



# Curso Evaluadores Energéticos

Sistema de calificación energética vivienda  
CEV v2.0

1. INTRODUCCIÓN A LA CEV
2. PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO
3. METODOLOGÍA GENERAL DE CÁLCULO CEV
4. PLANILLA 01: INGRESO DE DATOS
5. PLANILLA 01: OBTENCIÓN DE VALORES
6. **PLANILLA 02: MOTOR DE CÁLCULO**
7. PLANILLA 03: RESULTADOS DEMANDA
8. PLANILLA 03: INGRESO DE DATOS CONSUMO
9. PLANILLA 03: OBTENCIÓN DE VALORES CONSUMO

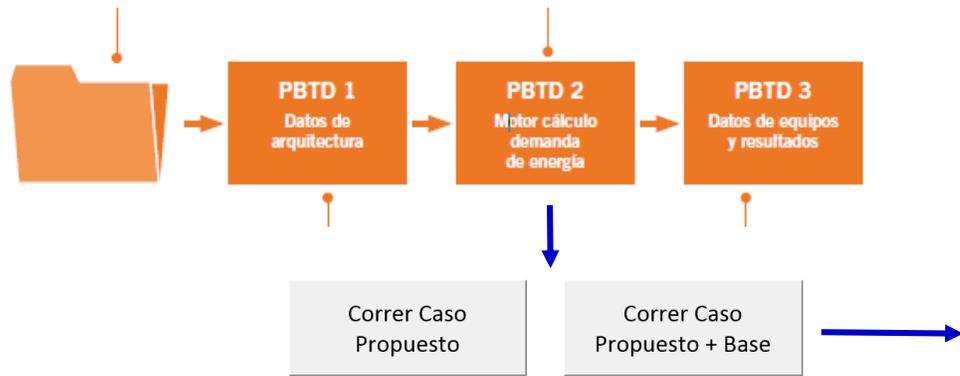
## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

- 6.1 Botones
- 6.2 ¿Que realiza el modelo PBTD?
- 6.3 PBTD: Flujos para Demanda
- 6.4 PBTD: Flujos para Horas de Disconfort

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- La planilla 02 – PBDT Motor de cálculo corresponde al código computacional que resuelve el balance de transferencia de calor para cada intervalo de tiempo  $\Delta t$  y no cuenta con ingreso de datos.
- Para lo anterior, la planilla importa los datos de arquitectura definidos en la planilla 01



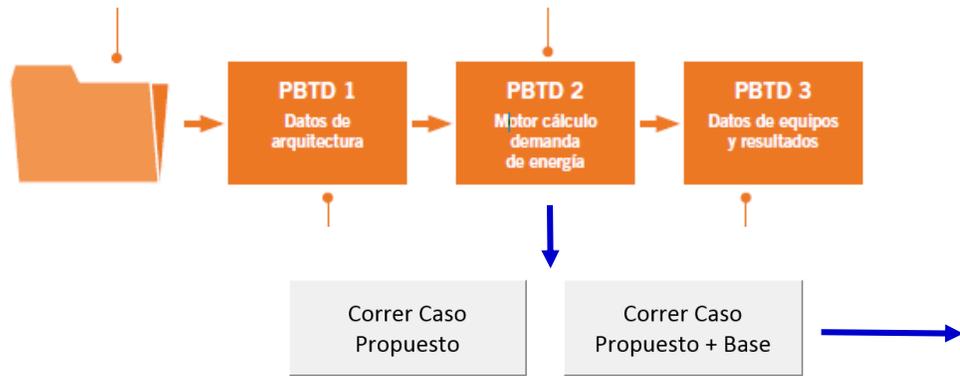
Dentro de la planilla existen 2 botones:

“**Correr Caso Propuesto**” corre sólo 2 modelos, correspondientes a la vivienda objeto incorporando un equipo de climatización que fija la temperatura al interior dentro de la banda de confort, y con la cual se obtienen las **demandas** de calefacción y refrigeración, y un segundo modelo el cual realiza el mismo balance térmico pero liberando la temperatura interior sin la existencia de un equipo de climatización, con lo cual obtenemos las horas de desconfort por sobre la banda, HD(+), así como bajo ella, HD(-)

