

## HÁBITATS RESILIENTES Y SUSTENTABLES EN MÉXICO

**David Morillón Gálvez Correo**

Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, Ciudad Universitaria, CP 04510, Coyoacán, México, D. F.  
Tel: 56233600 Ext. 8842, Fax: 5623 3600 Ext. 8051  
damg@pumas.ii.unam.mx

*Recibido: 2-2-18; Aceptado: 29-6-18.*

**RESUMEN.-** Resiliencia del hábitat sustentable se refiere a la utilización de materiales y prácticas respetuosos con el ambiente en la planeación, diseño, ubicación, construcción, operación y demolición de un edificio, pero sobre todo a la respuesta de adaptación–recuperación de los mismos, ante los riesgos del mundo moderno. Los actuales edificios representan impactos ambientales, y se ha trabajado en estrategias para mitigarlos, con base en soluciones de sitio y suelo, conservación del agua, eficiencia energética, entre otros. Asimismo para mitigar impactos desde el origen de los materiales, y poder garantizar la calidad ambiental en el interior, también la innovación. La mayoría de las estrategias que se buscan, son para el funcionamiento, y con base en las condiciones climáticas actuales, sin tomar en cuenta escenarios de riesgo, mucho menos, resiliencia ante el cambio climático. Por ello se priorizó la generación de conocimiento, desarrollo de normas para la eficiencia energética y aprovechamiento de las energías renovables en edificios y viviendas, así como en programas de certificación de edificios sustentables, además de instrumentos para el financiamiento. Pese a ello, aún no se logra la masificación en México. Es importante además prevenir con resiliencia, lo relacionado con la mitigación y adaptación ante al cambio climático, identificar cuáles instrumentos sirven o deben ser prioritarios, para poder garantizar un hábitat resiliente y sustentable.

**Palabras claves:** resiliencia, sustentabilidad, emisión de CO<sub>2</sub>

## RESILIENCE AND SUSTAINABLE HABITATS IN MEXICO

**ABSTRACT.-** Resilience of sustainable habitat refers to the use of materials and practices that respect the environment in the planning, design, location, construction, operation and demolition of a building, but above all, the response of adaptation–recovery from risks. The current buildings present environmental impacts, we have worked on strategies to mitigate them, based on site and soil solutions, water conservation, energy efficiency, mitigate impacts from the origin of materials, guarantee environmental quality in the interior and innovation. Most of the strategies are for operation and based on current climate conditions, without taking into account risk scenarios, much less resilience to climate change. Therefore, it began with the generation of knowledge, the development of standards for energy efficiency and the use of renewable energies in buildings and homes, as well as certification programs for sustainable buildings, as well as instruments for financing, but the overcrowding in Mexico. It is also important to prevent with resilience, what is related to mitigation and adaptation to climate change, to identify that with instruments they serve or should be for a resilience and sustainable habitat.

**Keywords:** resilience, sustainability, CO<sub>2</sub> emission

### 1. INTRODUCCIÓN

El concepto de hábitat es utilizado por biólogos y ecólogos con una acepción, mientras que arquitectos y urbanistas lo hacen desde una visión antrópica. En el primer caso como el lugar con determinadas condiciones para que viva un determinado organismo o una población de una especie (siendo el término biotopo el análogo que corresponde a una comunidad vegetal o animal). En el segundo caso refiriéndose al espacio construido en el que vive el hombre (Real Academia Española, 2024) (ONU, 2017). En este caso también se utiliza la expresión hábitat construido para diferenciarse del utilizado por la biología.

El hábitat está expuesto a varios tipos de riesgos, como los físicos, que son geológicos (sismos, volcanes, movimientos de tierra), biológicos, meteorológicos, entre otros, mal conocidos como naturales, que en realidad son fenómenos del medio o ambiente, pero también se presentan otros riesgos; como el laboral, los financieros, psicosociales, ambientales, etc., nombrados como riesgos antropogénicos. En las últimas décadas, el riesgo que ocupa las agendas de la política internacional es el cambio climático.

En el hábitat humano se ha considerado, para las bases de diseño y funcionamiento, el evitar o disminuir el daño por los riesgos, esto es menor vulnerabilidad ante el peligro, se ha trabajado bastante sobre los riesgos sísmicos, aun así los

daños han sido en la infraestructura y pérdidas de vidas en varios países del mundo, por lo que no es suficiente el criterio de diseño a partir del comportamiento estadístico del riesgo, se presenta la necesidad de la capacidad de recuperación y adaptación de un sistema (comunidad, municipio región, país, empresa, hábitat) ante el daño, esto es considerar el riesgo, así como el rol que juegan las personas en su interacción con el proceso, así como el control de los riesgos, recuperación de los impactos y daños, tanto en la infraestructura del hábitat, como en las personas y conjunto de servicios para el funcionamiento de la comunidad, en aspectos como el ecológico (clima, suelo, hidrología), lo social (organizacional, psicológico, económico, educativo) y lo relacionado con la infraestructura (Construcciones, redes, energía, comunicaciones, transportación), a ello se le ha designado en los de los últimos años como Resiliencia.

