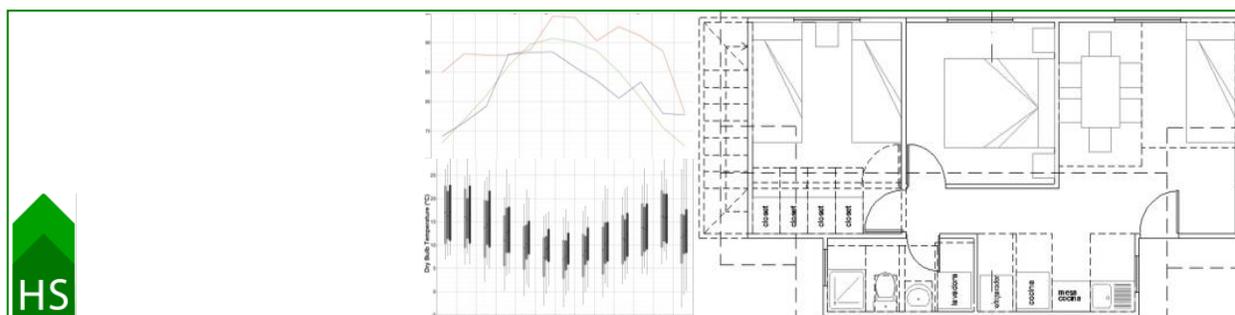


Función e impacto del archivo climático sobre las simulaciones de demanda energética

Function and impact of weather files on energy demand simulations



Alex González Cáceres alex.gonzalez.caceres@gmail.com

Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción –
Universidad del Bío – Bío – Concepción, Chile

Muriel Díaz Cisternas madiazc@ubiobio.cl

Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción –
Universidad del Bío – Bío – Concepción, Chile



RESUMEN

Palabras clave

Simulación energética,
Datos climáticos,
Bases meteorológicas.

Actualmente se han desarrollado distintos tipos de archivos climáticos para su uso en simulaciones energéticas, cuyo origen depende principalmente de las estaciones meteorológicas, variables ambientales, algoritmos de interpolación y periodos considerados. En atención a esta diversidad cabe preguntarse cuáles son los más apropiados para su utilización en estudios de esta naturaleza para viviendas en Chile, y en particular, para la ciudad de Concepción. Se presenta un análisis comparativo, desarrollado en el contexto del proyecto Fondef D10I1025¹, entre tres fuentes de archivos climáticos para Concepción, el primero obtenido a través de la página web de EERE, (U.S. DOE Energy Efficiency and Renewable Energy), el segundo desarrollado por Meteonorm y el último generado a través de los datos proporcionados por un centro de observación geodésica ubicado en Concepción (TIGO). Se puede observar que el origen y método de obtención de datos para la ciudad de Concepción en Chile puede generar diferencias en la demanda de un 24,8%, que en este caso corresponde a 41,34 kWh/m².

ABSTRACT

Key Words

Energy simulation,
Climate data,
Weather files

Different types of weather files have been developed to be used in energy simulations. Their origin largely depends on weather stations, environmental variables, interpolation algorithms, and the time periods under consideration. Due to this diversity, the question arises as to which are the most suitable for use in housing studies in Chile, particularly in Concepción city. As part of the Fondef project D10I1025¹, a comparative analysis is presented of three sources of climate records for Concepción. The first was obtained through the EERE website (U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy). The second was developed using the software Meteonorm, and the last was generated from the information provided by a geodetic observation center (Transportable Integrated Geodetic Observatory or TIGO) located in Concepción. The research showed that differences in the source and method of obtainment of weather data for Concepción, Chile can cause a difference in energy demand of 24,8%, which in this case corresponds to 41,34 kWh/m².

1. Introducción

En el desarrollo del proyecto Fondef D10 I 1025 "Establecimiento de clases de infiltración aceptables de edificios para Chile" se pudo identificar las discordancias que existen entre las distintas fuentes de información meteorológica disponibles en el país, tema que se reconoce central para la determinación de recomendaciones respecto del diseño de viviendas. En inicio del proyecto se analizaron datos desde el punto de vista de las infiltraciones, considerando diferencias en velocidades de viento y temperatura, al avanzar la investigación fue necesario evaluar la incidencia de los datos climáticos disponibles en simulaciones energéticas dinámicas de viviendas, las que se utilizarán para la definición de las clases de infiltración aceptables para el país, producto resultado que se entiende como el más relevante del proyecto. Se presenta en este artículo un análisis detallado de las implicancias que tiene la elección de una fuente de información meteorológica en los resultados de demanda energética de una vivienda como caso representativo.

