

RISK ASSESSMENT OF INFRASTRUCTURE CONSTRUCTION IN PUBLIC BUILDINGS THERMAL COMFORT IN SEMI-DESERT AREAS OF MEXICO

Gomez Lam, Javier Adrian¹; De la Cruz Romero, Marco Antonio²;
Martínez Alcazar, Jesús Antonio¹

¹ Universidad Autónoma de Coahuila, ² Universidad Politécnica de Madrid

The conditions of temperature , humidity and cleanliness suitable for comfort in air living spaces , vary strongly challenged by society, mainly due to limited resources and economic power in these semi-desert areas . As this research focuses on the analysis of ergonomic specifications for buildings and risks that impact the construction of the infrastructure in which the use of new climate technologies , new generation materials and construction procedures that optimize economic resources and time, these being the most impact on the budgets of the buildings. The main objective of the research is to contribute to create a framework of technical reference that includes the behavior of thermal comfort variables and risks that impact buildings and establish criteria to improve user comfort . Given this scenario, the chair of the Construction Projects Civil Engineering Faculty of the Autonomous University of Coahuila, and the Chair of Projects UPM perform this research.

Keywords: *Risk of construction; Infrastructure; Thermal Comfort*

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA INFRAESTRUCTURA DEL CONFORT TÉRMICO EN EDIFICACIONES PUBLICAS EN ZONAS SEMIDESÉRTICAS DE MÉXICO

Las condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para el confort dentro de los espacios habitables, son variables cuestionadas fuertemente por la sociedad, debido principalmente a lo limitado de los recursos de energía y económicos en estas zonas semidesérticas. Por lo que, esta investigación se centra en el análisis de las especificaciones ergonómicas para las edificaciones y los riesgos que impactan en la construcción de esta infraestructuras en las que, el uso de nuevas tecnologías de climatización, materiales de nueva generación y procedimientos constructivos que optimicen recursos económicos y tiempo, siendo estos los de mayor impacto en los presupuestos de las edificaciones. El objetivo principal de la investigación es contribuir a generar un marco de referencia técnico que contemple el comportamiento de las variables del confort térmico y los riesgos que impactan en las edificaciones y establecer criterios para mejorar el confort de los usuarios. Ante este escenario la cátedra de Proyectos de Construcción de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Coahuila, y la cátedra de Proyectos de la Universidad Politécnica de Madrid realizan esta investigación.

Palabras clave: *Riesgos de construccion; Infraestructura; Confort Térmico*

1. Introducción

El riesgo se evalúa mediante la medición de los dos parámetros que lo determinan, la magnitud de la pérdida o daño posible, y la probabilidad que dicha pérdida o daño llegue a ocurrir. Parte de la dificultad en la gestión de riesgos es que la medición de los dos parámetros que determinan el riesgo es muy difícil, por lo cual se dice que es un proceso subjetivo. La gestión de riesgo también sería más simple si fuera posible contar con una única métrica que refleje en la medición toda la información disponible. Sin embargo esto no es posible, ya que se trata de medir dos cantidades.

Se denomina infraestructura urbana; a aquella realización humana diseñada y dirigida por profesionales de Arquitectura, Ingeniería Civil, Urbanistas, etc., que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades y su funcionamiento, necesario en la organización estructural de las ciudades y empresas. El vocablo, utilizado habitualmente como sinónimo de obra pública por haber sido el Estado el encargado de su construcción y mantenimiento, en razón de la utilidad pública y de los costos de ejecución, generalmente elevados. (Gonzalo Bojórquez 2010)

El término confort (voz inglesa: comfort), se refiere en términos generales a un estado ideal del ser humano, un estado que supone bienestar, salud y comodidad. Un ambiente confortable es aquel donde no existe distracción y molestia, de tal manera que las actividades pueden realizarse sin perturbaciones físicas y mentales (Croome, 1977). La sensación de confort térmico en los espacios arquitectónicos, determina la densidad y periodicidad de uso de los mismos. Es necesario entender las relaciones causales que originan que un espacio sea subutilizado debido a las condiciones de ambiente térmico.

México es un país cuyo territorio presenta extensas regiones de zonas áridas, muy áridas y semiáridas, que cubren el 54.3% de su superficie total. Aunque existen pequeñas zonas áridas repartidas por todo el país, como producto de las condiciones climáticas locales, la mayor extensión de zonas áridas en México se ubica en el cinturón o faja mundial de aridez, que en el país corresponde a los desiertos Chihuahuense y Sonorense; este último se extiende a la casi totalidad de la península de Baja California y partes bajas del estado de Sonora.