Resiliencia, término del latín *reiliens,-entis*, volver atrás, volver de un salto, resaltar, rebotar, replegarse: Capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversa. O también es la capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido (Real Academia Española, 2017).

Para la resiliencia del hábitat sustentable, se propone como la capacidad de reducir rápidamente la magnitud y duración de los efectos causados por fenómenos perturbadores, como anticipar-resistencia, absorber-confiabilidad, adaptarse-redundancia, recuperarse-respuesta y recuperación. Concepto que debe estar presente, lamentablemente no es así, como se aprecia en las experiencias de México y el mundo.

## 2. ANTECEDENTES

Los trabajos directamente relacionados con hábitat sustentable, son los estudios de Sheinbaum (1996), realizó un estudio energético de la vivienda en México y el CO<sub>2</sub> relacionado con el equipamiento de la misma, que permite contar con un diagnóstico de los impactos ambiental del hábitat, Morillón (2004) presenta un atlas del bioclima en México, con las bases para determinar zonas potenciales de climatización pasiva o natural, Tejeda (2007) presentó un estudio sobre cambio climático y arquitectura, con el consumo de energía en la vivienda por ciudad para los escenarios de 2020 y 2050, trabajo que muestra que las condiciones base para el diseño bioclimático hábitat y equipamiento cambian con el tiempo, por efecto del cambio climático y no todas las bases o estrategias responderán a las nuevas condiciones. Morillón (2008) cuantificó el CO<sub>2</sub> relacionado con medidas de mitigación en la vivienda para la hipoteca verde, Rosas-Morillón (2010) estudiaron el CO<sub>2</sub> relacionado con la vivienda en México, Morillón, Escobedo y García (2015) presentaron el consumo, uso final de la energía y CO<sub>2</sub> relacionado en los edificios de los diversos climas de México, García, Tapia y Morillón (2016) presenta el impacto del cambio climático en el bioclima de México, para las condiciones retrospectivas, presentes y prospectivas. Otros estudios sobre resiliencia están enfocados a propuestas para la seguridad laboral (Hallnagel, 2013), los estudios de resiliencia en biosfera 2, fueron para estudiar ecosistemas cerrados, manipulación de un ecosistema sin dañar al planeta, algo se aproxima lo que podría ser un estudio del hábitat, pero lo han enfocado más para solucionar colonizaciones espaciales, en cuanto resiliencia de la

infraestructura (Jaime y et al, 2018), se considera parcialmente el hábitat, porque se enfoca a los servicios de educación, turísticos y aeropuerto, pero solo la seguridad de la estructura y el poder seguir con el funcionamiento, por lo anterior es necesario estudiar el hábitat, ante la evidencia del cambio climático, como el impacto en el bioclima, la energía y CO<sub>2</sub> relacionados, y por último plantear que estrategias de las planteada permitirán adaptarse con resiliencia, ante los riesgos del cambio del clima.

## 3. METODOLOGÍA

- Estudio del impacto del cambio climático en el hábitat:
  1. Se analiza en forma comparativa el clima de una ciudad costera; Culiacán, Sinaloa, para los periodos del 1951-1980 y 1981-2010
  2. Se elabora escenario del clima al 2050, con base en los datos climáticos actuales, con el programa Meteonorm
  3. Se realiza un estudio del bioclima para obtener los diagramas de requerimientos de climatización para los tres casos o periodos de tiempo
  4. Se identificara los efecto en las condiciones de confort
  5. Se cálculos los días grado para enfriamiento de cada caso
  6. Se estima el requerimiento de energía para un edificio con materiales convencionales en su envolvente (vidrio), para los tres casos
  7. Se calcula el CO<sub>2</sub> relacionado por el uso de energía, para los tres casos
- Análisis de las estrategias planteadas para el hábitat sustentable; Caso México
- Evaluación de las estrategias que puedan responder al riesgo-vulnerabilidad y son aptos para la resiliencia de un hábitat sustentable

## 4. HÁBITAT Y CAMBIO CLIMÁTICO

Una ciudad en clima cálido seco: Culiacán, Sin., México, ubicada en la costa pacifico, es analizado los periodos de temperaturas del 1950-1980 y el de 1980-2010, se observa, en la figura 1, que el cambio climático es una realidad.