1.1 Función e impacto del archivo climático sobre las simulaciones

Las estimaciones de las demandas de energía y su impacto en el medio ambiente interior, están determinadas por una serie de factores, los cuales actúan de distinta manera, impactando en la transferencia de energía y masa. Las tres principales fuentes pueden ser identificadas como:

- Ambiente exterior o clima (si nos referimos a construcciones, las principales variables que lo afectan son: temperatura del aire, temperatura del cielo radiante, humedad, radiación solar, velocidad del viento y dirección del viento).

- Los ocupantes causan ganancias ocasionales de calor por su metabolismo, el uso de electrodomésticos o aparatos de oficina, iluminación, etc.

- Sistema auxiliar que cumplen las funciones de calefacción, refrigeración y/o ventilación (Hensen, 1999).

El *modus operandi* más común en la realización de simulaciones es poner a prueba las posibles alternativas de diseño con los datos climáticos de corto período considerando la representación de las condiciones extremas o típicas (calor, frío y moderada), usualmente durante la etapa de diseño en un régimen de periodo corto. Las alternativas favorecidas son seleccionadas para ser sometidas a un régimen de simulación a largo plazo, por lo general anual, para determinar las tendencias de consumo de energía. En algunos casos se utilizan patrones atípicos del clima para probar la respuesta de algunos componentes bajo cargas extremas (HVAC). La selección de las series de tiempo climáticas, para proporcionar condiciones apropiadas para la simulación, requiere de un gran cuidado, es por ello que lo fundamental es la tipicidad de la colección de datos en relación con el clima que define el sitio en estudio. Por lo general se deben cumplir dos condiciones fundamentales:

- Los datos deben representar las condiciones climáticas durante el periodo en que se desea analizar (diseño de invierno, verano, media a largo plazo, y así sucesivamente).

- Los datos deben tener alguna medida de la severidad cuantificable que establezca su idoneidad para la selección.

2. Tipos de archivos climáticos

La selección de los archivos climáticos tiene directa relación con el tipo de análisis que se desea realizar, es por ello que antes de iniciar cualquier simulación hay que tener en cuenta qué parámetros se están estudiando y luego elegir el tipo de archivo climático, (ASHRAE, 1991). En el análisis de comportamiento para un año específico, el archivo climático que se debe utilizar sería el del año en que se está realizando la investigación. Para estudios comparativos del comportamiento energético a largo tiempo, el tipo de archivo más común es el del año típico (año promedio representativo de las condiciones climáticas).

Los archivos climáticos se han agrupado en tres categorías (Keeble, 1990):

- *Datos pluri-anual:* Archivo que contiene múltiples años de información.

- *Año típico:* Un año típico de referencia es un archivo compuesto por datos horarios seleccionados para representar los patrones climáticos que se encuentran en una base de datos que incluye varios años. Para que un archivo se considere como año típico depende si la base de datos de múltiples años, cumple con un conjunto de pruebas estadísticas.

- *Día representativo:* Son datos horarios de algunos días promedio desarrollados para representar las condiciones climáticas típicas. Los días representativos se utilizan para el análisis económico a pequeña escala y a menudo se encuentran en herramientas simples de simulación y diseño.

3. Formatos de archivos climáticos (año típico)

3.1 TMY

TMY es un acrónimo para typical meteorological year o año meteorológico típico, es un modelo desarrollado por Sandia National Laboratory y es uno de los métodos más aceptados para determinar un año típico. TMY (año típico) consiste en doce meses seleccionados a partir de una base de datos pluri-anual, donde cada mes tiene 5 candidatos para su elección, dicha elección se basa en un método estadístico llamado Finkeilstein Schafer (Lam, 1996). Los datos que incluye este formato son set de datos de valores horarios de radiación solar y elementos meteorológicos para un periodo de un año.

TMY2 es una actualización de los datos utilizados para el formato TMY, el cual considera los años 1952 y 1975, mientras que el TMY2 utiliza archivos desde 1961 y 1990, el método de cálculo es prácticamente el mismo (NREL, 3013).

Para TMY3 se renovaron los datos (1991-2005) y se modificó el método de cálculo de los TMM (typical medial month), a través de una variación de la metodología inicial, los cambios efectuados tienen relación con la modificación de algunas variables como la radiación directa y la temperatura de bulbo seco (Marion, 2008).

3.2 IWEC

Acrónimo para International Weather for Energy Calculation, es el resultado del proyecto de investigación ASHRAE 1015. Los archivos derivan de 18 años de datos meteorológicos por hora, los cuales fueron originalmente archivados en el Centro Nacional de Datos Climáticos (DATSAV3). (US Energy Department, 2011).