El diseño adecuado de espacios, implica que los usuarios de los mismos estén en confort para que puedan desarrollar no sólo sus actividades de manera adecuada sino también para que ellos, se puedan desarrollar integralmente. Sin embargo, los arquitectos en su mayoría, desconocen que en aspectos de confort térmico existe una diferencia significativa entre las reacciones fisiológicas y psicológicas de los individuos cuando se trata de espacios exteriores e interiores. Considerando que existen riesgos médicos conocidos como golpes de calor, que ponen en peligro la salud e incluso la vida, por exposición de los usuarios a condiciones ambientales térmicos extremos, no aptos para su confort.

2. Objetivos

Identificar los valores de los riesgos del ambiente y la sensación térmica en edificios públicos y privados en las zonas áridas en la zona norte de México, para asociar las condiciones óptimas de confort térmico. Y determinar un diseño bioclimático a través de estrategias de diseño sobre una carta psicométrica.

3. Metodología

Tomando como referencia uno de los últimos edificios gubernamentales construidos actualmente, se realizó un análisis de riesgo en el diseño de confort térmico, tomando algunos conceptos de riesgo en diseño bioclimático:

- Orientación
- Forma
- Ubicación de los espacios
- Diseño de ventanas
- Proporción entre los vanos macizos
- Ventilación natural
- Iluminación natural
- Sistemas constructivos, materiales y acabados
- Eco-tecnologías apropiadas
- Dispositivos de control solar
- Carta psicométrica
- Monitoreo continuo

Bajo la determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV (Predicted Mean Vote) Estimación de Sensación Térmica, PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) Grado de Inconformidad y los criterios de bienestar térmico bajo las normas ISO 7730-2005. En conjunto con el ISO 7933-2005.

En el sentido de buscar una metodología de construcción bioclimática con el fin de reducir los riesgos poniendo particular énfasis en el confort térmico, el cual propone el Diseño Bioclimático. Tratando de enfatizar los vínculos y múltiples interrelaciones entre la vida y el clima (factores naturales), que pueden llegar a considerarse un riesgo ya que las zonas áridas del norte de México, el clima es extremo y cambiante. En relación con el diseño de infraestructura suele no desarrollarse respondiendo a los requerimientos climáticos específicos de cada región.

Basado en la carta psicométrica más adelante surgieron datos y diseños capaz de reducir los riesgos relacionados con el diseño bioclimático en edificaciones públicas. Para lograr la segura interacción de la arquitectura bioclimática que pueda contribuir de manera significativa en el confort térmico, economía y ecología.

Conocidos los valores que caracterizan un ambiente (t_a , P_a , t_r , V_a , metabolismo y aislamiento vestimentario) es necesario un marco interpretativo, esta función cumplen los llamados índices térmicos.

- Globales: la integración se realiza en el momento de sus medidas de base (WBGT, WGT, Analíticos empíricos).
- Basados en el balance térmico (HSI, Índices PMV-PPD, ITS, Sudoración requerida).

MODELO SZOKOLAY

En este caso particular se empleó el Modelo de Diseño Bioclimático de Szokolay que establece la siguiente metodología (Szokolay 1984):

1. *Análisis climático:*

El primer paso hacia el ajuste ambiental es el análisis de los elementos climáticos de una localidad dada. Deben analizarse datos anuales de temperatura, humedad, radiación y efectos del viento; si fuera necesario, los datos deberán ser adaptados al nivel habitable, y deben considerarse los efectos de las condiciones micro climático.

2. *Evaluación Biológica:*

La evaluación biológica debe basarse en las sensaciones humanas. La representación de los datos climáticos en la carta bioclimática a intervalos regulares mostrará un diagnóstico de la región, y se determinarán tablas de datos horarios.

3. *Soluciones tecnológicas:*

Después de determinar los requerimientos, se deben buscar las soluciones tecnológicas. Para ello deberán realizarse los siguientes cálculos:

- Selección del sitio
- Orientación
- Determinación de sombras
- Forma de la casa
- Movimientos de aire
- Balance de temperatura interior.

4. *Expresión arquitectónica*

A través de los resultados obtenidos en los tres pasos anteriores, se deberá desarrollar los conceptos arquitectónicos y equilibrarlos de acuerdo a la importancia de los diferentes elementos.

Más adelante Givoni (Givoni, 1981) y Szokolay (Szokolay, 1984) han destacado por sus aportaciones en las herramientas de análisis y evaluación.

