



COMPARACIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS UTILIZADOS EN SIMULACIONES DINÁMICAS DE SISTEMAS TÉRMICOS EN CUATRO CIUDADES DE DURANGO, MÉXICO.

Mario H. González, Claudia K. Romero-Pérez, Jorge A. Escobedo-Bretado, Ignacio R. Martín-Domínguez, Mario Nájera-Trejo
Departamento de Ingeniería sustentable, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Calle CIMAV # 110 Ejido Arroyo Seco.
Durango, Dgo. 34147 México. +52 (614) 439 4898, mario.gonzalez@cimav.edu.mx, jorge.escobedo@cimav.edu.mx

Norma A. Rodríguez-Muñoz

Cátedras CONACYT en Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Calle CIMAV # 110 Ejido Arroyo Seco. Durango, Dgo.
34147, México.+52 (614) 439 4898, norma.rodriguez@cimav.edu.mx

RESUMEN

En el modelado y simulación de sistemas térmicos, la incertidumbre en sus distintas etapas es inherente. Tanto en la definición de las propiedades termofísicas de los elementos, como en la elección del programa de simulación y la selección de la fuente de datos climáticos. Las primeras dos dependen del usuario que ejecuta la simulación, sin embargo, la última queda fuera de su alcance. De manera general, en México, el personal de los servicios meteorológicos recopila datos para usos climáticos específicos, y algunas veces ignora los diversos usos que se le da a la información que colecta y publica. Para obtener resultados con baja incertidumbre, el empleo de datos climáticos confiables juega un papel primordial. Es deseable tener datos climáticos medidos en sitio durante un periodo extendido de tiempo antes de llevar a cabo una simulación. Sin embargo, muchas veces esto no es posible debido a restricciones de disponibilidad de tiempo, equipo y presupuesto, por lo que usualmente el usuario utiliza la información proporcionada por servicios meteorológicos o bases de datos climáticas globales. En el presente trabajo se realiza una comparación entre los datos climáticos de cuatro ciudades ubicadas en el estado de Durango y la zona de la Laguna. Se comparan los datos del Año Típico Meteorológico obtenidos con el software Meteonorm v7.1 y los obtenidos mediante un generador de clima, de un programa de simulación dinámica, a partir de datos climáticos tomados de estaciones meteorológicas locales. Se obtuvieron resultados de consumo energético esperado de una vivienda de interés social, temperaturas promedio horarias con la finalidad de realizar la comparación de resultados obtenidos con diversas fuentes de información meteorológica.

ABSTRACT

In the modeling and simulation of thermal systems, uncertainty is inherent at many stages. Either at the definition of thermophysical properties of the materials, the selection of the simulation software and at the election of a reliable weather source. The first two stages, depend on the simulation users, however the last one is out of their control. In Mexico, the meteorological service staff, gather the data for specific climatic purposes, and sometimes they ignore the final uses and applications of the gathered information. In order to obtain low uncertainty simulation results, the usage of reliable weather datasets play an important role. It would be desirable to have weather files with locally measured information from a long period of time, before the simulation takes place. Nevertheless, most of the time this is not possible, mainly due to time, equipment and budgetary restrictions. Therefore, the user chooses to use information provided by meteorological services, or files obtained from global climatic databases, such as the case of Meteonorm software. In the present work, a comparison between the climatic data from four cities located in Durango and La Laguna region (border zone between Coahuila and Durango States) in México is carried out. Typical Meteorological Year (TMY) data obtained from Meteonorm v7.1 is compared with data from a weather generator obtained from a dynamic simulation software, which was obtained using meteorological data from local weather stations.

Palabras claves: Simulación dinámica, datos climáticos, TRNSYS, TMY, Durango.