En la figura 1 se observa de manera gráfica el cambio en la temperatura entre los periodos seleccionado, con aumentos entre 2 y 4 °C de las temperaturas máximas extremas y promedio, como en las media y las mínimas extremas y promedio, por lo que es evidencia del impacto del cambio climático, en la ciudad ubicada en ecosistema costero.

Con objeto de estudiar si el impacto del cambio climático, seguirá y bajo que tendencias, se elabora un escenario al año 2050, a partir de las condiciones climáticas del periodo de 1981-2010, se estimaron los datos de las temperaturas promedio máxima, mínima y medida, con el software Meteonorm. En la figura 2 se presenta la comparación de las temperaturas para los tres escenarios. Con la información de las temperaturas se realizó el estudio del bioclima, para cada uno de los tres periodos, tomando como retrospectiva (1951-1980), situación actual (1981-2010), como prospectiva al año 2050, obteniendo los diagramas de isorequerimientos de climatización, donde se identifican las condiciones de calor, confort y frío a horas, para cada mes promedio del año (Fig. 3, 4 y 5).

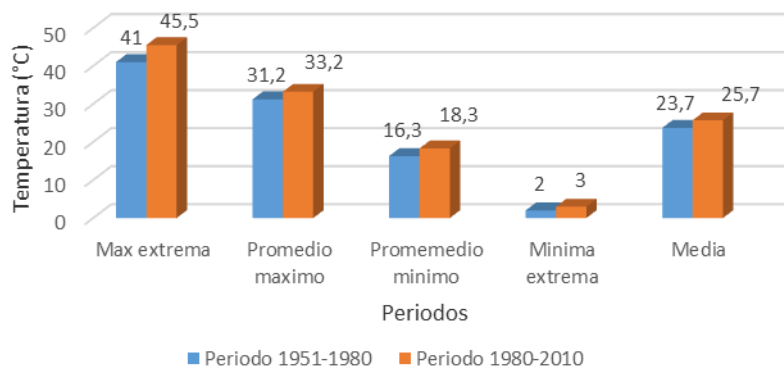


Fig. 1. Comparación de la temperatura de los periodos 1951-1980 y 1981-2010

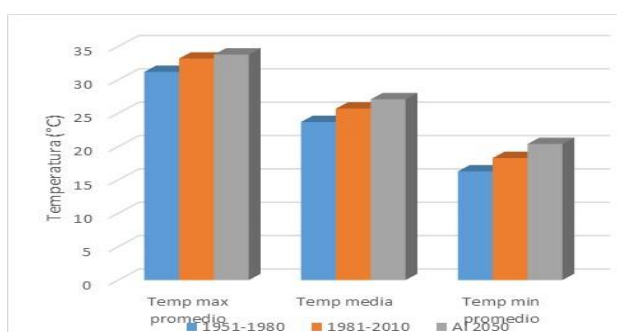


Fig. 2. Comparación de las temperaturas de los tres periodos o escenarios del clima.

DIAGRAMA DE ISORREQUERIMIENTOS												
CULIACÁN												
HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	-1	-1	-1
10:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	0	0	-1	-1
11:00	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
12:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
13:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
14:00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
15:00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
17:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
18:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
19:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
20:00	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
21:00	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1

Fig. 3: Diagrama de isorrequerimientos para Culiacán, Sin (1951-1980).

DIAGRAMA DE ISORREQUERIMIENTOS												
CULIACAN												
HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	0	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	-1	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	-1	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	0	0	0	-1	-1
10:00	-1	-1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	-1
11:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
12:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13:00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
14:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16:00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
18:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
19:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
20:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
21:00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
22:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	0	0	0	0	-1
23:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	0	0	-1

Fig. 4: Diagrama de isorrequerimientos para Culiacán, Sin (1981-2010).

DIAGRAMA DE ISORREQUERIMIENTOS												
CULIACAN												
HORA/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	0	0	0	-1	-1
01:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	0	-1	-1
02:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	0	-1	-1
03:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	0	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	0	-1	-1
05:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	0	-1	-1
06:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	-1	-1	-1
07:00	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0	-1	-1	-1
08:00	-1	-1	-1	-1	0	1	1	0	0	-1	-1	-1
09:00	-1	-1	-1	0	1	1	1	0	0	0	-1	-1
10:00	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	-1
11:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
12:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19:00	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
20:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
21:00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
22:00	-1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
23:00	-1	-1	-1	0	0	1	1	0	0	0	0	-1

Fig. 5: Diagrama de Isorrequerimientos para la ciudad de Culiacán, Sin. (Al 2050)

Del estudio del bioclima de los tres periodos se observan cambios significativos, principalmente en las condiciones de calor, entre el periodo 1951-1980 como se muestra en la figura 3, la ciudad presenta condiciones de calor predominando en los meses de verano, sin embargo presentaba condiciones de confort y frio en las estaciones de primavera, otoño e invierno, en el caso 1981-2010, como se observa en la figura 4, las condiciones de calor aumentan y disminuye el confort y frio, en el escenario al 2050 como puede observarse en la figura 5, debido al aumento de temperatura en todos los meses, aumenta de manera significativa las condiciones de calor.