De manera resumida la propuesta de Szokolay se define en cuatro etapas:

A. *Estudios Preliminares:*

Tiene como objetivos la recopilación concisa, identificación de restricciones, estudio de condiciones climatológicas y la definición de los esquemas espaciales. Así como la definición de una propuesta energética.

B. *Anteproyecto:*

Tiene por objetivo la generación de ideas, y la formulación y prueba de hipótesis de diseño. Como producto se deberá contar con una propuesta de diseño.

C. *Proyecto:*

En esta etapa se detallan las decisiones de diseño, teniendo conciencia de las consecuencias energéticas de cada decisión. Se deben elaborar planos, detalles y especificaciones.

D. *Evaluación Final*

Se deberán hacer análisis térmicos, de ventilación, lumínicos y estimación del uso de la energía para todos los propósitos, todo ello a través de distintas herramientas. Esta etapa debe concluir con una propuesta espacial y energética definitiva.

De acuerdo con Szokolay, "Hay varios atributos que todo arquitecto debe tener, sin los cuales las mejores herramientas serán inútiles.

1. *Conciencia de los problemas* energéticos y sentido de responsabilidad hacia el cliente y toda la sociedad, para hacer algo a cerca de esos problemas.
2. *Comprensión conceptual:*

- *De los principios termodinámicos:* Transferencia de calor, comportamiento de los materiales, cómo interactúan los procesos térmicos.
- *Del clima y factores del hombre*
- *De las soluciones existentes:* por qué funcionan o porque no lo hacen (nosotros todavía operamos por el método del “mejoramiento progresivo”, haciendo las cosas similares a nuestros pares, pero intentando aprender de sus errores, así como de los nuestros)

Las etapas de evaluación de riesgos en confort térmico de espacios públicos cerrados el proceso de diseño es:

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS

La temperatura del aire es la temperatura del fluido del microclima dentro del cual el hombre manobra. El captor debe de tener obligatoriamente una buena protección contra el calor radiante. Los errores más habituales que se puede cometer a la hora de comprobar sus valores son por:

- No tener una adecuada protección contra la radiación térmica
- No esperar al tiempo de estabilización del termómetro.

El tiempo de estabilización depende del tipo de captor utilizado:

- Bulbo de Mercurio: cuya respuesta se sitúa alrededor de 5 minutos. Su gran ventaja es que no necesita mantenimiento.
- Electrónicos por termotecnias, resistencias de platino: cuya respuesta es bastante más corta (5 a 60 segundos), pero su mantenimiento debe de ser riguroso y periódico.

Los intercambios térmicos por convección y evaporación están influenciados por la velocidad del aire relativa (V_{ar}) al cuerpo humano:

Velocidad del aire absoluta (V_a , m/s)

Este parámetro se define tanto por su intensidad como por su dirección, por consiguiente se determina a través de sondas:

- Omnidireccionales.
- Captadores direccionales en los tres ejes del espacio (x,y,z) y luego se utiliza la formula siguiente.

ARCHIVOS METEOROLOGICOS:

Año Típico Meteorológico

Se considera un número de 10 a 40 años de datos.

Año TÍPICO de referencia

Se considera un número máximo de 10 años.

Bases de datos NORMALES CLIMATOLOGICOS SMN:

Datos medidos en estaciones certificadas en México.

METEONORM:

Extrapolación de datos de estaciones certificadas en WMO. Los puede presentar en cualquier formato requerido.

El problema de confort o malestar no es sólo tener una sensación de disgusto en un espacio, habitar en espacios inadecuados repercute en problemas de salud, eficiencia y productividad (Auliciems, 1981b). Es en este contexto que trabaja el diseño ambiental, cuyo principal objetivo es el de armonizar los espacios y crear óptimas condiciones de confort y bienestar para sus ocupantes.

ENFOQUE PREDICTIVO

El enfoque de predicción trabaja bajo condiciones de prueba controladas, básicamente en cámaras meteorológicas, el individuo es aislado y por lo tanto se manipula su aspecto psicológico, lo que repercute en la modificación del funcionamiento fisiológico.

ENFOQUE ADAPTATIVO

El enfoque de adaptación es un índice empírico de confort, que parte de los principios establecidos por los índices racionales empleados en los estándares de confort térmico.