INTRODUCCIÓN

En la simulación de sistemas térmicos y edificaciones se pueden utilizar datos climáticos del año que se desea analizar. Sin embargo, generalmente se busca tener estimaciones a mediano o largo plazo, principalmente para cálculo del costo total de proyecto y del retorno de inversión. Es por esto que se procede a utilizar conjuntos de datos integrados en un Año Típico Meteorológico (TMY, Typical Meteorological Year, por sus siglas en inglés). El TMY está basado en varios años de datos meteorológicos y tipifica las condiciones climáticas de un sitio de interés. En el trabajo de Crawley, et al. (Crawley, Hand, Kummert, & Griffith, 2008) se describe que en la metodología de creación de un TMY se producen años sintéticos, los cuales representan a las variables meteorológicas de manera apropiada para predecir resultados para situaciones de largo plazo. El autor Jan Remund (Remund, 2015) comenta sobre la facilidad de su uso y que se tiene una incertidumbre de un 2 al 10%. Un TMY consiste en 12 meses típicos seleccionados de varios meses calendario provenientes de una base de datos climática que comprende múltiples años (Yang, Lam, Liu, & Tsang, 2008). Entre más largo sea el periodo del que se tienen datos, y más recientes sean éstos, mejores y más representativos serán los resultados de las simulaciones, ya que periodos cortos de tiempo exhiben variaciones con respecto al promedio a largo plazo, y solo considerar datos recientes puede no representar la condición climática del lugar (Yang et al., 2008)



El mejorar el comportamiento térmico de sistemas y edificaciones es una meta que muchos países e instituciones comparten. Se sabe que se puede llegar a reducir la inversión de infraestructura, disminuir la dependencia de la disponibilidad y precio de los combustibles fósiles. Dentro de un reporte de la IEA (Agencia Internacional de Energía), se hace mención a que la tasa de mejoramiento de la eficiencia energética no será suficiente para superar los factores que hace que aumente el uso de energía, por lo que se deben realizar esfuerzos para disminuir el uso de energía (IEA, 2008). Además existe una creciente preocupación acerca del consumo de energía en edificaciones y sus impactos sobre el medio ambiente (Yang et al., 2008).

De manera global, se puede considerar que hay tres factores que impactan el uso de energía en las edificaciones: clima, geometría y la ocupación. Como cada edificación es única, el impacto de estos factores varía de un contexto a otro. Sin embargo, el clima parece ser el más importante; por eso, ningún análisis debiera ser realizado sin estudiar a profundidad el clima del sitio (Radhi, 2009). La habilidad que poseen los programas de simulación para estimar el consumo de energía en edificaciones y los factores que influyen en este consumo, provee una herramienta efectiva para mejorar el desempeño energético de edificaciones (Radhi, 2009). Además que han jugado un papel importante en el desarrollo de códigos de energía basados en el rendimiento y en su subsecuente implementación (Yang et al., 2008). Los programas de simulación se han sofisticado, a tal punto que es posible describir las propiedades de las edificaciones y sus sistemas con gran detalle. Sin embargo el incremento de los parámetros de entrada, conlleva un incremento en la incertidumbre de la información que se utiliza para la simulación, lo que podría llevar a resultados alejados de la realidad (Bhandari, Shrestha, & New, 2012). Los programas de simulación actuales requieren de datos climatológicos precisos y actualizados. Estos datos son de suma importancia en la predicción del rendimiento del sistema simulado, y deben ser representativos del lugar de interés ya que basan sus estimaciones en datos atmosféricos como la temperatura, radiación, humedad, velocidad del viento, entre otros, tomados en intervalos de tiempo regulares (Santos, Pinazo, & Cañada, 2003; Skeiker, 2007)

La selección de condiciones típicas climatológicas para una ubicación dada es de crucial importancia en las simulaciones para la predicción del desempeño térmico y ha llevado a varios investigadores a utilizar los datos observados de un largo periodo de tiempo o a seleccionar un año en particular, el cual aparenta ser el típico de varios años de datos (Kalogirou, Florides, & Evangelou, 2003).

