# Hterm 3.0

## Guía de Usuario

Aplicación elaborada por:

Universidad de la República - Uruguay

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo Instituto de la Construcción Departamento de Clima y Confort

Facultad de Ingeniería Instituto de Ingeniería Eléctrica Departamento de Control y Electrónica Industrial

Con la financiación de:

Ministerio de Industria, Energía y Minería Fideicomiso Uruguayo de Ahorro y Eficiencia Energética









Software Hterm Montevideo, 5 de Diciembre de 2016

## Contenido

| Alcance  |
|--|
| Símbolos y unidades                              |
| Entorno visual 4                                 |
| Condiciones de cálculo                           |
| Conformación de un cerramiento nuevo5            |
| Crear nueva lista de materiales5                 |
| Cargar lista de materiales5                      |
| Seleccionar un material5                         |
| Ingreso de nuevo material6                       |
| Conversión de unidades                           |
| Guardar material                                 |
| Modificación del orden de capas del cerramiento8 |
| Sustituir capa                                   |
| Duplicar capa                                    |
| Borrar capa                                      |
| Guardar un cerramiento                           |
| Abrir un cerramiento guardado8                   |
| Edición de condiciones de cálculo9               |
| Selección de tipo de cerramiento9                |
| Selección de localidad9                          |
| Cálculo de resultados 10                         |
| Tabla10  |
| Gráficas11                                       |
| Estudio de condensaciones11                      |
| Variación de temperatura superficial11           |
| Exportar resultados                              |
| Bibliografía11                                   |

## Alcance

El programa HTerm se utiliza para la evaluación higrotérmica de cerramientos opacos. El programa calcula el riesgo de ocurrencia de condensaciones superficiales e intersticiales a partir de las temperaturas de las capas y temperaturas de rocío. El programa también arroja resultados de transmitancia y capacidad térmica, incluyendo en ésta nueva versión el cálculo de retardo y amortiguación térmica del cerramiento planteado.

| Símbol | l <mark>os y un</mark> | idades |
|--------|------------------------|--------|
|--------|------------------------|--------|

| Símbolo        | Magnitud  |                           |  |
|----------------|---|---------------------------|--|
| е              | Espesor   | mm                        |  |
| ρ              | Densidad  | kg/m <sup>3</sup>         |  |
| М              | Masa  | kg/m <sup>2</sup>         |  |
| λ              | Conductividad térmica   | W/(m.K)                   |  |
| C <sub>p</sub> | Calor específico  | J/(kg.K)                  |  |
| R              | Resistencia térmica   | m <sup>2</sup> .K/W       |  |
| CTm            | Capacidad térmica media   | kJ/(m <sup>2</sup> .K)    |  |
| U              | Transmitancia térmica   | W/(m².K)                  |  |
| $\delta_{p}$   | Permeabilidad al vapor de agua respecto a la presión parcial de vapor             | kg/(m.s.Pa)               |  |
| Z <sub>p</sub> | Resistencia a la difusión de vapor de agua respecto a la presión parcial de vapor | m <sup>2</sup> .s.Pa/kg   |  |
| W <sub>p</sub> | Permeancia al vapor de agua respecto a la presión parcial de vapor                | kg/(m <sup>2</sup> .s.Pa) |  |
| μ              | Factor de resistencia al vapor de agua  | -                         |  |
| s <sub>d</sub> | Espesor de capa de aire equivalente a la difusión de vapor de agua                | m                         |  |
| t              | Temperatura   | °C                        |  |
| HR             | Humedad relativa  | %                         |  |

#### **Subíndices**

| Subíndice | Concepto            |  |  |  |
|-----------|---------------------|--|--|--|
| е         | aire exterior       |  |  |  |
| i         | aire interior       |  |  |  |
| m         | media               |  |  |  |
| S         | superficie          |  |  |  |
| r         | rocío               |  |  |  |
| se        | superficie exterior |  |  |  |
| si        | superficie interior |  |  |  |

## **Entorno visual**



Figura 1. Entorno visual de Hterm 3.0

#### **Referencias:**

- 1 Ventana Base de Datos de Materiales
- 2 Ventana Capa/Material
- 3 Ventana Conformación del cerramiento
- 4 Edición de Condiciones de Cálculo
- 5 Resultados
- 6 Gráfica de Estudio de condensaciones
- 7 Gráfica de Variación de temperatura superficial

## Condiciones de cálculo

Los cálculos son realizados según lo indican las normas UNIT-ISO 13788:2012 (adopción 2015) y UNIT-ISO 13786:2007 (adopción 2009).