3.3 TRY

TRY (Test Reference Year), los datos de TRY son de una base real histórica de las condiciones meteorológicas, seleccionadas mediante un proceso en el que los años del período de registro contienen meses con temperaturas medias, muy altas o bajas, las cuales son eliminadas progresivamente hasta que sólo queda un año, dejando sólo datos de la temperatura media (Crawley, 1997).

4. Fuentes de archivos climáticos

Existen diferentes bases de datos meteorológicos, sugeridas por el departamento de energía de Estados Unidos que utilizan el formato que requieren los software de simulación energética, pero no todas tienen la información necesaria para poder ser aplicadas en Chile, a continuación se presentan las alternativas existentes para obtener archivos climático de Concepción.

4.1 Weather Analytics

Capaz de crear archivos climáticos en formato EnergyPlus a partir de los últimos 30 años de datos horarios de cualquier estación meteorológica oficial sobre más de 600.000 estaciones en una cuadrícula de 35 km en todo el mundo. Estos archivos se crean mediante la integración de las observaciones de la estación meteorológica cada hora y los nuevos conjuntos de datos de reanálisis del NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Capaz de crear tanto los TMY y los archivos individuales reales de un año meteorológico (AMY). Costo \$75 USD para un archivo TMY, basado en un registro de 30 años (Analyticsweather, 2013).

4.2 EERE

El departamento de energía de US cuenta con 5 archivos climáticos de Chile, incluyendo Concepción, generados por la ASHRAE en formato IVEC y son gratuitos para su descarga (US Energy Department, 2011).

4.3 Meteonorm

Meteonorm es una base de datos inusual en comparación con las otras bases de datos anteriormente mencionadas, fue producido por METEOTEST, una empresa privada a diferencia de las mencionadas anteriormente que pertenecen comúnmente a agencias gubernamentales, instituciones educativas o instituciones sin fines de lucro (Meteonorm, 2010). Como tal, Meteonorm está diseñado con mejores propiedades en comparación con otras bases de datos mencionadas. A pesar de que es una estación con bases en tierra, emplea un método de interpolación espacial para generar la base de datos de cobertura más grande del mundo. El programa crea datos horarios a partir de datos estadísticos de una ubicación que cuenta con una estación meteorológica. Cuando los datos estadísticos no están disponibles, Meteonorm interpola la información de otros lugares cercanos. En general, un enfoque estadístico es el último recurso ya que los archivos climáticos generados a partir de estadísticas no demuestran fehacientemente los cambios hora a hora y la variabilidad del día a día que se ven en los datos medidos (Energyplus, 2008.).

Meteonorm toma una parte significativa de los datos regionales y nacionales meteorológicos y compila en una sola base de datos elaborada de todo el mundo. Los parámetros meteorológicos incluidos son también muy completos, por lo que está a la par con TMY, IVEC, y la NASA SSE.

Un inconveniente es que reciben datos de todo el mundo, lo que implica que viene con diferentes supuestos y metodologías.

5. Comparación (IVEC, METEONORM, TIGO)

5.1 Archivo IVEC de Concepción

El archivo climático fue obtenido desde la página de EERE, donde se explica que el

archivo proviene de la ASHRAE en formato EPW, (EnergyPlus weather files).

EERE es una de las bases de datos más solicitadas, ya que su librería de climas está incluida en una gran cantidad de herramientas de simulación ambiental, entre ellos Designbuilder, IES-ve, Greenbuilding, Beopt, Heed, Aeco Simulator, Energyplus, Greenspace y Designadvisor entre otros.

El archivo de Concepción cuenta con una base de datos desde 1982 a 1999, la información que entrega es bastante detallada en casi todos los factores climáticos que presenta.

A través de las entrevistas realizadas a oficinas de arquitectura con orientación en la eficiencia energética se pudo establecer que es una fuente poco utilizada en Chile, ya que la mayoría presentó desconocimiento de la base de datos de la EERE y de las que lo conocían sólo una oficina la utilizaba.

5.2 Archivo de Concepción generado en Meteonorm

El software METEONORM fue desarrollado por Jan Remund y Stefan Kunz de Meteotest - Suiza – quienes contaron con financiamiento parcial de la Oficina Federal de Energía de Suiza.- La versión actualmente disponible es la 7.0 y está vigente desde fines de 1997 (Rapallini, s.f.).

Para crear el archivo se utilizó Meteonorm 5.1, una versión antigua, que se encuentra descontinuada, que data del año 2004.