Muchas bases de datos meteorológicas están disponibles con datos derivados de mediciones a nivel de suelo, datos satelitales, o una combinación de ambos (Budig, Orozalieva, & Vajen, 2010). Generalmente, los datos medidos a nivel de suelo son considerados más precisos que los medidos por satélite. Para datos diarios, los datos obtenidos de satélites deben ser usados sobre los medidos a nivel de suelo, si la estación más cercana se encuentra a más de 70 km del sitio de interés (Budig et al., 2010). Sin embargo, la generación de información climática detallada por medio de estaciones meteorológicas, es difícil de mantener, ya que es común que existan periodos donde por diversas causas (ej. mantenimiento a los equipos de medición, fallas repentinas, errores de calibración, lejanía del sitio para su constante monitoreo, entre otros), se pierda la conectividad o fiabilidad de los datos de interés (Santos et al., 2003). Por otro lado, aunque se cuente con la información necesaria, sería inevitable contar con al menos 11 años (ciclo estándar estimado de las condiciones atmosféricas) para poder realizar un análisis del comportamiento de un sistema (Santos et al., 2003).

En México, la información climática histórica es escasa y la mayoría de las estaciones instaladas no cuentan con datos de radiación solar, esenciales para la simulación de edificaciones. En lugares remotos, la información climática es escasa o nula, por lo que usar el generador de clima que proveen programas de simulación dinámica, como lo es TRNSYS, se presenta como una solución para realizar simulaciones en esos lugares. Además se cuentan disponibles bases de datos climáticas globales, como Meteonorm, el cual es una base de datos que contiene información de más de 7700 estaciones meteorológicas distribuidas por todo el mundo. La principal ventaja que ofrece Meteonorm es que si el sitio de interés no aparece por defecto, el usuario puede ingresar una ubicación en el mapa y el software es capaz de obtener información de ese punto, mediante interpolación de las estaciones cercanas, combinando datos obtenidos de satélites (Botpaev, Obozov, Orozalieva, Budig, & Vajen, 2008; Radhi, 2009)

Para sitios cercanos a estaciones meteorológicas en la base de datos de Meteonorm, los datos generados por éste pueden ser utilizados. Si no hay estaciones meteorológicas cercanas al sitio de interés dentro de la base de datos de Meteonorm, será necesario considerar otras fuentes de datos climáticos, como datos satelitales, estaciones meteorológicas locales y/o datos medidos con alguna estación propia. En ambos casos, los datos de Meteonorm deben de ser probados en plausibilidad. (Botpaev et al., 2008).

En este trabajo, se utilizó el programa TRNSYS, el cual permite la modelación dinámica de sistemas. Este software se utiliza una estructura modular, la cual es conformada por una variedad de "types". Los types son el elemento que permite la integración de información. El type 54, que es el utilizado para la generación de datos horarios climáticos, utiliza un modelo estocástico basado en leyes de distribución para el promedio de largo plazo y un modelo auto regresivo de primer orden para la variación diaria (David, Adelard, Garde, & Boyer, 2005). El generador de clima requiere un archivo de datos con promedios mensuales de radiación ($\text{kJ/m}^2\cdot\text{dia}$), humedad y temperatura del sitio de interés. Esto nos brinda una ventaja para sitios donde solamente existe información climática de forma diaria, o en su defecto, datos mensuales, reportados de manera oficial.

METODOLOGÍA

Se realizó una comparación de datos climáticos del TMY obtenido de Meteonorm contra los datos climáticos horarios obtenidos con el generador de clima (GEN) de TRNSYS 17, los cuales son generados a partir de datos promedio mensuales de radiación solar, humedad y temperatura. La comparación fue realizada mediante el modelado y análisis de consumo energético de una vivienda en el programa TRNSYS. Este programa permite simular de manera dinámica el comportamiento de sistemas térmicos y edificaciones, pudiendo incorporar el uso de archivos climáticos como el TMY, y otros formatos disponibles, con lo cual es posible alimentar información climática de diferentes ciudades para realizar su comparación. Esto permite conocer el comportamiento térmico-energético de los sistemas, así como la



optimización de arreglos y diseños. Eso debido a que cuenta con la posibilidad de realizar modificaciones antes de su construcción o de la instalación de cualquier sistema térmico convencional o de energías renovables, en base a los resultados de las simulaciones.