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- La planilla 02 – PBTD Motor de cálculo corresponde al código computacional que resuelve el balance de transferencia de calor para cada intervalo de tiempo  $\Delta t$  y no cuenta con ingreso de datos.
- Para lo anterior, la planilla importa los datos de arquitectura definidos en la planilla 01



Dentro de la planilla existen 2 botones:

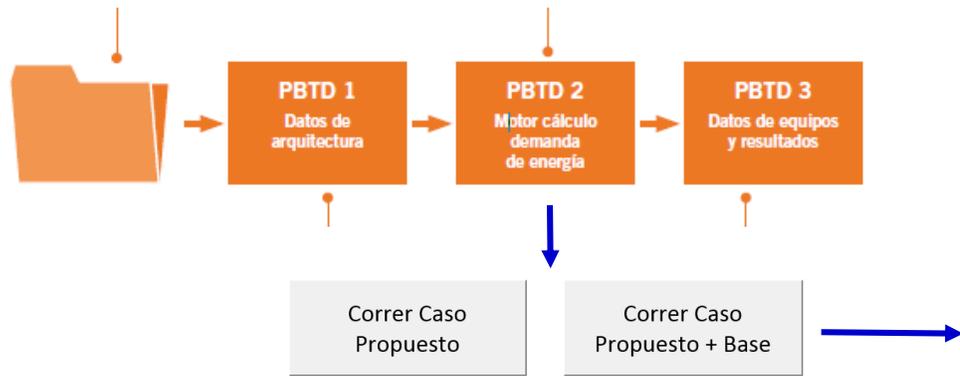
“**Correr Caso Propuesto**” corre sólo 2 modelos, correspondientes a la vivienda objeto incorporando un equipo de climatización que fija la temperatura al interior dentro de la banda de confort, y con la cual se obtienen las **demandas** de calefacción y refrigeración, y un segundo modelo el cual realiza el mismo balance térmico pero liberando la temperatura interior sin la existencia de un equipo de climatización, con lo cual obtenemos las horas de desconfort por sobre la banda, HD(+), así como bajo ella, HD(-)

“**Correr Caso Propuesto + Base**” corre los 2 casos anteriormente mencionados y los 8 casos bases, correspondientes a los 2 señalados anteriormente rotados en 0°, 90°, 180° y 270°. Los caso bases consideran las condiciones mínimas.

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- La planilla 02 – PBTD Motor de cálculo corresponde al código computacional que resuelve el balance de transferencia de calor para cada intervalo de tiempo  $\Delta t$  y no cuenta con ingreso de datos.
- Para lo anterior, la planilla importa los datos de arquitectura definidos en la planilla 01



Dentro de la planilla existen 2 botones:

“**Correr Caso Propuesto**” corre sólo 2 modelos, correspondientes a la vivienda objeto incorporando un equipo de climatización que fija la temperatura al interior dentro de la banda de confort, y con la cual se obtienen las **demandas** de calefacción y refrigeración, y un segundo modelo el cual realiza el mismo balance térmico pero liberando la temperatura interior sin la existencia de un equipo de climatización, con lo cual obtenemos las horas de desconfort por sobre la banda, HD(+), así como bajo ella, HD(-)

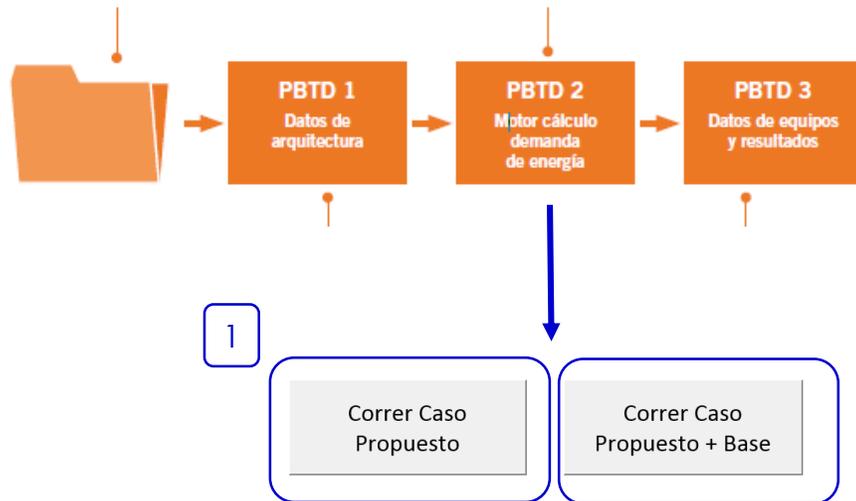
“**Correr Caso Propuesto + Base**” corre los 2 casos anteriormente mencionados y los 8 casos bases, correspondientes a los 2 señalados anteriormente rotados en 0°, 90°, 180° y 270°. Los caso bases consideran las condiciones mínimas.