Con base a los estudios del bioclima se realizó el cálculo de los requerimientos de enfriamiento, consumo energético y emisiones de CO2 relacionadas (Tablas 1, 2 y 3).

Se considera un edificio con fachadas de vidrio claro, caso extremo, pero cada vez más de uso común en la tabla 2 tenemos el requerimiento de energía por aire acondicionado.

### 5. RESILIENCIA DEL HÁBITAT SUSTENTABLE ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

La propuesta consiste en considerar tres sistemas: Ambiente, Tecnológico y Biológico como lo muestra la figura 6, siendo la intersección la resiliencia para el hábitat sustentable.

El sistema del ambiente incluye los recursos no renovable y renovable, como la energía, el agua, los materiales naturales, el clima, como la temperatura, humedad relativa, viento, precipitación. El sistema tecnológico a los materiales procesados, electrónica, control, automatización, equipos electrodomésticos, entre otros. Por último el sistema biológico, los seres vivos, con su funcionamiento metabólico y adaptación al ambiente.

La tabla 3 muestra la emisión de CO2 relacionadas por el consumo de energía.

La intercepción de los tres sistema permitirán tener la resiliencia del hábitat sustentable, en sus inicio el hábitat considero lo que el ambiente ofrecía, posteriormente la tecnología permitió garantizar los servicios, pero el

resultado fue de altos impactos al ambiente, como la contaminación, el agotamiento de recursos no renovables, extinción de especies, cambios en los ecosistemas y sobre todo a nivel global el cambio climático. Aparece en los '90 el concepto de desarrollo sustentable, lo cual permitió integrar estrategias ambientales, sociales y económicas para mitigar los impactos ambientales, como la generación de los recursos que se requieren en el hábitat para su funcionamiento, esto fue con tecnología nuevas, pero para un mismo patrón de vida o cada vez más demandante de recursos y servicios, a pesar de la incorporación de tecnología para automatización y control, con el nombre de edificio inteligente o domótica para el caso de la vivienda, solo permitió comodidad, eficiencia y hasta siento punto seguridad, pero no se resolvía el problema de adaptarse ante los riesgos ambientales, como la contingencia ambiental, el cambio climático.

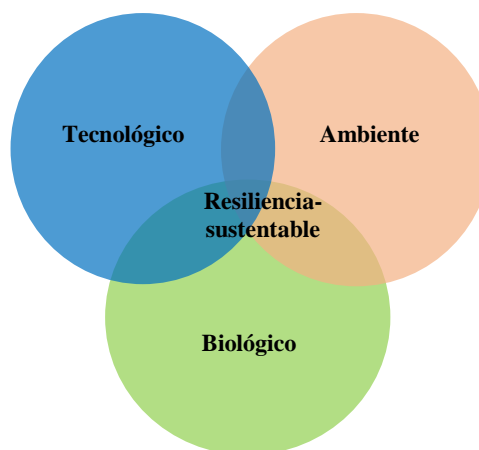


Fig. 6. Sistemas para la resiliencia de hábitat sustentable.

Tabla 1. Grados día de enfriamiento anual para Culiacán, Sin., retrospectiva, presente y prospectiva.

Periodo	Ciudad	Grados día de enfriamiento anual (°C)
1951-1980	Culiacán, Sinaloa.	917.1
1981-2010	Culiacán, Sinaloa.	1,008.3
Al 2050	Culiacán, Sinaloa.	1,149.8

Tabla 2. Total de energía al año para climatización por unidad de superficie, Culiacán, Sin., retrospectiva, presente y prospectiva.

Periodo	Ciudad	Energía para aire acondicionado (kWh/m <sup>2</sup> )
1951-1980	Culiacán, Sin.	117
1981-2010	Culiacán, Sin.	128.65
2050	Culiacán, Sin.	146.7

Tabla 3. Emisión de CO<sub>2</sub> relacionadas por el consumo de energía, Culiacán, Sin., retrospectiva, presente y prospectiva

Bioclima	Ciudad	Emisión de CO <sub>2</sub> por consumo de energía (kg/m <sup>2</sup> )
1951-1980	Culiacán, Sin.	40.95
1981-2010	Culiacán, Sin.	45.03
2050	Culiacán, Sin.	51.45