Datos climáticos

Los datos climáticos utilizados para este análisis fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto de Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Para los datos proporcionados por INIFAP se utilizaron datos de radiación solar satelitales obtenidos del sitio Surface meteorology and Solar Energy (SSE) de la NASA (NASA, 2016). Los datos del SMN se envían al solicitante sin procesar, por lo que se realizó un análisis antes de procesar los datos, con el fin de eliminar los días que no se encontraban con más del 90% de los datos muestreados. La radiación solar se integró de manera diaria para obtener el total de energía diaria. El generador de clima de TRNSYS requiere la razón de humedad (kg de humedad/kg de aire seco), por lo que se utilizó el módulo de psicrometría del software EES de fchart, ingresando los pares de datos de humedad relativa y temperatura, en conjunto con la altitud de la ciudad. Por último, para realizar los promedios de todo el periodo, se realizó un promedio ponderado, tomando como peso, el número de días completos muestreados en cada mes en consideración.

Los datos de la NASA se encuentran en formato de datos promedio mensuales para el período de 1983 a 2005. Cabe señalar que los datos obtenidos del sitio SSE de la NASA no tenían la altitud de los sitios consultados, de manera correcta, lo que puede resultar en un aumento de la incertidumbre de los datos, pero al no contar con otra fuente disponible, se ingresaron los datos en el generador de clima de TRNSYS. En Meteonorm, se ingresaron las ubicaciones de las estaciones consideradas, tanto del SMN como de INIFAP, para obtener el TMY de los sitios y en la Tabla 1 se muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas consideradas así como la fuente de información de las variables requeridas por el GEN.

Tabla 1. Detalles y fuente de información de las ciudades consideradas.

Ciudad	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Temperatura	Humedad	Radiación Solar
Canatlán	24.553	-104.741	1948	INIFAP	INIFAP	SSE NASA
Durango	24.095	-104.599	1871	SMN	SMN	SMN
Nuevo Ideal	24.915	-105.052	1991	INIFAP	INIFAP	SSE NASA
Torreón	25.520	-103.450	1123	SMN	SMN	SMN

Las ciudades de Canatlán y Nuevo Ideal se eligieron por su importancia agrícola, la ciudad de Durango por ser capital y además porque aparece como ciudad interpolada dentro de Meteonorm, al igual que Torreón, a pesar de ser del estado de Coahuila, se encuentra muy cercana a la ciudad de Gómez Palacio, Durango. Ésta última si aparece dentro de Meteonorm pero en una ubicación incorrecta, además no se consiguieron datos medidos de la ciudad con la cual realizar la comparación de GEN y TMY.

Simulación

Para la comparación de los datos climáticos, se realizó la simulación de una vivienda, realizando su modelo de tres dimensiones en el software Google Sketchup 8 (Figura 1), el cual incorpora un complemento que permite exportar las características del modelo y ser utilizadas para la simulación en TRNSYS 17. En la Tabla 2 se muestran las características de la envolvente de la vivienda, la cual es una vivienda de tipo económica proporcionada por el Instituto Municipal de la Vivienda de Durango (INMUVI-Durango).

La vivienda modelada no se encuentra adosada a otras, es decir, no existen viviendas colindantes. Al contar con un piso sin aislamiento, es necesario activar un componente de TRNSYS que permite modelar la temperatura del suelo, además las infiltraciones de aire se establecieron a un valor constante de 0.98 l/h. El horario de ocupación de la vivienda se estableció de las 00:00 a las 08:00 y de las 18:00 a las 00:00, esto de lunes a viernes, el fin de semana se asume que todo el día hay ocupación de la vivienda, en la Tabla 3 se indican las ganancias internas consideradas. Dentro de TRNSYS se activó el control de temperaturas, para mantener la temperatura al interior de la vivienda entre 22 y 26 °C, el cual permite contabilizar las cargas de climatización del espacio sin importar cómo la energía es entregada para la climatización del mismo.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos luego de realizar las simulaciones tanto con datos climáticos del TMY y del GEN para cada ciudad. En la Figura 2 se presenta la temperatura promedio mensual de cada ciudad, agrupadas a la izquierda las ciudades donde los datos del clima provienen del SMN y a la derecha, las ciudades con datos obtenidos del INIFAP. Es importante destacar que en la ciudad de Durango la diferencia de la temperatura promedio mensual entre el TMY y el GEN son casi imperceptibles, comportamiento similar en Torreón. En cambio en Canatlán y Nuevo Ideal, se observa que los datos que se obtuvieron con los TMY son prácticamente idénticos para ambas ciudades, y los promedios mensuales de temperatura resultantes de las simulaciones con datos del GEN tienen una diferencia notable entre ambas ciudades.