Los valores de temperatura y humedad exterior fueron obtenidos de los datos base del Año Meteorológico Típico, desarrollado por el Laboratorio de Energía Solar, de la Universidad de la República<sup>1</sup>.

Las condiciones del ambiente interior se establecen en 18°C de temperatura del aire y 80% de humedad relativa, correspondiendo este último a una higrometría de clase 3, nivel superior, según norma UNIT-ISO 13788:2012. En caso de querer estudiar otras condiciones, el programa permite modificar estos valores.

## Conformación de un cerramiento nuevo

Para estudiar un cerramiento se deberán ingresar los materiales que lo componen comenzando por el material hacia el interior del local y siguiendo con el orden de los materiales hacia el exterior. Los materiales pueden ser seleccionados de la **Base de Datos de Materiales**<sup>2</sup> del programa o se pueden ingresar materiales nuevos, los cuales pueden ser guardados en una base de datos personal.

#### Crear nueva lista de materiales

Para crear una nueva lista de materiales, ir al menú **Archivo** y seleccionar **Crear nueva lista de materiales.** Se creará un archivo con extensión *.materiales*, que se debe guardar en la misma carpeta que el archivo ejecutable (*.exe*) de Hterm 3.0. Esto permite crear una base de datos personal de materiales, que deberá cargarse en cada archivo que se requiera.

#### Cargar lista de materiales

Para cargar una lista de materiales existente ir al menú **Archivo** y seleccionar **Cargar lista de materiales.** Seleccionar la base de datos que corresponda (*.materiales*) y estos materiales se cargarán al final de la lista de Materiales bajo el titulo **Materiales Cargados**.

#### Seleccionar un material

Para agregar un material al cerramiento se deberá seleccionar de la tabla que aparece en la izquierda de la pantalla en la ventana **Base de Datos de Materiales** haciendo click izquierdo sobre él. Seleccionando un material podrán visualizarse sus propiedades higrotérmicas en la ventana **Capa/Material**. Para cargar el material a la ventana **Conformación del cerramiento** puede hacerse doble click sobre el mismo desde la ventana **Base de Datos de Materiales** o presionar **Agregar capa** en la ventana **Conformación del cerramiento**, estableciéndolo como

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Alonso-Suárez R., Bidegain, M., Abal, G., Modernell, P. Año Meteorológico Típico para Aplicaciones de Energía Solar (AMTUes): series horarias típicas para 5 sitios del Uruguay. Memoria Técnica del LES/UdelaR, versión 2.3, abril de 2016. Disponible en:

http://www.dne.gub.uy/documents/112315/8409189/MT-AMTU.pdf

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Los datos proporcionados en esta tabla fueron obtenidos de normas nacionales e internacionales.

capa del cerramiento. Una vez seleccionado el material, se deberá ingresar el espesor correspondiente en milímetros.

#### Cámaras de aire

<u>Cámara de aire muy ventilada</u>. Cuando la cámara de aire es muy ventilada, no se considera para los cálculos ni tampoco los materiales que existen entre ésta y el exterior. Una cámara de aire se considera muy ventilada cuando tiene aberturas al ambiente exterior mayores o iguales a:

- 1500 mm<sup>2</sup> por metro de longitud (en dirección horizontal) para capas de aire verticales
- 1500 mm<sup>2</sup> por metro cuadrado de área superficial para capas de aire horizontales

Nota: el área total de aberturas debe distribuirse en partes iguales entre la parte inferior y la superior de la cámara para generar entrada y salida de aire.



Figura 2. Ejemplo de dimensiones para considerar una cámara de aire muy ventilada.

#### Ingreso de nuevo material

Para ingresar un nuevo material, en la ventana **Capa/Material** se debe presionar el botón **Nuevo Material.** Esta acción hará que se borren todos los datos en caso de haber un material precargado en dicha ventana.

Se deberán completar los datos en orden <u>de izquierda a derecha</u>, comenzando por tipo, subtipo, nombre de material y teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

 <u>Material homogéneo</u>. Para este tipo de materiales se deberán ingresar los datos de espesor, densidad, conductividad térmica, calor específico y <u>uno de los siguientes datos</u>: permeabilidad al vapor de agua, resistencia a la difusión del vapor de agua, permeancia al vapor de agua o factor de resistencia al vapor de agua, en las unidades indicadas.

- <u>Material heterogéneo</u> (con huecos). Para este tipo de materiales se deberá ingresar los datos de espesor, masa, resistencia térmica, capacidad térmica media y <u>uno de los</u> <u>siguientes datos</u>: permeabilidad al vapor de agua, resistencia a la difusión del vapor de agua, permeancia al vapor de agua o factor de resistencia al vapor de agua, en las unidades indicadas.
- Por la interdependencia entre las variables utilizadas para el cálculo, es fundamental respetar el orden de ingreso de datos de izquierda a derecha, según indicaciones mencionadas más arriba para cada tipo de material. Antes de realizar el cálculo, se debe verificar que los datos ingresados manualmente sean los mismos que se muestran en la ventana Conformación del cerramiento. El programa completará automáticamente los valores no ingresados que sean necesarios para el cálculo.