No ha sido posible lograr la sustentabilidad total del hábitat, ni mitigar los riesgos o adaptarse-recuperarse ante ellos. Era necesario considerar un sistema más, el biológico, que brinda procesos, de cómo las especies que se adaptan o construyen sus hábitats acorde con el ambiente, como lo ejemplifica la figura 7, o respuestas de su propio organismo, ello es conocido como biomimética, consiste en la aplicación de métodos biológicos y sistemas naturales al estudio y diseño de sistemas de ingeniería y tecnología moderna. La biónica, o más reciente biomimética aplicada al hábitat se puede tomar de ejemplos el nido de las termitas, consiste en técnicas de termorregulación, mediante una galería en la parte inferior de los nidos (*Fuentes: [www.fata.unam.mx](http://www.fata.unam.mx)*). Pequeñas aberturas en el lodo húmedo, el aire circula a través de las galerías disminuyendo la temperatura, lo que es el sistema de enfriamiento evaporativo, el aire seco pasa sobre el agua y absorbe parte de ella, además el sistema permite aprovechar el fenómeno de que el aire caliente tiende a subir o se eleva, se forma una corriente convectiva, el impulso desde las galerías inferior a hacia fuera través de la chimenea que se encuentra en la parte superior de nido.



Fig. 7. Nido de la termita, sistema de enfriamiento evaporativo, tipo torre de viento

La resiliencia para el hábitat sustentable debe tener los siguientes elementos fundamentales (Jaime A. et al, 2018): resistencia, confiabilidad, redundancia, respuesta y recuperación.

Elemento resistencia se refiere a los requerimientos del diseño del hábitat para controlar los flujos de calor, por lo general se pueden identificar por datos históricos del clima o bien en algunos casos proporcionados en reglamentos o normas para envoltorio del edificio. Más allá del nivel conocido o estimado de flujos de calor se presenta los problemas o afectaciones al confort y a los requerimientos de energía, por lo tanto más emisiones de CO<sub>2</sub> relacionado. Elemento confiabilidad consiste en asegurar que los componentes del hábitat, sean diseñados para operar en un intervalo de solicitaciones que permitan mitigar los daños o la pérdida durante un evento. Es decir, se debe revisar el comportamiento del hábitat, para niveles de temperatura o efectos fuera de los rangos de diseño. Esto se puede ejemplificar con la pregunta ¿Qué le pasaría al hábitat si el evento excede los flujos de más calor? En el caso de un edificio específico, si el rango de temperatura de diseños excede se revisaría si la envoltorio permitirá tener las

ganancias térmicas requeridas o serán mayores, si son mayores cuanto se modificó las condiciones de confort térmico y si el equipo de aire acondicionado es suficiente, a pesar del mayor consumo de energía, que costo y emisiones se presentarían.

*Elementos redundancia* se refiere a que el hábitat, sea diseñado de tal manera que tenga capacidad adicional para soportar evento perturbador sin colapsar. O bien que tenga varias líneas de defensa que le permitan contener la falla catastrófica. Con ello el hábitat podría seguir proporcionando un servicio adecuado.

*Elementos respuesta* o recuperación se refiere a que el hábitat sea capaz de tener una respuesta rápida y efectiva, a los efectos provocados por un evento perturbador, seguido de una pronta recuperación. A tal fin, es necesario llevar a cabo acciones de planeación, preparación y ejercicios de prevención en espera de un evento perturbador por el cambio climático.

## 6. EXPERIENCIAS DE HÁBITAT SUSTENTABLE EN MÉXICO

Hábitat sustentable se refiere a la utilización de prácticas y materiales respetuosos del medio ambiente, con ventajas ambientales, en la planeación, diseño, ubicación, construcción, operación, y demolición de los edificios. El término se aplica tanto a la renovación de edificios preexistentes como a la construcción de nuevos. Posiblemente parece una definición muy alejada de los factores del desarrollo sustentable, porque solo representa los criterios del aspecto ambiental que debe considerar un edificio sustentable.

Mediante un continuo mejoramiento de la manera en que se ubica, diseña, construye, equipa, opera y reacondiciona los edificios, se puede elevar en forma considerable el bienestar del mundo. Mejores prácticas de diseño y edificación pueden contribuir a enfrentar retos ambientales como el agotamiento de los recursos naturales no renovables, la disminución de residuos y la contaminación de aire, agua y suelo, además de obtener beneficios para la salud humana y prosperidad, así como el uso de tecnologías avanzadas para el ahorro de energía, permitirá generar reducciones en la demanda de combustibles fósiles y en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por último, el aprovechamiento de las energías renovables, permitirá lograr el edificio sustentable energéticamente.