**Antes de apretar el botón se recomienda cerrar todos los otros libros de Excel, ya que ralentizan el cálculo**

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- Al seleccionar uno de los 2 botones disponibles, se abren ventanas que solicitan al evaluador identificar el archivo "01.PBTD Arquitectura" a utilizar, así como el archivo "03.PBTD Datos de Equipos y Resultados" donde se almacenará la información.



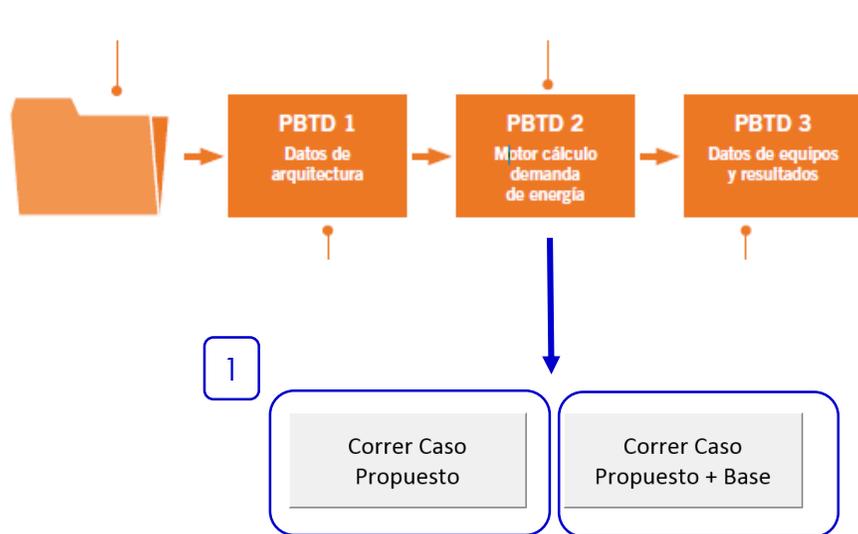
Elegir si correr los 10 casos o correr solo el caso propuesto.

El objetivo del botón "correr caso propuesto" corresponde a permitirle al Evaluador iterar con posibles mejoras a presentarle al Mandante

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- Al seleccionar uno de los 2 botones disponibles, se abren ventanas que solicitan al evaluador identificar el archivo "01.PBTD Arquitectura" a utilizar, así como el archivo "03.PBTD Datos de Equipos y Resultados" donde se almacenará la información.



2



Ventana que nos solicita ubicar la planilla 01. Apretar Aceptar

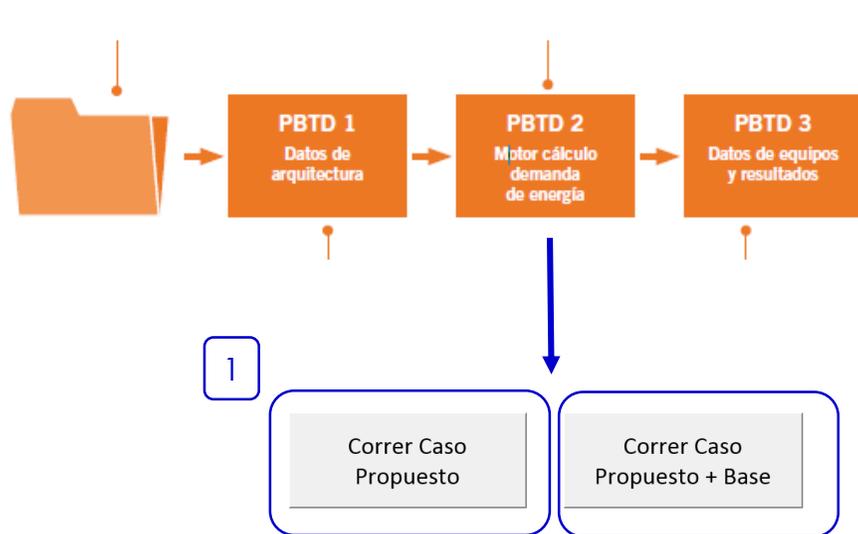
Elegir si correr los 10 casos o correr solo el caso propuesto.