Nota: Para permeancia al vapor de agua, permeabilidad al vapor de agua y resistencia a la difusión del vapor de agua, los valores se expresan en notación científica. Ejemplo, para un valor de permeabilidad de  $3x10^{-12}$ , se debe ingresar 3E-12.

IMPORTANTE: Existen materiales con un factor de resistencia al vapor de agua ( $\mu$ ) infinito, para realizar los cálculos a estos materiales se les asigna un valor de  $\mu$  igual a 10<sup>6</sup>. Por lo tanto, todo material nuevo que se ingrese con un valor de  $\mu$  igual o mayor a 10<sup>6</sup>, se considerará como impermeable al vapor de agua.

Conversión de unidades - Si el dato de permeabilidad al vapor de agua del material se encuentra en otras unidades que no sean las que el programa solicita, en el menú Ayuda > Conversor unidades, se encuentra disponible un conversor de unidades basado en la siguiente tabla:

|                                     | Kg<br>m. s. Pa              | g<br>m.h.mmHg              | g<br>m.s.bar              | g. cm<br>m². dia. mmHg   | gn. in<br>ft². h. inHg     |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Kg<br>m. s. Pa                      | 1                           | 479.96 x 10 <sup>6</sup>   | 10 <sup>8</sup>           | 1.1519 x 10 <sup>2</sup> | 0.68823 x 10 <sup>12</sup> |
| g<br>m.h.mmHg                       | 2.0835 x 10 <sup>-9</sup>   | 1                          | 0.20835                   | 2400                     | 1433.9                     |
| g<br>m.s.bar                        | 10 <sup>-8</sup>            | 4.7996                     | 1                         | 11519                    | 6882.3                     |
| g. cm<br>m <sup>2</sup> . dia. mmHg | 0.86813 x 10 <sup>-12</sup> | 0.4167 x 10 <sup>-3</sup>  | 86.813 x 10 <sup>-6</sup> | 1                        | 0.59747                    |
| gn. in<br>ft <sup>2</sup> . h. inHg | 1.453 x 10 <sup>-12</sup>   | 0.69738 x 10 <sup>-3</sup> | 0.1453 x 10 <sup>-3</sup> | 1.6737                   | 1                          |

Tabla 1. Tabla de conversión de unidades para la permeabilidad al vapor de agua.

Una vez completados todos los datos del nuevo material, éste podrá ser guardado en la base de datos personalizada.

#### **Guardar material**

Para guardar un material se presiona en **Guardar material**, teniendo en cuenta que el nombre no puede estar repetido en la misma base de datos. Si no se ha cargado una base de datos personal de materiales, se despliega una ventana y se deberá seleccionar **Cargar** o **Crear nuevo**. Esta última opción permitirá crear una nueva base de datos de materiales (*.materiales*) que aparecerá al final de la lista de Materiales bajo el titulo **Materiales Cargados**. El material nuevo aparecerá bajo la clasificación con la que fue creado.

#### Modificación del orden de capas del cerramiento

Si se desea modificar el orden de las capas en la ventana **Conformación del cerramiento**, se deberá seleccionar la capa correspondiente, pincharla con el *mouse* y arrastrarla a su nueva ubicación.

#### Sustituir capa

Para sustituir una capa debe cargarse el material que se desea incorporar al cerramiento en la ventana **Capa/Material** seleccionar la capa a sustituir de la ventana **Conformación del cerramiento** y presionar **Sustituir Capa**.

#### **Duplicar capa**

Para duplicar una capa existente debe seleccionarse en la ventana Conformación del cerramiento y presionar en **Duplicar capa**.

#### Borrar capa

Para borrar una capa debe seleccionarse la capa en la ventana **Conformación del cerramiento** y presionar **Borrar Capa**.

#### Guardar un cerramiento

Para guardar un cerramiento creado, seleccionar **Guardar Cerramiento** del menú desplegable Archivo. La extensión del archivo es *.muro* 

#### Abrir un cerramiento guardado

Para abrir un cerramiento guardado, seleccionar **Cargar Cerramiento** del menú desplegable Archivo. Se muestran únicamente los archivos con extensión *.muro* 

## Edición de condiciones de cálculo

Las condiciones de temperatura y humedad establecidas en base al Año Meteorológico Típico y a la norma UNIT-ISO 13788:2012, pueden editarse manualmente. Debe tenerse en cuenta que al editar manualmente estos valores se estará realizando el cálculo **Fuera de Norma** como se establece en la advertencia que el software emite.