Un hábitat es resultado de un diseño, que incluye la selección de materiales, del equipamiento, como los electrodomésticos, tecnología para iluminación y climatización, todo ello lleva o condiciona la operación del mismo para que este funcione. El funcionamiento del edificio dependerá de entrantes, estos son la energía eléctrica y el gas, además el agua, materiales, alimentos, muebles, en general insumos varios, que dependerán del tipo de edificio, etc. Como resultado de los entrantes en el edificio se tendrán salientes, tales como las emisiones de CO<sub>2</sub>, aguas residuales, residuos sólidos, etc.

Si el diseño y la selección de materiales es adecuado, entonces se requerirán menos entrantes y en consecuencia se presentan menos salientes, para que el edificio sea sustentable, se debe con el diseño, selección de materiales,

equipamiento y tecnología generar los entrantes y tratar los salientes. Pero además debemos considerar que para disponer de los entrantes hubo un impacto ambiental y energético en la extracción del material, fabricación del producto y transporte al lugar donde se usara, ello también es responsabilidad del diseñador que los selecciona, cuidar y cumplir con los requerimientos para logra un edificio sustentable, desde la cuna a la tumba, conocido como el ciclo de vida.

A nivel mundial los edificios son responsables del 40% del consumo anual de energía y hasta un 30% de los gases de efecto invernadero (GEI), relacionados con el uso de la energía (Iniciativa para Edificios Sostenibles y Clima (UNEP-SBCI), Promoviendo políticas y prácticas para edificios y construcciones, UNEP, 2008). Se evidencia que con la creciente y rápida urbanización en los países más poblados del mundo, la construcción es esencial para lograr el desarrollo sustentable. En México las edificaciones son responsables del 20% del consumo total de energía, 27.8% del consumo de electricidad, 68 % del consumo de gas LP y 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las acciones para el hábitat sustentable en México consideraron la generación de conocimiento científico y tecnológico, con la elaboración de manuales, guías, herramientas y atlas, con una prolifera producción de libros sobre arquitectura ecológica, autosuficiente, arquitectura bioclimática, metodologías para el diseño sustentable, cero energías, bajo carbono, etc., se proporciona información para aprovechar y protegerse de las condiciones climáticas del medio ambiente. Los trabajos sirven para difundir la importancia de considerar al medio ambiente en el diseño arquitectónico y para motivar una actitud consecutiva con ello.

Proyectos demostrativos y transferencia tecnológica, son varias iniciativas que se ha realizado para mitigar los impacto de la edificación, así como proyectos para la

sustentabilidad de los edificios (Morillón, 2006) en los últimos 55 años, a continuación se presentaran algunos casos que han contribuido para tener en el país los actuales programa sobre edificios sustentables.

La figura 8 muestra algunos ejemplos de los edificios sustentables en México como el Museo de Sitio de Xochicalco y el Centro Campestre Asturiano, también existen otros como el Instituto de Energía Renovable-UNAM, el Instituto Nacional de la Salud, el Club de los Pumas, los Museos de la Ruta Zapata, la Universidad Cristóbal Colón-Campus Calasanz.

Desde los '80 se han construido prototipos de vivienda bioclimáticas y sustentable se resalta en los '90 cien viviendas en Ciudad Juárez, las cuales tienen sistemas para el aprovechamiento de la energía solar para climatización y calentamiento de agua, así como ventilación subterránea, chimeneas solar y elementos sombreadores, reusó de aguas grises, tratamiento de agua y ahorro de energía con dispositivos eficientes de iluminación, entre otros. Este proyecto tuvo apoyo, para pagar el sobrecosto, por el INFONAVIT, quien otorgó al constructor 7% más de lo estipulado para créditos de vivienda de interés social por incluir dichas tecnologías, este proyecto se acerca a los criterios de vivienda sustentable, que actualmente se buscan con la llamada hipoteca verde.

El proyecto piloto Vivienda Sustentable de CONAVI, y el proyecto de diseño bioclimático de desarrollos habitaciones con CMIC, en donde los beneficios por incorporar criterios de diseño bioclimático en la vivienda de interés social, se observa en el caso de 5,000 viviendas, ahorros de energía por 4,807 MWh al año, dejando de emitir al ambiente 3,342.49 toneladas de CO<sub>2</sub>, si se climatizaran dichas viviendas con aire acondicionado y cuya energía fuera de origen fósil, además de evitar el gasto a los usuarios por conceptos de consumo de energía eléctrica.