METODOLOGIA PARA MEDIR LA TEMPERATURA

Se nota sensación de bienestar en un recinto cuando, según la experiencia indica, con nuestras calefacciones corrientes por convección (calefacciones por agua caliente, estufas, calentadores eléctricos), la temperatura del aire ambiente es de 293-295 K (20 a 22 °C) y la temperatura superficial de suelos, paredes y techos es de 290-291 K (17 a 18 °C). Si se trata de calefacciones puras o preponderantemente por radiación, la sensación de bienestar aparece ya con una temperatura del aire de 17 a 18 °C.

Los radiadores de agua caliente ceden aproximadamente el 70% de su calor por convección y el 30% por radiación. Las calefacciones por radiación pueden montarse en el suelo en la pared o en el techo individualmente o también combinadas. A este respecto hay que tener presente que la superficie del suelo solo debe estar a 298-301 K (25-28 °C), y que la de una pared o techo calientes solo puede alcanzar 308-313 K (35-40 °C). Entonces basta para el aire una temperatura de 18 °C.

Sin embargo, todas las calefacciones por radiación situadas en paredes y techos tienen el inconveniente de la inercia. Solo se adaptan con lentitud a variaciones súbitas de temperatura, es decir, tras un cambio brusco de tiempo dejan perdurar durante horas un ambiente de frío o de calor excesivo. Igual que en invierno se necesita calefacción, durante el verano es preciso tomar medidas para proteger de la radiación y del calor solar, así como para disminuir la temperatura del aire ambiente.

CLIMATIZACIÓN

Para generar un clima ambiente óptimo es necesaria una instalación de acondicionamiento o climatización susceptible de renovar, purificar, humidificar o deshumidificar y calentar o refrigerar el aire. A continuación se indica la relación que debe existir entre la temperatura exterior del aire y la temperatura interior ambiente:

Temperatura exterior	Temperatura interior
298 K (25°C)	296 K (23°C)
303 K (30°C)	298 K (25°C)
305 K (32°C)	299 K (26°C)

LIMITES DEL CONFORT

La norma ISO 7730-2005 recomienda limitar el porcentaje de insatisfechos a un 10 %, es decir encontrar unos votos medios previstos entre - 0.5 a + 0.5. Y las normas de las cartas psicométricas ASHRAE según el modelo de diseño Szokolay los rangos de la zona de confort térmico:

Zona ± 1.75 Periodo mensual o menor

$Z_{ct} = T_n \pm RCT$

Zct= Zona de Confort Térmico

Tn= Temperatura neutral

RCT= Rangos de Confort Térmico

CONFORT-INCONFORT-RIESGO

Desde el punto de vista térmico un ambiente puede tener tres tipos de diagnóstico:

- Bienestar (Confort o Comfort), en el cual el grado de quejas va a ser pequeño.
- Malestar (Inconfort o Discomfort) sin riesgo para la salud
- Riesgo (Contrainte o stress) o con riesgo para la salud.
- Un ambiente de bienestar o confortable es aquel que presenta:
- Menos de un 10% de insatisfechos
- El PMV se encuentra en el intervalo que va desde -0.5 a + 0.5.
- otras condiciones necesarias:
- La diferencia entre la temperatura del aire a 10 cm y a 110 cm del suelo debe ser como máximo de 3°C.
- La asimetría de calor radiante entre las paredes verticales máxima de 10 °C.
- La asimetría de calor radiante entre las paredes horizontales (techos y suelo) máxima de 5 °C.
- La velocidad del aire máxima 0.15 en invierno y 0.25 en verano. Si existe una corriente de aire en la nuca o la cara jamás debe sobrepasar los 0.15 m/s.