Los valores de resistencia térmica superficial son los indicados en la norma de referencia y no se pueden editar. El cálculo utiliza los siguientes valores de resistencias térmicas superficiales:

Para estudio de riesgo de condensaciones:

R<sub>si</sub>=0.25 m<sup>2</sup>.K/W R<sub>se</sub>=0.04 m<sup>2</sup>.K/W

Para cálculo de transmitancia térmica:

 $R_{si}$ =0.13 m<sup>2</sup>.K/W para cerramientos verticales  $R_{si}$ =0.10 m<sup>2</sup>.K/W para cerramientos horizontales

R<sub>se</sub>=0.04 m<sup>2</sup>.K/W

#### Selección de tipo de cerramiento

Seleccionar si el tipo de cerramiento es Horizontal o Vertical. Si el techo es inclinado, hasta un ángulo de 30º respecto a la horizontal, se considera horizontal.

#### Selección de localidad

Se deberá seleccionar la zona térmica a la que pertenece la localidad para la cual se realiza el estudio del cerramiento, según el criterio de división establecido por la norma UNIT 1026:1999. Se proporciona imagen de la zonificación climática de Uruguay, disponible en el menú **Ayuda > Mapa Zonas Climáticas**.



Figura 3. Mapa de zonificación climática de Uruguay, según norma UNIT 1026:99.

## Cálculo de resultados

Una vez ingresados todos los materiales que conforman el cerramiento con los datos necesarios, se presiona el botón **Calcular** para calcular y graficar los resultados.

Se obtienen los resultados del cerramiento:

- Transmitancia térmica W/(m<sup>2</sup>.K)
- Capacidad térmica kJ/(m<sup>2</sup>.K)
- Masa kg/m<sup>2</sup>
- Espesor m
- Factor de amortiguación adimensional
- Retardo térmico horas

#### Tabla

La tabla a la izquierda de la pantalla indica los valores de temperatura de rocío y temperatura de cada plano que conforma el cerramiento. Se entiende por plano, cada cara de un material, correspondiendo el primer plano a la cara interior del cerramiento.

#### Gráficas

Se presentan dos gráficas. La ubicada a la izquierda corresponde al estudio de condensaciones y hacia la derecha se representa la variación de temperatura superficial en régimen dinámico.

Estudio de condensaciones - Se presenta un corte del cerramiento y sobre él se grafican los valores de temperatura de planos y temperatura de rocío. Se marca la zona donde existe riesgo de ocurrencia de condensaciones, en caso de existir.

Variación de temperatura superficial - Sobre un eje horario, se representa la variación de temperatura superficial exterior e interior, para un ciclo diario.

#### **Exportar resultados**

Los resultados obtenidos pueden exportarse en formato PDF seleccionando **Exportar Resultados** en el menú desplegable Archivo.

## Bibliografía

Alonso-Suárez R., Bidegain, M., Abal, G., Modernell, P. Año Meteorológico Típico para Aplicaciones de Energía Solar (AMTUes): series horarias típicas para 5 sitios del Uruguay. Memoria Técnica del LES/UdelaR, versión 2.3, abril de 2016. Disponible en: http://www.dne.gub.uy/documents/112315/8409189/MT-AMTU.pdf.

- UNIT 1026:1999. Aislamiento térmico de edificios. Zonificación climática.
- UNIT 1150:2010. Desempeño térmico de los edificios de uso residencial. Diseño de la envolvente. Parámetros y guía para el cálculo.
- UNIT 1158:2007 Muros y mampuestos para muros. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto.
- UNIT-ISO 6946:2007 Componentes y elementos de los edificios Resistencia térmica y transmitancia térmica Método de cálculo.
- UNIT ISO-10456:2007 Materiales y productos para edificación Propiedades higrotérmicas Valores de diseño tabulados y procedimientos para determinar los valores térmicos de diseño y declarados.
- UNIT-ISO 12572:2001 Características higrotérmicas de los productos y materiales de edificación. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua.
- UNIT-ISO 13786:2007 Desempeño térmico de los componentes de los edificios. Características térmicas dinámicas. Método de cálculo.
- UNIT-ISO 13788:2012 Desempeño térmico de los elementos y componentes de edificación Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial – Métodos de cálculo.
- Catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Fomento. Gobierno de España, 2010.

Nota: En caso de encontrar erratas en esta documentación agradecemos que sean enviadas a la casilla decca@fadu.edu.uy

Última actualización: Diciembre de 2017