Al estudiar los datos del archivo climático creado no es posible establecer cuáles son los años que fueron utilizados para la creación de dicho archivo, a pesar de que Meteonorm no debiera extrapolar los datos ya que se solicitaron desde una estación meteorológica. La información contenida en el archivo en muchos factores tiende a disminuir la cantidad de valores posibles (como es en el caso de la dirección del viento) o a establecer un valor fijo (como es la presión atmosférica y de las iluminancias directas y difusas).

En las entrevistas realizadas se pudo concluir que el Meteonorm es la fuente más utilizada por especialistas en Chile.

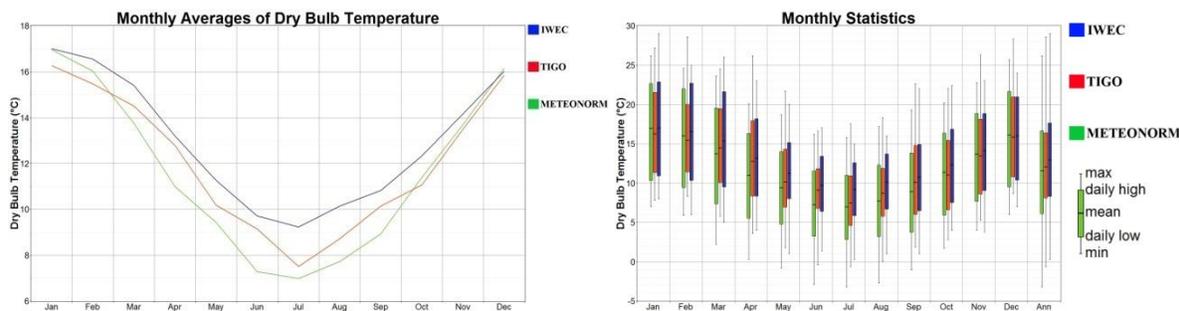


Figura 1: (Izq.) Temperatura promedio mensual para la ciudad de Concepción. (Der) Dispersión de datos de temperatura de bulbo seco para la ciudad de Concepción.
 Figure 1: (L) Average monthly temperature of Concepción, Chile. (R) Box-plot graph of dry bulb temperature in Concepción, Chile.

5.3 Archivo climático a partir de datos obtenidos del Observatorio Geodésico TIGO

Es el acrónimo de Observatorio Geodésico Integrado Transportable, una estación fundamental transportable de geodesia, una idea del Grupo de Investigación Alemán para Geodesia Satelital (Forschungsgruppe Satellitengeodäsie (FGS)), la cual fue llevada a la práctica por la Oficina Federal para Cartografía y Geodesia (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)), desde la firma del convenio para la colaboración en la operación de TIGO en Concepción (TIGO, 2010).

TIGO cuenta con una página web en la cual se puede acceder a datos climáticos históricos de Concepción, desde el 2001 (por minuto, horarios, mensuales y anuales).

Hasta el momento se desconoce si se ha realizado un archivo climático con estos datos para ser utilizados en software de simulaciones de comportamiento termoenergético.

6. Resultados de la comparación

Como se muestra en la figura 1 los datos de temperatura de TIGO resultan ser, en la mayor parte del año, una muestra intermedia entre IWECC y Meteonorm. La desviación de temperatura anual entre TIGO y Meteonorm es de un 3,47°C, entre TIGO e IWECC es de un 4,9°C.

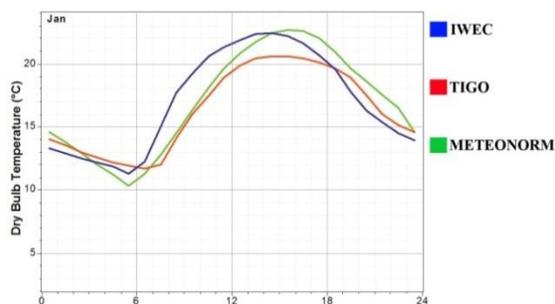


Figura 2: Promedio de temperatura horaria para el mes de enero.
 Figure 2: Average hourly temperature in January.

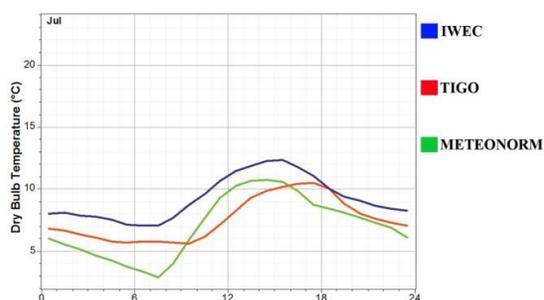


Figura 3: Promedio de temperatura horaria para el mes de julio.
 Figure 3: Average hourly temperature in January.