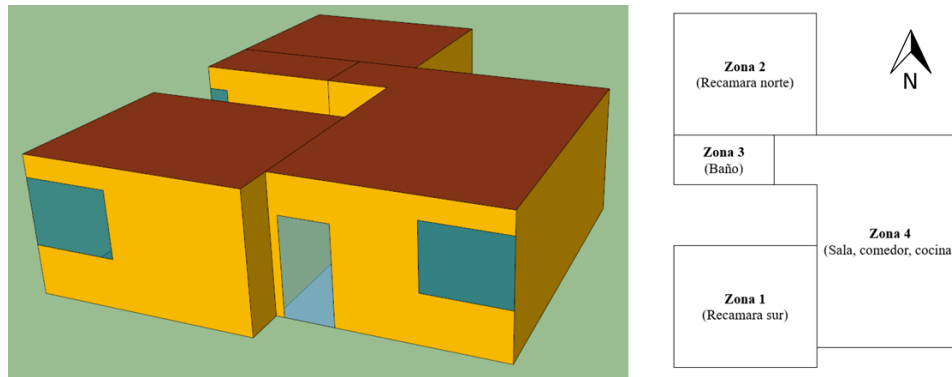


Figura 1. Modelo 3D de vivienda simulada y plano (área construida de 55.8 m²).

Tabla 2. Propiedades físicas de los materiales de la envolvente de la edificación.

Tipo	Material	K (kJ/h m K)	Cp (kJ/kg K)	Espesor (m)	Densidad (kg/m ³)
Piso	Concreto armado	6.264	0.84	0.080	2300
	Lechada de mortero	3.1392	0.72	0.002	1860
Losa azotea	Ladrillo maceteado	2.7648	0.20	0.025	2000
	Mortero	2.5128	0.72	0.025	1860
	Tierra de azotea	0.342	0.44	0.075	1500
	Membrana asfáltica Termotek	0.612	1.26	0.002	1127
	Concreto armado	6.264	0.84	0.100	2300
	Yeso	1.3392	1.09	0.020	800
	Texturizado	0.526	1.00	0.003	1760
	Pintura	0.4572	1.00	0.001	1270
Muro exterior	Enjarre de mortero	2.9232	0.72	0.020	1860
	Tabique rojo recocido	3.1392	0.90	0.130	1920
	Yeso	1.3392	1.09	0.020	800
	Texturizado	0.5256	1.00	0.002	1760
	Texturizado	0.5256	1.00	0.002	1760
Muro interior	Yeso	1.3392	1.09	0.020	800
	Tabique rojo recocido	3.1392	0.90	0.130	1920
	Yeso	1.3392	1.09	0.020	800
	Texturizado	0.5256	1.00	0.002	1760
Ventanas	Acrilamiento sencillo	3.240		0.004	2000

Tabla 3. Ganancias internas consideradas

Ganancias internas	Zona 1 (Recamara sur)	Zona 2 (Recamara norte)	Zona 3 (Baño)	Zona 4 (Sala, comedor , cocina)
Personas	1 (descansando, sentado 100W)	1 (descansando, sentado 100W)		
Computadoras	140 W PC con monitor	140 W PC con monitor		
Iluminación	10 W/m ²	10 W/m ²	10 W/m ²	10 W/m ²

*No se consideró el calor de la estufa u otros electrodomésticos



El comportamiento entre las ciudades de Canatlán y Nuevo Ideal usando el TMY, se puede atribuir a que de ambas ciudades tienen pocas estaciones cercanas dentro de Meeonorm con las cuales poder interpolar información, en el caso de Canatlán, la estación meteorológica con las que se realiza la interpolación son las estaciones meteorológicas de los aeropuertos de Durango (52 km) y Torreón (175 km), y para Nuevo Ideal son también los aeropuertos de Durango (102 km) y Torreón (175 km).