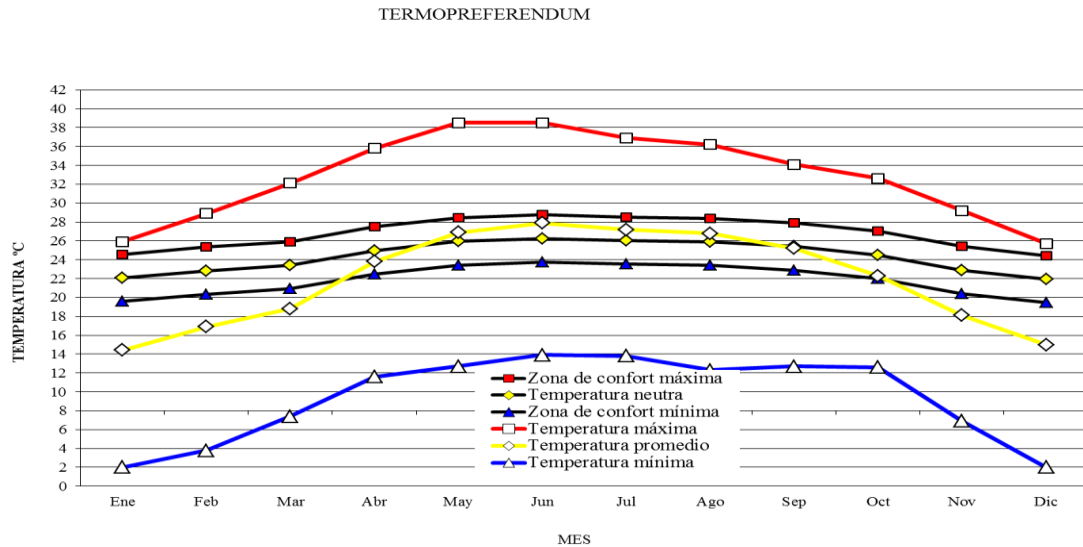
El ambiente inconfortable se caracteriza por:

- Voto Medio Previsto (PMV) superior a +0.5 o inferior a -0.5.
- Más de un 10% de insatisfechos sin llegar a las condiciones de riesgo antes enumeradas.
- Las condiciones citadas en confort no se dan.

4. Resultados

TERMOPREFERENDUM (Torreón, Coah., México)

Tabla 1. Termopreferendum



Para obtener los valores se consideraron la temperatura promedio anual. Se puede observar una variada oscilación en la temperatura a lo largo del año, aunque pareciera mantenerse estable, presentando una variación de temperatura en la temporada fría que corresponde a los meses de Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre oscila entre los 14 y 18° C. En la temporada de calor oscila entre los 22 y 26°C. en lo que corresponde a los meses de transición las temperaturas promedios oscilan entre los 18 y 22° C.

ZONA DE CONFORT TERMICO- CARTA PSICOMETRICA

$$T_n = 18.5 + (0.36 \cdot T_{mpa})$$

T_n = Temperatura neutral

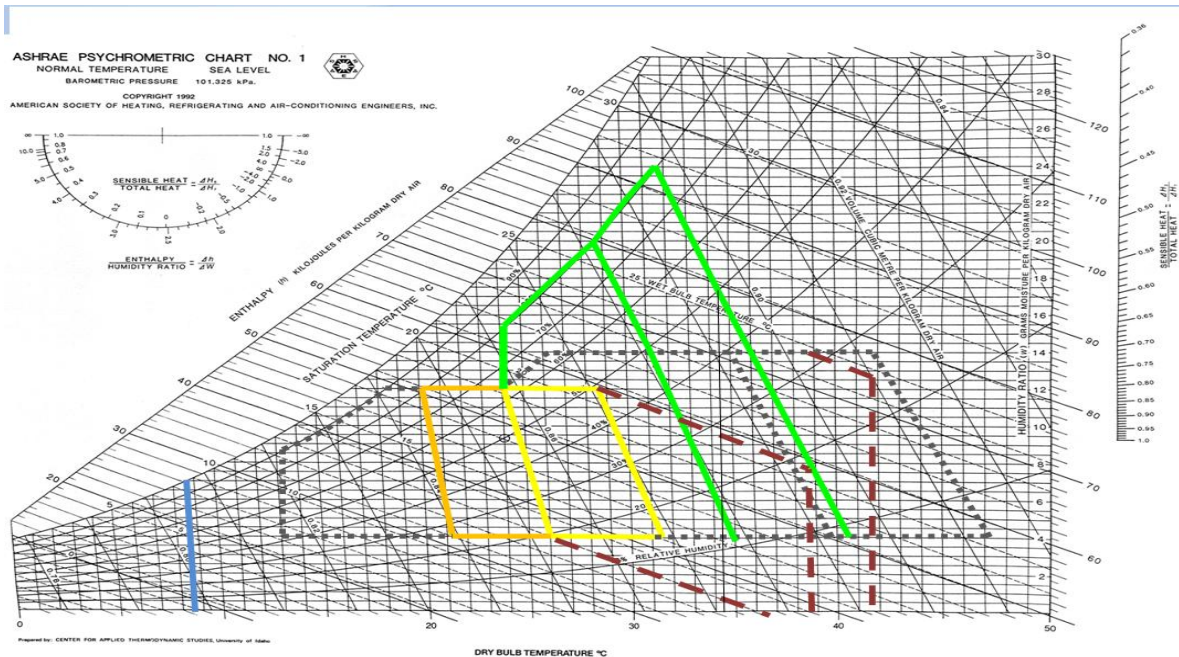
T_{mpa} = Temperatura de bulbo seco media en un periodo amplio (algunos autores recomiendan trabajar con los promedios de maximas)