Según las comparaciones de temperatura promedio mensual de enero y julio (Figuras. 2 y 3) se observa que existe una discrepancia importante con los datos de TIGO, en el caso de enero tanto Meteonorm como el archivo IWECC presentaron variaciones similares, en cambio para el caso de julio Meteonorm presenta mayores temperaturas, mientras que

IWEC en sus datos de temperaturas mínimas arrojó datos más extremos que los obtenidos con TIGO.

En el caso de la humedad relativa los datos de Meteonorm e IWEC tienden a presentar una curvatura similar sugiriendo que en los meses de calor la humedad relativa el 80%, mientras que TIGO no baja de ese valor (Figura 4).

Este factor es un valor sensible en las simulaciones, y es uno de los que mayor discrepancias presenta entre las diferentes fuentes, en el caso de TIGO no supera 1 m/s como promedio mensual, mientras que los datos de IWEC son extremos con respecto a éste, sugiriendo una velocidad de 3,5 m/s. otra lectura importante es que los datos de Meteonorm como de IWEC señalan que la velocidad promedio de los vientos sería mayor entre noviembre y enero.

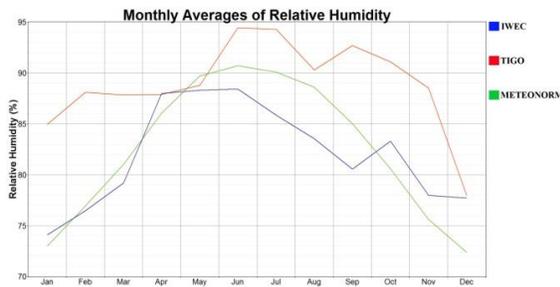


Figura 4: Humedad relativa promedio mensual para Concepción, comparación de datos.
Figure 4: A comparison of average monthly relative humidity in Concepción.

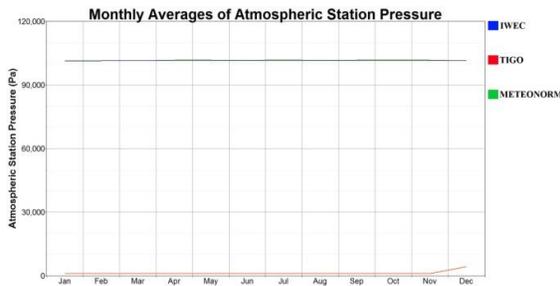


Figura 5: Presión atmosférica promedio mensual para Concepción, comparación de datos.
Figure 5: A comparison of average monthly barometric pressure in Concepción.

La dirección de los vientos sugiere una lectura similar entre los 3 tipos de archivos

climáticos en cuanto a la curva, como se puede ver en la figura 7, indicando que durante el invierno los vientos predominantes tienden a venir desde el norte mientras que el resto del año sería del sur-oeste.

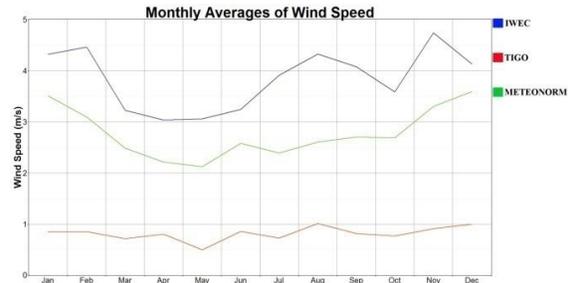


Figura 6: Velocidad del viento para Concepción, comparación de datos.
Figure 6: A comparison of average monthly wind velocity in Concepción. Data comparison.

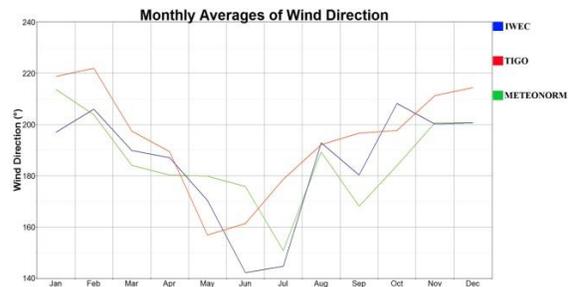


Figura 7: Dirección del viento para la ciudad de Concepción, comparación de datos.
Figure 7: A comparison of average monthly wind direction in Concepción. Data comparison.

7. Comparación de los archivos climáticos IWEC y Meteonorm

Debido a que hay datos que TIGO no tiene, algunas características no se pueden comparar, entre ellas la radiación solar, por lo que la comparación solo se realizó entre IWEC y Meteonorm.

El gráfico en la figura 8 muestra la radiación directa acumulada durante el año, señalando que la diferencia entre archivos climáticos es de un 10,6%.