*Club Campestre Asturiano*



*Museo de Sitio de Xochicalco*

*Fig. 8. Edificios sustentables en México*

En cuanto a normativas, a finales de los 80s y principios de los 90s, las normas eran las bases técnicas para el diseño bioclimático, se resalta las emitidas por el INFOVAIT y el IMSS, siguieron las normas oficiales para el ahorro de energía, normas obligatorias para los edificios, desde su diseño mismo, se suman las relacionadas con materiales, electrodomésticos, iluminación, calentadores solares de

agua, azotas verdes. Así como normas oficiales mexicanas (NOM) que se trabajaron para las energías eólica y fotovoltaica. Además de normas para la potabilización, el tratamiento y ahorro de agua, además de normas para el majeo de residuos a nivel doméstico y como ciudad, así como guías el manejo y aprovechamiento de las áreas

verdes, código que consideran todos los criterios ambientales para la vivienda sustentable.

Programas de financiamiento, los instrumentos de financiamiento se iniciaron en los 90s, principalmente para la adecuación de la vivienda existente, en temas de ahorro de energía eléctrica, por instituciones como el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), posteriormente se creó el sistema de financiamiento del INFONAVIT, la Hipoteca Verde, para la vivienda nueva, instrumento con mayor alcance, como es el ahorro de electricidad, gas, agua y aprovechamiento de la energía solar. Un poco después un sistema para financiamiento urbano, por la Sociedad Hipotecaria Federal, conocido el instrumento como Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS), los criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables (CONAVI), aunque nacieron para la certificación de vivienda sustentable, permiten recurso a fondos perdidos para la vivienda e interés social.

Sistemas de certificación de edificios sustentables, aunque existe un programa de certificación de edificios de bajo impacto ambiental, de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, no es clara la metodología y solo tiene acreditado un edificio de uso mixto. Afortunadamente las iniciativas para el financiamiento, permiten ser sistemas de certificación de edificios sustentable, como la hipoteca verde y los DUIS, solo se cuenta con tres sistemas que surgieron para certificar los edificios sustentables, los criterios de la CONAVI, el programa de la Ciudad de México y la norma mexicana para la certificación de edificaciones sustentables, de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Se observa, con los programas para el edificio sustentable, no se logra tal objetivo, si se ahorra energía eléctrica, gas,

agua y mitigación de CO<sub>2</sub>, pero muy alejados para lograr el objetivo de cero emisiones, cero descargas, cero energía, entre otros impacto para ser edificio sustentable.

## 7. ESTRATEGIAS PARA HÁBITAT RESILIENTE Y SUSTENTABLE:

Como lo muestra la figura 9, partiendo del nido de las termitas, se diseñó y construyó el edificio del Eastgate Center en Harare, Zimbabwe (Fuente: www.fata.unam.mx).

Tomando de las experiencias para el hábitat sustentable algunas estrategias, se analiza su resiliencia ante efecto del cambio climático (Tabla 4).



Fig. 9: Hábitat con bases y principios del nido de las termitas

Tabla 4. Evaluación de estrategias para el hábitat sustentable con resiliencia.

	<b>Estrategia</b>	<b>Resiliencia</b>
Diseño Urbano	Agrupamiento de edificios	Adecuado
	Orientación	Adecuado
	Espacios exteriores	Adecuado
Proyecto arquitectónico	Ubicación en el lote	Adecuado
	Configuración	Adecuado
	Orientación de la fachada larga	Adecuado
	Localización de las actividades	Adecuado
	Tipo de techo	Limitado
	Altura de piso a techo	Limitado
	Control solar	Adecuado
	Ventilación	Limitado
	Ventanas	Limitado
	Materiales y sistemas constructivos	Limitado
	Vegetación	Adecuado
	Iluminación natural	Según criterios
Equipamiento tecnológico	Equipos complementarios de climatización	No
	Iluminación	De alta eficiencia
	Electrodomésticos	De alta eficiencia
Instalaciones	Agua	De alta eficiencia
	Gas	De alta eficiencia
Aprovechamiento y generación de energía	Solar	Adecuado
	Eólica	Adecuado
	Geotérmica	Adecuado
	Biomasa	Adecuado
	Océano	Adecuado



## CONCLUSIONES

Sera necesario realizar más estudios de escenarios y evaluación de funcionamiento de algunas estrategias ante dichos escenarios para dictaminar criterios de diseño para periodos, para garantizar funcionamiento del hábitat resiliente y sustentable ante el cambio climático

Con base en los objetivos de este trabajo se identificó que se presenta el cambio climático en la zona cálida seca de la costa de Culiacán, Sinaloa México, como este afecta al hábitat; energética y ambientalmente, para los escenarios retrospectivo, presente y prospectivo al 2050.

En el bioclima de Culiacán, debido a las condiciones climáticas, geográficas, topográficas, etc. el cambio climático se manifestará con aumento en la temperatura. Por lo anterior es importante resaltar que se deben realizar acciones encaminadas a la regulación del uso de energía convencional y el uso de materiales de construcción y diseños adecuados a las características de la región.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> son las relacionadas con el consumo de energía convencional para la climatización, por uso de los sistemas de aires acondicionados. No obstante, es necesario evitar el uso excesivo de este por lo que se deben adoptar métodos de mitigación, como el ahorro de energía y la adaptación del hábitat mediante diseño.