$$Z_{ct} = T_n \pm 2$$

Z_{ct} = Zona de confort termico

Zona de confort térmico de invierno y verano, se traza una línea de la temperatura neutra de acuerdo a la ecuación de cálculo de Z_{cn} correspondiente a cada periodo, hasta interceptar con la curva de 50% de humedad relativa, posteriormente se localiza el punto de temperatura efectiva y se une con el punto de la intersección anterior. Esta línea se proyecta hasta la línea de 12 gr/kg, y se corta en la línea de 4 gr/kg.

Figura 1. Carta Psicrométrica muestra zona de confort para verano e invierno.



La MASA TÉRMICA representa el uso de sistemas constructivos con materiales de alta masa volumétrica, lo que produce un retraso en la velocidad de flujo de energía calorífica por diferencial de temperatura exterior – interior. El efecto de la masa térmica puede ser útil tanto en verano e invierno. Para el caso de un día cualquiera el rango de temperaturas varía desde una temperatura mínima (4-6 am) a una temperatura máxima (2-4 pm), a lo que se le conoce como dT . La zona de masa térmica se dibuja con el valor correspondiente a cada temporada: invierno y verano.

Figura 3. Sistemas activos de enfriamiento y calentamiento en espacios cerrados

SISTEMAS ACTIVOS DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO EN ESPACIOS CERRADOS													
Torreón													
HORA		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	T-0 HR-0	8.8 °C 59%	10.5 °C 54%	11.1 °C 55%	11.6 °C 54%	11.7 °C 49%	20.4 °C 51%	18.9 °C 52%	19.0 °C 47%	19.2 °C 52%	19.1 °C 61%	11.1 °C 57%	8.8 °C 56%
1	T-1 HR-1	7.4 °C 62%	9.1 °C 56%	11.7 °C 58%	11.3 °C 57%	11.4 °C 51%	19.1 °C 53%	18.8 °C 54%	17.8 °C 48%	18.0 °C 54%	17.9 °C 64%	11.9 °C 59%	7.5 °C 58%
2	T-2 HR-2	6.3 °C 66%	8.0 °C 60%	12.5 °C 63%	11.2 °C 60%	11.3 °C 54%	18.1 °C 55%	17.8 °C 56%	16.7 °C 51%	17.0 °C 57%	16.9 °C 69%	10.8 °C 63%	6.3 °C 62%
3	T-3 HR-3	5.3 °C 66%	7.1 °C 60%	11.5 °C 63%	11.5 °C 60%	11.4 °C 54%	17.3 °C 55%	17.0 °C 56%	16.8 °C 51%	16.1 °C 57%	16.1 °C 69%	9.9 °C 63%	5.4 °C 62%
4	T-4 HR-4	4.6 °C 67%	6.3 °C 61%	11.7 °C 65%	11.5 °C 62%	11.5 °C 55%	16.6 °C 57%	16.3 °C 58%	15.1 °C 52%	15.4 °C 58%	15.4 °C 70%	9.3 °C 65%	4.6 °C 64%
5	T-5 HR-5	4.0 °C 69%	5.7 °C 63%	11.0 °C 66%	11.0 °C 63%	11.0 °C 56%	16.0 °C 57%	15.8 °C 58%	14.5 °C 53%	14.9 °C 59%	14.8 °C 72%	8.7 °C 66%	4.0 °C 65%
6	T-6 HR-6	3.5 °C 70%	5.3 °C 63%	10.4 °C 67%	11.6 °C 67%	11.8 °C 60%	14.1 °C 60%	14.0 °C 61%	12.3 °C 56%	12.7 °C 63%	12.7 °C 73%	8.3 °C 67%	3.5 °C 66%
7	T-7 HR-7	2.0 °C 73%	3.9 °C 66%	11.7 °C 71%	12.5 °C 68%	14.4 °C 57%	16.0 °C 57%	15.6 °C 59%	13.5 °C 54%	13.2 °C 62%	12.7 °C 77%	6.9 °C 70%	2.0 °C 69%
8	T-8 HR-8	2.8 °C 71%	5.2 °C 63%	10.9 °C 66%	11.4 °C 60%	11.1 °C 52%	19.1 °C 52%	19.1 °C 53%	16.6 °C 50%	16.3 °C 58%	14.1 °C 74%	7.6 °C 68%	2.8 °C 68%