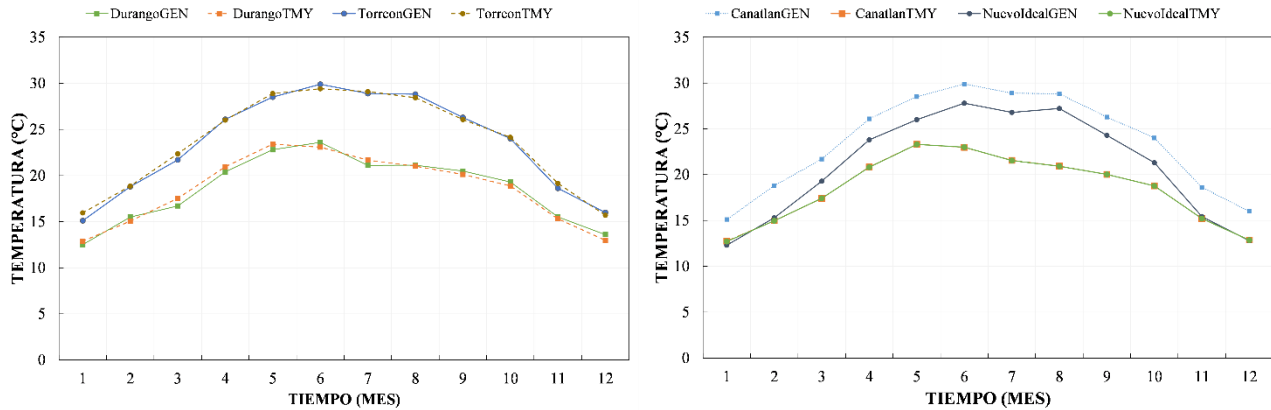


Figura 2. Temperatura promedio mensual obtenida con GEN y TMY, para cada ciudad.

En la Figura 3 se muestra la radiación global en promedios diarios mensuales, con las ciudades agrupadas de la misma manera que en la Figura 2. Caso contrario a lo presentado en la Figura 2, Canatlán y Nuevo Ideal presentan valores muy similares, observándose en abril una subestimación de 0.287 kWh/m²-día y una sobreestimación en septiembre de 0.238 kWh/m²-día, del GEN con respecto al TMY. Para la ciudad de Nuevo Ideal se presentó una subestimación en 0.085 kWh/m²-día en agosto, y una sobreestimación en mayo de 0.456 kWh/m²-día, igualmente del GEN con respecto al TMY. En agosto, en la ciudad de Torreón, se presenta una subestimación de 0.054 kWh/m²-día en noviembre y una sobreestimación de 0.932 kWh/m²-día, mientras que en la ciudad de Durango, existe una subestimación de 0.338 kWh/m²-día en noviembre y una sobreestimación de 1.107 kWh/m²-día en julio.

En la Figura 4 se ilustra la comparación de las cargas calefacción y enfriamiento por climatización de la vivienda. Al observar las cargas anuales por climatización, no parece haber diferencias entre usar el TMY o el GEN, a excepción de Nuevo Ideal que tiene una diferencia de 1159 kWh. Pero al observar la proporción de demanda por enfriamiento en Canatlán y Nuevo Ideal es donde se aprecian las diferencias. Con el TMY, en Canatlán, el enfriamiento representa 4.84% del total de la demanda anual, mientras que en Nuevo Ideal la demanda por enfriamiento representa 4.01% del total anual. Cuando se usa el GEN, estas proporciones cambian a 34.63% y 20.95% respectivamente, reflejo del comportamiento de la temperatura ambiente del TMY en comparación al GEN. Por otro lado, para las ciudades de Durango y Torreón, la demanda por climatización es muy similar usando TMY o GEN, siendo la demanda anual por calefacción la predominante para Durango con 95.06% y 94.35% del total, con TMY y GEN, respectivamente. Caso contrario en Torreón, donde el enfriamiento representa el 63% de la demanda anual en ambos casos.

