superior al límite de alto consumo definido para su localidad.

Específicamente, “se considerará que una localidad alcanza la temperatura media mínima en verano, cuando alcance el límite indicado durante tres o más años de los últimos cinco de que se disponga de la información correspondiente. Se considerará que durante un año alcanzó el límite indicado cuando registre la temperatura media mensual durante dos meses consecutivos o más, según los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [17].

Aun y cuando esta clasificación es universal (en el sentido de que cubre a todo el territorio nacional), esta clasificación está basada en consideraciones económicas asociadas a las políticas de precios del gobierno federal, por lo que no es adecuada para definir características de la envolvente edificaciones.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Existen muchas clasificaciones climáticas. Para tener una utilidad práctica, las clasificaciones climáticas deben partir de datos simples o al menos fácilmente accesibles, para confeccionar un cuadro a la vez suficientemente general (para comparar climas con muchos rasgos comunes) y, sin embargo, bastante detallado (para diferenciar climas que separan únicamente algunos caracteres más o menos importantes).

La NOM-020-ENER es una norma desarrollada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, que está vigente desde 2011, que limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento, y aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los edificios para uso habitacional existentes.

En la práctica, el diseño original de la NOM en cuanto a identificación de requisitos por ciudad ha resultado insuficiente, ya que en la NOM solo están anotadas las ciudades más importantes y no permite una referencia genérica a un clima dado, lo cual facilitaría su aplicación y cumplimiento.

En cuanto a clasificaciones climáticas, aun y cuando es la clasificación de mayor uso en el mundo para los climas, la de Köppen no ha sido utilizada para propósitos de regulaciones técnicas en edificaciones.

A su vez, el uso de zonas bioclimáticas se aplica muy bien para el diseño específico en localidades donde se cuenta con el amplio y detallado conjunto de datos arriba referidos, pero que no existen de manera universal para la gran mayoría de las localidades en el territorio de México.

La clasificación climática más común en los códigos de construcción en diversas partes del mundo es la que se basa en el concepto de Grados Día. En Estados Unidos, las normas de referencia para los códigos locales de construcción refieren a clasificaciones climáticas basadas en Grados Día. Actualmente, la Conuee cuenta con una base de datos de CDD y HDD mensuales y anuales para todas las localidades de México.

Finalmente, la clasificación climática utilizada en las tarifas eléctricas que aplican en el sector residencial está basada en consideraciones económicas asociadas a las políticas de precios del gobierno federal, por lo que no es adecuada para definir características de la envolvente edificaciones.

Por todo lo anterior, se concluye con la recomendación de que es necesario revisar la NOM-020-ENER-2011 y definir las zonas climáticas a partir de Grados Día.

REFERENCIAS

1. Conuee. *Se aprueba el Programa de Normalización de la Conuee para 2019*. 2019 [cited 2020 6 de mayo]; Available from: <https://www.gob.mx/conuee/articulos/se-aprueba-el-programa-de-normalizacion-de-la-conuee-para-2019>.
2. de Buen O., *REGIONAL REPORT ON GREENHOUSE GAS EMISSION REDUCTION POTENTIALS FROM BUILDINGS: MEXICO*, 2009, UNEP-SBCI: Mexico City. p. 52.
3. de Buen O., *Eficiencia energética en el confort térmico en viviendas de clima cálido en México*, 2020, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CDMX. p. 27.
4. Conuee, *NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios para uso habitacional.*, 2011. p. 47.
5. Huang J., et al., *A Commercial Building Energy Standard for Mexico*, 1998, ACEEE. p. 12.
6. Conagua. *Funciones y Objetivos*. 2020 [cited 2020 6 de mayo]; Available from: <https://smn.conagua.gob.mx/es/smn/funciones-y-objetivos>.
7. Conagua. *Información Estadística Climatológica*. 2020 [cited 2020 6 de mayo]; Available from: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>.
8. Conagua. *Variables Meteorológicas*. 2020 [cited 2020 6 de mayo]; Available from: <https://smn.conagua.gob.mx/es/variables-meteorologicas>.
9. Wikipedia. *Clima*. 2020 [cited 2020 6 de mayo]; Available from: <https://es.wikipedia.org/wiki/Clima>.
10. FCURU *PROBLEMÁTICA DE LAS CLASIFICACIONES CLIMATICAS*. n/d. 12.
11. Morillón D., *Atlas del Bioclima de México*, ed. Instituto de Ingeniería 2004, DF: Instituto de Ingeniería,.
12. Boix A. *Climas y zonas bioclimáticas. El tiempo y el clima*. 2012 [cited 2020 6 de mayo]; Available from: <https://iesonferrerdgh1e07.blogspot.com/2012/11/ud-4-climas-y-zonas-bioclimaticas-el.html>.
13. CONAVI. *CARACTERÍSTICAS PAQUETE BÁSICO PARA PROGRAMA DE SUBSIDIOS*. 2009; Available from: <https://es.slideshare.net/GonzaloCervantes/conavi-eco-tecnol-2009-paq-basico>.
14. ICC. *Overview of the International Energy Conservation Code*. 2020 [cited 2020 6 de mayo]; Available from: <https://www.iccsafe.org/products-and-services/i-codes/2018-i-codes/iecc/>.
15. Conuee. *Grados día y zonas climáticas para México*. 2014 [cited 2020 6 de mayo]; Available from: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramientas-y-aplicaciones?state=published>.
16. AEAE, *Grados día y zonas climáticas para poblaciones con más de 100 mil habitantes*, 2006, Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación: Mexico DF. p. 14.

17. CFE. *Estructura Tarifaria Vigente*. 2020 [cited 2020 6 de mayo]; Available from: <https://www.cfe.mx/tarifas/Pages/Tarifas.aspx>.