9	T-9 HR-9	5.6 °C 65%	8.8 °C 57%	11.9 °C 58%	11.8 °C 52%	23.1 °C 44%	24.7 °C 44%	23.6 °C 46%	21.1 °C 44%	19.0 °C 52%	17.1 °C 66%	10.6 °C 62%	5.3 °C 62%
10	T-10 HR-10	10.2 °C 56%	14.0 °C 48%	18.9 °C 48%	24.8 °C 43%	28.3 °C 36%	29.6 °C 37%	28.2 °C 39%	26.0 °C 37%	23.4 °C 45%	21.0 °C 57%	15.0 °C 53%	9.8 °C 54%
11	T-11 HR-11	15.5 °C 45%	19.4 °C 38%	23.7 °C 30%	29.2 °C 35%	32.8 °C 30%	33.6 °C 31%	32.1 °C 33%	30.3 °C 31%	27.5 °C 38%	25.0 °C 47%	19.8 °C 43%	15.0 °C 44%
12	T-12 HR-12	20.2 °C 35%	24.0 °C 30%	27.7 °C 30%	32.6 °C 28%	36.0 °C 25%	36.5 °C 26%	34.9 °C 26%	33.4 °C 27%	30.7 °C 32%	28.4 °C 39%	24.1 °C 34%	20.7 °C 35%
13	T-13 HR-13	23.6 °C 28%	27.2 °C 24%	30.3 °C 24%	34.7 °C 24%	37.8 °C 22%	38.0 °C 24%	36.3 °C 26%	35.3 °C 24%	32.8 °C 29%	30.8 °C 33%	27.2 °C 28%	23.2 °C 28%
14	T-14 HR-14	25.5 °C 24%	28.8 °C 21%	31.6 °C 22%	35.5 °C 23%	38.2 °C 22%	38.2 °C 24%	36.6 °C 25%	36.0 °C 23%	33.8 °C 27%	32.1 °C 30%	28.9 °C 24%	25.2 °C 25%
15	T-15 HR-15	26.0 °C 23%	28.9 °C 21%	31.8 °C 21%	35.2 °C 23%	37.6 °C 22%	37.5 °C 25%	36.0 °C 26%	35.5 °C 24%	33.7 °C 27%	32.4 °C 29%	29.3 °C 24%	25.8 °C 23%
16	T-16 HR-16	25.3 °C 25%	27.9 °C 23%	30.9 °C 23%	34.1 °C 26%	36.2 °C 25%	36.0 °C 27%	34.7 °C 29%	34.3 °C 26%	32.9 °C 29%	31.8 °C 31%	28.6 °C 25%	25.2 °C 25%
17	T-17 HR-17	23.7 °C 28%	26.1 °C 26%	29.4 °C 26%	32.4 °C 29%	34.2 °C 28%	34.0 °C 30%	32.8 °C 31%	32.5 °C 28%	31.5 °C 31%	30.7 °C 34%	27.0 °C 28%	23.7 °C 27%
18	T-18 HR-18	21.6 °C 32%	23.7 °C 30%	27.4 °C 30%	30.3 °C 33%	31.9 °C 31%	31.9 °C 33%	30.8 °C 35%	30.5 °C 31%	29.7 °C 34%	29.1 °C 37%	25.0 °C 32%	21.6 °C 31%
19	T-19 HR-19	19.2 °C 37%	21.2 °C 35%	25.1 °C 35%	28.1 °C 37%	29.6 °C 35%	29.6 °C 37%	28.7 °C 38%	28.3 °C 34%	27.8 °C 37%	27.4 °C 42%	22.8 °C 37%	19.3 °C 36%
20	T-20 HR-20	16.8 °C 42%	18.7 °C 39%	22.9 °C 40%	25.9 °C 41%	27.2 °C 38%	27.4 °C 40%	26.6 °C 41%	26.1 °C 37%	25.8 °C 41%	25.5 °C 46%	20.5 °C 42%	16.9 °C 40%
21	T-21 HR-21	14.5 °C 47%	16.2 °C 44%	20.7 °C 45%	23.8 °C 45%	25.0 °C 41%	25.3 °C 43%	24.6 °C 44%	24.1 °C 40%	23.9 °C 44%	23.7 °C 50%	18.4 °C 46%	14.5 °C 45%
22	T-22 HR-22	12.3 °C 51%	14.1 °C 48%	18.6 °C 48%	21.9 °C 48%	23.0 °C 44%	23.4 °C 46%	22.9 °C 47%	22.2 °C 42%	22.1 °C 47%	22.0 °C 54%	16.4 °C 50%	12.4 °C 49%
23	T-23 HR-23	10.4 °C 55%	12.1 °C 51%	16.8 °C 52%	20.1 °C 51%	21.3 °C 47%	21.8 °C 49%	21.3 °C 50%	20.5 °C 45%	20.6 °C 50%	20.5 °C 58%	14.6 °C 54%	10.5 °C 53%
NOTA.- LOS COLORES DEBEN SER MODIFICADOS DE ACUERDO A LA ZONA DE SZOCOLAY													
		ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO DIRECTO				ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO INDIRECTO				AIRE ACONDICIONADO			
		CALENTAMIENTO CONVENCIONAL				CONFORT TERMICO							