La radiación horizontal difusa acumulada durante el año presenta los valores inversos que en el gráfico anteriormente descrito, presentando una diferencia de un 8,6%.

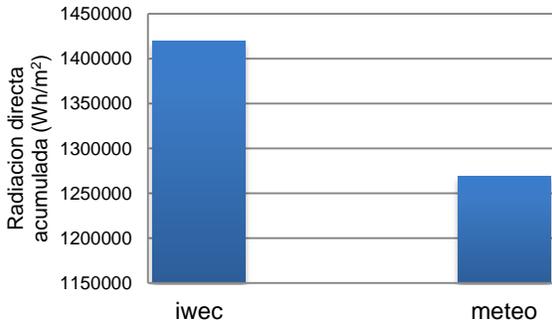


Figura 8: Radiación directa acumulada Wh/m².
Figure 8: Direct accumulated radiation Wh/m².

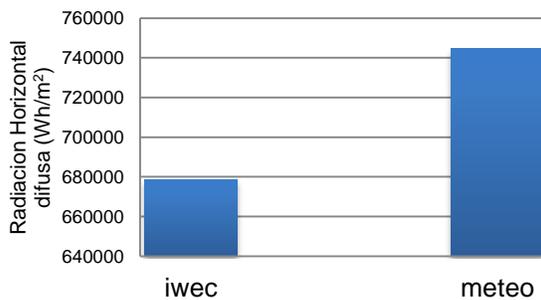


Figura 9: Radiación horizontal difusa Wh/m².
Figure 9: Diffuse radiation Wh/m².

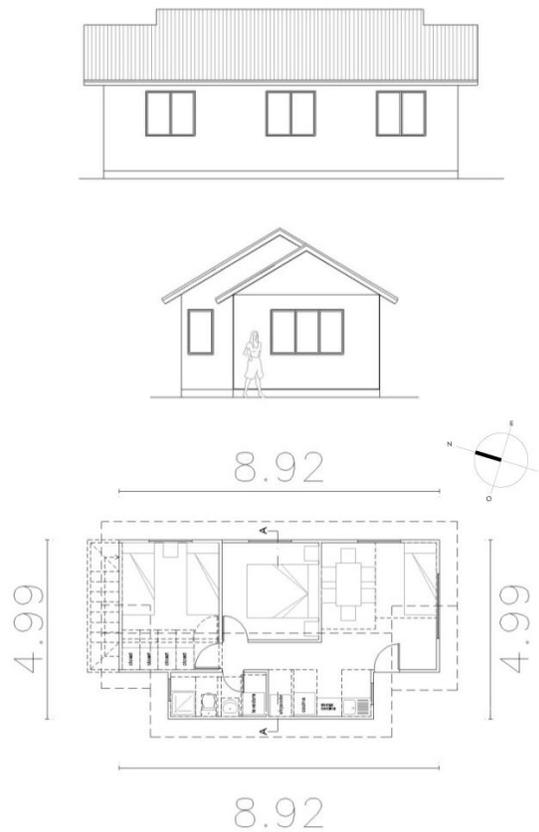


Figura 10: Vivienda en estudio.
Figure 10: Study dwelling.

Se pudo constatar cuales de estos aspectos climáticos tenían impacto directo en las simulaciones en TAS, las que son radiación global, radiación difusa, nubosidad, temperatura de bulbo seco, humedad, dirección del viento y velocidad del viento. El resto de las variables no son incluidas, a pesar de ello se consideran importante otros factores que sí podrían afectar los resultados como la dirección del viento para el cálculo de pérdidas por infiltración y ventilación.

7.1 Tabla de contenidos en el archivo climático

En la tabla 1 se encuentran todas las variables climáticas que se presentan en un archivo climático para simulación térmica, señalando con azul los datos que varían por hora el archivo y con rojo los datos anuales, es decir un mismo valor se repite durante todo el año.

8. Simulaciones realizadas

Para comparar el impacto de cada fuente climática en las simulaciones se realizó una prueba, para el ejercicio se modeló una vivienda de albañilería de un piso de 40 m², se estableció el rango de confort entre 18 y 24°C. Para el estudio se utilizó el software TAS de la compañía EDSL.

Los resultados mostraron una diferencia de 41,34 kWh/m² año que equivale a una desviación de un 24,8%.