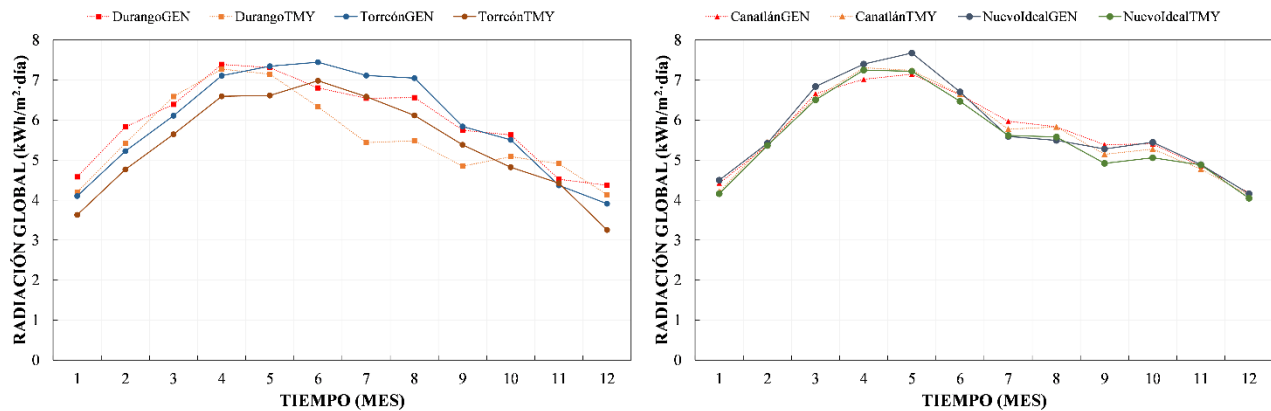


Figura 3. Radiación solar global promedio diaria mensual obtenida con GEN y TMY, para cada ciudad.

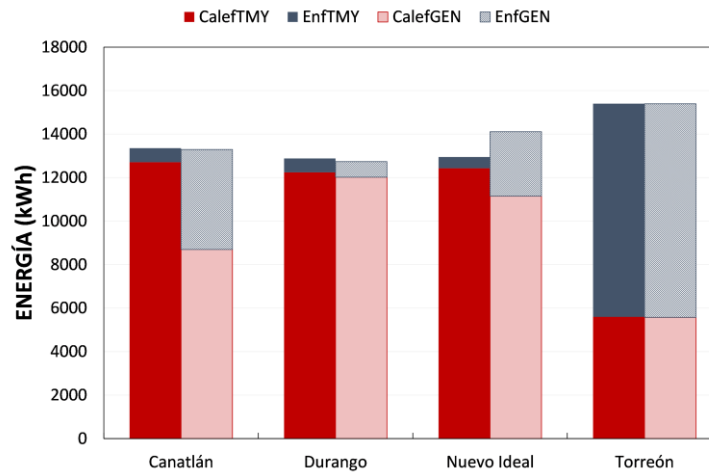


Figura 4. Comparativa de demandas anuales por calefacción y enfriamiento de la vivienda, utilizando TMY y GEN, para cada ciudad.

CONCLUSIONES

Se simuló el comportamiento energético de una vivienda tipo económica con el software TRNSYS, utilizando dos fuentes de información climática, con un generador de clima (GEN) utilizando datos medidos por estaciones de las localidades, y con los Años Típicos Meteorológicos (TMY) obtenidos de Meteororm.

Los programas de simulación son herramientas muy útiles para el análisis energético de edificaciones y sistemas térmicos al ofrecer la posibilidad de simular diferentes configuraciones del mismo sistema, bajo distintos escenarios, descritos a gran detalle.

La información interpolada de Meteororm para las ciudades de Durango y Gomez Palacio (Torreón) muestra mayor concordancia contra los datos de las estaciones meteorológicas. Por lo que de utilizarse los TMY de Meteororm en estas ubicaciones, se cuenta con una buena confiabilidad de los resultados de las simulaciones. Caso contrario con las ciudades de Canatlán y Nuevo Ideal, que muestran mayor diferencia entre los resultados de la simulación.