Esta tabla muestra los sistemas de enfriamiento y calentamiento necesarios en los espacios cerrados, edificaciones de infraestructura en la zona árida de Torreón.

Por otra parte habrá que considerar las variables que los usuarios de las edificaciones experimentan a través del proceso de aclimatación hasta obtener la zona de confort térmico. Que expone la siguiente tabla:

5. Conclusiones

Se propone que los límites propuestos en el diseño de edificios para control de temperatura tendría que tener una envoltura mayor "masa térmica", es decir, la construcción de infraestructura debería considerar la construcción de edificios con muros de mayor densidad, y cerrados para poder notar un aumento en el ahorro de energía, tanto para los mecanismos de enfriamiento y calentamiento convencional en lugares cerrado públicos y evitar la entrada de calor. Y de esa manera poder controlar la oscilación de temperaturas exteriores. Además de llevar un continuo monitoreo de las temperaturas registradas dentro de las instalaciones, pues llevando un control, se podrá obtener un optimo uso de la energía, pues las estrategias muestran que una zona de confort optima en el horario de verano sería de 25.3°C; y en el caso de invierno la temperatura optima es de 21.6°C, pero dependiendo la hora estos límites pueden obtenerse de manera natural sin la necesidad de usar algún

sistema de enfriamiento o calentamiento en espacios cerrados. Y de esta manera regular los sistemas utilizados para obtener el confort térmico en los usuarios y reducir los riesgos en disconfort.

6. Referencias

- Givoni, Baruch. (1981) *Man Climate and Architecture*. Applied Science Publishers LTD. London, England.
- Gonzalo Bojorquez, (2010). "Temperatura de confort térmico para exteriores, periodos cálidos y fríos en clima cálido seco" IV Foro internacional de investigación en arquitectura.
- Tedeschi, Enrico (1977) *Teoría de la Arquitectura*. Nueva Visión, Buenos Aires, Argentina.
- Felipe Fernández García, (2010). "climas, ciudades y ecosistemas" *Methods in Architecture*. Lund Humphries Publishers Limited, England.
- Ferreiro, Héctor. (1991) *Hombre, el Hábitat, el medio la energía y el método*. cap. 1. *Manual de Arquitectura Solar* Lacomba, Ruth et al. Editorial Trillas México, D.F.
- Fuentes F. Víctor y Rodríguez V. Manuel (1997) *Hacia una Metodología de Diseño Bioclimático*. UAM- Azc. México, D.F.
- Olgay, Víctor y Aladar (1963) *Design with climate*. Princeton University Press. U.S.A.
- Yeang, Ken. (1999) *Proyectar con la Naturaleza*. Gustavo Gili, Barcelona, España.
- Morillón Gálvez, David. *Metodología para el Diseño Bioclimático*. Proceedings of the Millennium Solar Forum 2000. International Solar Energy Society – Asociación Nacional de Energía Solar, Mexico City, 2000
- Pavel Ruiz-Torres, (2009) "Zona de confort en el uso de un índice térmico y humedad relativa en climas cálidos subhúmedos" artículo de confort no ambiente construido.
- Szokolay, Steven (1984) *Energetics in Design – Passive and low design for thermal and visual comfort*. The University of Queensland, Australia. Cf. PLEA-84 México. Proceedings of the International Conference on Passive and Low Energy Ecotechniques Applied to Housing. Pergamon Press, New York, 1984.
- Vitruvio, Marco Lucio (1955) *Los Diez Libros de la Arquitectura*. Obra publicada en 1955 por Editorial Iberia, S.A. Barcelona, España.