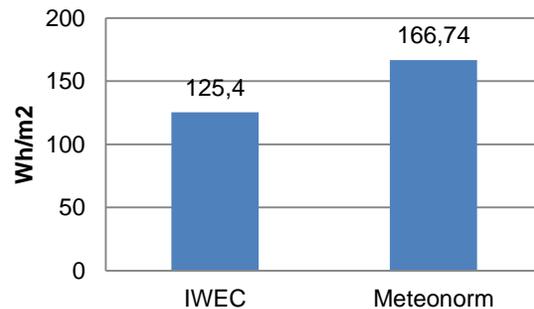


Figura 11: Demanda energética anual.
Figure 11: Annual energy demand.

Tabla 1: Comparación de datos que incluye cada formato.
Table 1: Comparison of data including each format.

	TIGO	Meteonorm	IWEC
Temperatura de bulbo seco / Dry Bulb Temperature			
Temperatura de punto de rocío / Dew Point Temperature			
Humedad Relativa / Relative Humidity			
Presión Atmosférica / Atmospheric Pressure			
Radiación horizontal extraterrestre / Extraterrestrial Horizontal Radiation			
Radiación extraterrestre normal directa / Extraterrestrial Direct Normal Radiation			
Intensidad de radiación horizontal infrarroja procedente del cielo / Horizontal Infrared Radiation Intensity from Sky			
Radiación Horizontal Global / Global Horizontal Radiation			
Radiación directa normal / Direct Normal Radiation			
Radiación horizontal difusa / Diffuse Horizontal Radiation			
Iluminancia global horizontal / Global Horizontal Illuminance			
Iluminancia directa normal / Direct Normal Illuminance			
Iluminancia difusa horizontal / Diffuse Horizontal Illuminance			
Luminancia del zenith / Zenith Luminance			
Dirección del viento / Wind Direction			
Velocidad del viento / Wind Speed			
Cielo cubierto total / Total Sky Cover			
Cielo cubierto opaco / Opaque Sky Cover			
Visibilidad / Visibility			
Altura de cielo / Ceiling Height			
Observación del Clima Presente / Present Weather Observation			
Códigos climáticos Presentes / Present Weather Codes			
Agua de Precipitación / Precipitable Water			
Profundidad Óptica de Aerosol / Aerosol Optical Depth			
Intensidad de Nieve / Snow Depth			
Días desde la Última Nevazón / Days Since Last Snow			
Albedo / Albedo			
Intensidad de Precipitación Líquida / Liquid Precipitation Depth			
Cantidad de Precipitación Líquida / Liquid Precipitation Quantity			

Tabla 2: Supuestos de modelación.
Table 2: Simulation assumptions.

Elemento	Materialidad espesor (mm)	Densidad kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m K)	Calor específico J/(kg K)	Transmitancia Térmica W/m ² °C
Muro	estuco (2)	2000	2.49	1088	2.39
	ladrillo (140)	1400	0.6	840	
Piso	radier (100)	2400	1.63	920	4.32
Entrepiso	yeso cartón 10)	700	0.26	840	1.91
	madera	410	0.104	1088	
Cielo	yeso cartón (10)	700	0.26	840	0.48
	poliestireno (80)	20	0.043	1700	
Techo	plancha de zinc	700	113	390	5.88

9. Discusión y futuras investigaciones

Las grandes diferencias entre las bases climáticas comparadas plantean un grado de incertidumbre importante a la hora de realizar evaluaciones energéticas, es conocido que el clima es un factor importante en la veracidad de los resultados, no obstante Chile no cuenta con otro medio para realizar estos estudios en zonas donde no se encuentra dicha información. En el caso de datos estadísticos sólo se encuentran los datos climáticos de la EERE para cinco localidades, lo cual es insuficiente, incluso para representar la cantidad de climas que existen en Chile, el único medio para obtenerlos es Meteonorm por medio de la interpolación de datos de ciudades cercanas, lo cual es un riesgo ya que la calidad de los datos está relacionada con la similitud de los datos interpolados, en el caso de Chile las distancias entre ciudades en el norte son sobre los 500 kilómetros.

Para realizar la verificación de los datos interpolados de Meteonorm se comparan con datos mensuales estadísticos, los cuales se pueden obtener de la norma chilena NCh1079 Of.2008, en la cual figuran valores mensuales (temperatura, humedad, precipitaciones, radiación global, horas de sol, promedio de días con nieve, dirección y velocidad de viento) para una gran cantidad de localidades en Chile y los que son considerados como los valores oficiales.

Con tal de tener una aproximación de la calidad de los datos interpolados se enfrentaron resultados del archivo generados en Meteonorm y los datos de la norma.

10. Conclusiones

A pesar de que los datos obtenidos por TIGO son de un año específico (2011) y que su comparación con los datos de un archivo de año típico no son aplicables, ya que éstos predicen el comportamiento del clima a largo plazo (usualmente durante 30 años), nos sirven para tener una idea de cuánto es la desviación de los datos, de las fuentes IWECC y Meteonorm; frente a esto, ambos presentaron diferencias importantes, en todas las variables estudiadas.