Los resultados de las simulaciones realizadas indican que para ciudades como Durango y Torreón, que cuentan con estaciones meteorológicas cercanas en la plataforma, el usar el TMY o el GEN no presenta grandes diferencias, al contabilizar la demanda anual por climatización de la vivienda. En cambio en ciudades como Canatlán y Nuevo Ideal, que no cuentan con una estación meteorológica dentro de la base de Meteororm, los resultados obtenidos luego de utilizar el TMY resultan diferentes a los del GEN, subestimando la demanda anual por enfriamiento de la edificación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional (CGSMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) por proporcionar los datos meteorológicos de las ciudades de Durango y Torreón utilizados en este trabajo. Asimismo al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por brindar información meteorológica de las ciudades de Canatlán y Nuevo Ideal del Sistema de Información de la Red Estatal de Estaciones Agroclimatológicas. Se agradece al Instituto Municipal de la Vivienda de Durango (INMUVI-Durango) por proporcionar información de la vivienda modelada en este trabajo.

También se agradece el apoyo económico recibido por parte del: Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CeMIE-Sol), a través del Proyecto: P13 "Laboratorios de pruebas para baja y media temperatura, laboratorio para el diseño e integración de sistemas termo solares asistido por computadora" Convocatoria 2013-02: FONDO SECTORIAL CONACYT - SENER - SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA, para el desarrollo y presentación de éste trabajo.

REFERENCIAS

- Bhandari, M., Shrestha, S., & New, J. (2012). Evaluation of weather datasets for building energy simulation. *Energy and Buildings*, 49, 109–118.
- Botpaev, R., Obozov, A., Orozaliev, J., Budig, C., & Vajen, K. (2008). Comparison of meteorological data from different sources for Bishkek city, Kyrgyzstan. *Proceeding of the EUROSUN 2008, 1st International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings*. Lisbon, Portugal.
- Budig, C., Orozaliev, J., & Vajen, K. (2010). Comparison of Different Sources of Meteorological Data for Central Asia and Russia. *Proceedings of the EuroSun 2010 Conference* (pp. 1–8). Freiburg, Germany: International Solar Energy Society. Retrieved from <http://proceedings.ises.org/citation?doi=eurosun.2010.13.01>



**SEMANA NACIONAL
DE ENERGÍA SOLAR 2017**
Integrando realidades

del 2 al 6 de octubre
Guadalajara, Jalisco.
MÉXICO

- Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M., & Griffith, B. T. (2008). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. *Building and Environment*, 43(4), 661–673. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132306003234>
- David, M., Adelaar, L., Garde, F., & Boyer, H. (2005). Weather data analysis based on typical weather sequences. application: Energy building simulation. *Ninth International IBPSA Conference* (pp. 239–246). Montréal, Canada. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01067307>
- IEA. (2008). *Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency*. Retrieved from https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Indicators_2008.pdf
- Kalogirou, S., Florides, G., & Evangelou, E. (2003). Comparison of simulated thermal loads of buildings erected at four different locations in Cyprus. *Eighth International IBPSA Conference* (pp. 605–612). Retrieved from http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2003/BS03_0605_612.pdf
- NASA. (2016). NASA Surface meteorology and Solar Energy. Retrieved August 8, 2017, from <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- Radhi, H. (2009). A comparison of the accuracy of building energy analysis in Bahrain using data from different weather periods. *Renewable Energy*, 34(3), 869–875. Elsevier Ltd. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2008.06.008>
- Remund, J. (2015). *Accuracy of Meteorology 7*. Retrieved from www.meteotest.ch
- Santos, J. M., Pinazo, J. M., & Cañada, J. (2003). Methodology for generating daily clearness index values Kt starting from the monthly average daily value. Determining the daily sequence using stochastic models. *Renewable Energy*, 28(10), 1523–1544. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148102002173>
- Skeiker, K. (2007). Comparison of methodologies for TMY generation using 10 years data for Damascus, Syria. *Energy Conversion and Management*, 48(7), 2090–2102. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890407000052>
- Yang, L., Lam, J. C., Liu, J., & Tsang, C. L. (2008). Building energy simulation using multi-years and typical meteorological years in different climates. *Energy Conversion and Management*, 49(1), 113–124. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890407001471>