Por último, debe tomar en cuenta el mejoramiento y el impulso de programas de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica, para hábitats comerciales y de servicios, pero sobre todo definir las estrategias para la resiliencia de los nuevos edificios.

## REFERENCIAS

- Andrade A y Morillón D (2008). *Diagnóstico del comportamiento térmico, energético y ambiental de la vivienda de interés social en México: Retrospectiva y prospectiva (2000-2012)*, Los Edificios en el futuro, estrategias bioclimáticas y sustentabilidad, Editorial INETI-CYTED, ISBN 978-972-676-209-6, Portugal, pp.83-94.
- Carlos A. García V., Carlos E. Tapia L y David Morillón G. (2016). Cambio climático y los efectos en el bioclima cálido seco: Análisis retrospectivo y prospectivo, Memorias de la XL Semana Nacional de Energía Solar, CD, ABC-210, pp182-186, ISSN: 2448-5543, Ed. Asociación Nacional de Energía Solar, Puebla, México
- Castaño V M., (2018). Biomimética: Ingeniería avanzada a partir de la naturaleza, Cartel en el Congreso Bienal de la Academia de Ingeniería México.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (2007). Estrategia Nacional de Cambio Climático México 2007, ed. SEMARNAT, México.
- CONAFOVI (2006). Uso eficiente de la energía en la vivienda, ed. CONAFOVI, México.
- Flores J. A., Flores D. y Morillón D. (2010). Saturation, energy consumption, CO<sub>2</sub> emission and energy efficiency from urban and rural households appliances in Mexico. *Energy and Buildings*, **43**, 10-18.
- García Kerdan I., Morillón Gálvez D., Rokia R. y Ruysssevelt P. (2015). Modelling the energy and exergy utilization of the Mexican non-domestic sector: A study by climatic regions. *Energy Policy*, **77**, 191-206.
- Morillón D, (2008), Escenarios Tecnológicos de Mitigación de Cambio Climático en México para el Sector Residencial: Implicaciones Económicas, Informe Técnico. SEMARNAT-II, UNAM, México.
- Morillón D, (2008). Bases para una hipoteca verde en México, camino a la vivienda sustentable, Estudios de Arquitectura Bioclimática, Anuario 2007, Vol. IX, Editorial Limusa-UAM, ISBN 13: 978-968-18-7176-5, pp. 85-1002, México
- Morillón D, (2011), Edificios sustentables: Un programa en México ante el cambio climático, *Revista Cop17/CMP7 United Nations Climate Change Conference 2011*, SEMARNAT, pp. 13-15. México.
- Morillón D, (2011). Estrategias regionales y sectoriales para lograr un desarrollo sustentable y de baja intensidad de carbono en México, Centro Mario Molina, México.
- Morillón D, Escobedo A y García I (2015) Línea Base del consumo y uso final de la energía eléctrica en edificios comerciales y de servicios de la República Mexicana, II-UNAM, México.
- Morillón D. (2007). Impacto del cambio ambiental global en el sector residencial, Más allá del cambio climático: las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global, Editado Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales/Instituto Nacional de Ecología y la UNAM, ISBN 968-817-808-X, México, pp.249-260.
- Nações Unidas no Brasil (2015). *Día Mundial do Hábitat da ONU destaca importância dos espaços públicos para cidades saudáveis*. Consultado el 18 de septiembre de 2017 en <https://nacoesunidas.org/dia-mundial-do-habitat-da-onu-destaca-importancia-dos-espacos-publicos-para-cidades-saudaveis/>.
- Olgyay, Víctor (1998). *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili, Sociedad Anónima. Consultado en [https://books.google.es/books/about/Arquitectura\\_y\\_clima.html?id=K7DaQwAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.es/books/about/Arquitectura_y_clima.html?id=K7DaQwAACAAJ&redir_esc=y)
- Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española (2017), Hábitat; y Resiliencia.
- Ruiz J., (2018). Estudios de resiliencia en la Biosfera 2, Universidad de Arizona-Tucson, Estados Unidos
- SENER (2017), Balance Nacional de Energía 2016, México
- Servicio Meteorológico Nacional (2018) Normales climatológicas, Ed. CONAGUA, Disponibles en: <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=sin>, México
- UNICEF (2017). *Día Mundial del Hábitat*. *Día escolar de la no-violencia y la paz*. Consultado el 18 de septiembre de 2017. [www.enredate.org](http://www.enredate.org)
- United Nations Environment Programme (2009), Sustainable buildings and climate initiative “building and climate change”, Naciones Unidas.