La radiación directa modificada presentó una variación de un 10,6% y la radiación

horizontal difusa una variación de un 8,6%. La temperatura media anual, presenta una variación de 10,6% y la velocidad del viento un 27,8%.

La comparación realizada con los archivos climáticos de los años típicos (IWECC y Meteonorm) muestra una gran diferencia entre ellos, especialmente en los factores más sensibles que impactan en las simulaciones de vivienda que según Purdy y Beausoleil-Morrison (2001) son la temperatura, velocidad del viento y radiación.

Otro factor importante fue la cantidad de datos horarios presentes en los archivos, donde IWECC tiene datos más completos. Cabe destacar que Meteonorm (5.1) no especifica los años que considera ni tampoco la fuente de dónde obtiene los datos y cómo los calcula, por lo que queda la duda si realizó una interpolación o se basó en datos estadísticos.

Se sugiere que el archivo más fehaciente frente a los resultados sería el archivo IWECC, debido a la robustez de sus datos y por el origen del archivo (ASHRAE), que está validado. Además, ha sido considerado en investigaciones anteriores, enfrentado a una gran variedad de fuentes climáticas (MY2/SAMSON/NSRDB/CWEC/CWEEDS) detectándose que es el más completo, a pesar de contar sólo con 19 años de medición (Crawley, 2007a). Hay que tomar en consideración que se trata de una base de datos sin actualizar (1998) y que sus resultados podrían afectar la predicción de una simulación, ya que en la actualidad los escenarios climáticos más ampliamente aceptados pronostican un aumento de entre 1 y 3,5°C para las temperaturas medias globales anuales (Crawley, 2007b). Es por ello que es importante poner al día esta información.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto Fondef d1011025 "Establecimiento de clases de infiltración aceptable de edificios para Chile".

Referencias Bibliográficas

- Analyticweather. (2013) *weather analytics*. Revisado el 02 ago. 2013 en: <http://www.weatheranalytics.com/index.html>.
ASHRAE (2009) *Handbook of Fundamentals*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc..

- Crawley, D. B., Huang, Y. J. (1997) Does It Matter Which Weather Data You Use in Energy Simulations? *Proceedings of ASHRAE 1998 TRANSACTIONS 104 Part 2*. 1997.
- Crawley, D. B. (2007a) Creating weather files for climate change. *Proceedings of the Buildings Simulation 2007, IBPSA, Beijing, China*. Washington, September 3-6 2007.
- Crawley, D. B.(2007b) Impact of climate change on buildings. *Proceedings of the CIBSE/ASHRAE international conference*. Edinburgh, Escocia.
- Energyplus; Energyplus helpdesk.(2008) *What should I be aware of when using Meteornorm weather files?* Revisado el 24 oct 2013 en : Energyplus<http://energyplus.helpserve.com/index.php?/Knowledgebase/Article/View/4>.
- Hensen, J.(1999) Simulation of building energy and indoor environmental quality – some weather data issues. En *Proceedings of the International Workshop on Climate Data and their Applications in Engineering*, Praga, República Checa, Hydrometeorological Institute.
- Lam, J.,Hui, S. y Chan, A.(1996). A statistical approach to the development of a typical meteorological year for Hong Kong. *Architectural Science Review*, 39 (4), 201-209. DOI:10.1080/00038628.1996.9696818 Marion, S.
- Wilcox and W. Manual de usuario para TMY3. 2008. National Renewable Energy Laboratory; Renewable Resource Data Center. (2013) User's Manual for TMY2s. Revisado el 24 oct.2013 en : <http://rredc.nrel.gov/solar/pubs/tmy2/overview.html#method>
- Observatorio Geodésico Integrado Transportable TIGO. (2010). Revisado el 10 sept. 2013 en: http://www.wettzell.ifag.de/tigo/s/tigo_s/node1.html.
- Purdy, J., Beausoleil-Morrison, I.(2001). The significant factors in modelling residential buildings. *In Seventh International IBPSA Conference*, Rio de Janeiro, Brazil.
- Rapallini, A., Yarke E. (2000) *La utilización del programa Meteornorm para generar la base de datos Meteorológicos que requiere la adaptación del Energy-10 para la Argentina*. Buenos Aires.
- US Energy Department; Energy Efficiency and Renewable Energy. (2011). *Building Energy Software Tools Directory*. Revisado el 24 oct. 2013 en: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/software.cfm/ID=369/pagename=alpha_list.

Recibido: 29|10|2012
Aceptado: 21|11|2013