El objetivo del botón "correr caso propuesto" corresponde a permitirle al Evaluador iterar con posibles mejoras a presentarle al Mandante

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- Al seleccionar uno de los 2 botones disponibles, se abren ventanas que solicitan al evaluador identificar el archivo "01.PBTD Arquitectura" a utilizar, así como el archivo "03.PBTD Datos de Equipos y Resultados" donde se almacenará la información.

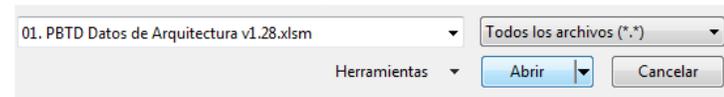


2



Ventana que nos solicita ubicar la planilla 01. Apretar Aceptar

3



Ubicar carpeta donde se encuentra planilla 01 que se desea correr. Apretar Abrir

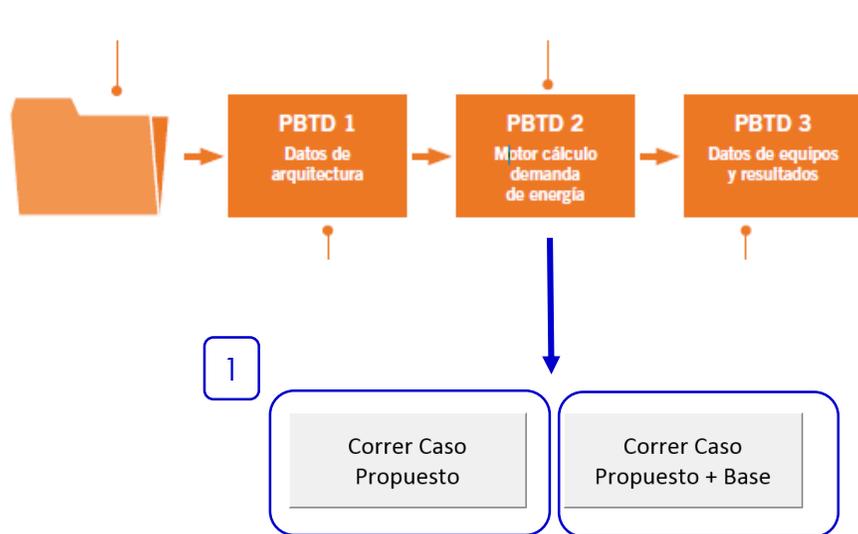
Elegir si correr los 10 casos o correr solo el caso propuesto.

El objetivo del botón "correr caso propuesto" corresponde a permitirle al Evaluador iterar con posibles mejoras a presentarle al Mandante

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- Al seleccionar uno de los 2 botones disponibles, se abren ventanas que solicitan al evaluador identificar el archivo "01.PBTD Arquitectura" a utilizar, así como el archivo "03.PBTD Datos de Equipos y Resultados" donde se almacenará la información.



Elegir si correr los 10 casos o correr solo el caso propuesto.

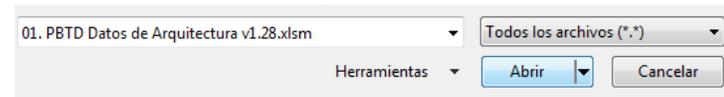
El objetivo del botón "correr caso propuesto" corresponde a permitirle al Evaluador iterar con posibles mejoras a presentarle al Mandante

2



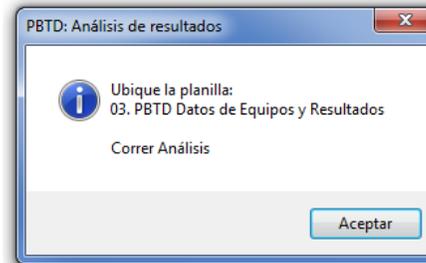
Ventana que nos solicita ubicar la planilla 01. Apretar Aceptar

3



Ubicar carpeta donde se encuentra planilla 01 que se desea correr. Apretar Abrir

4

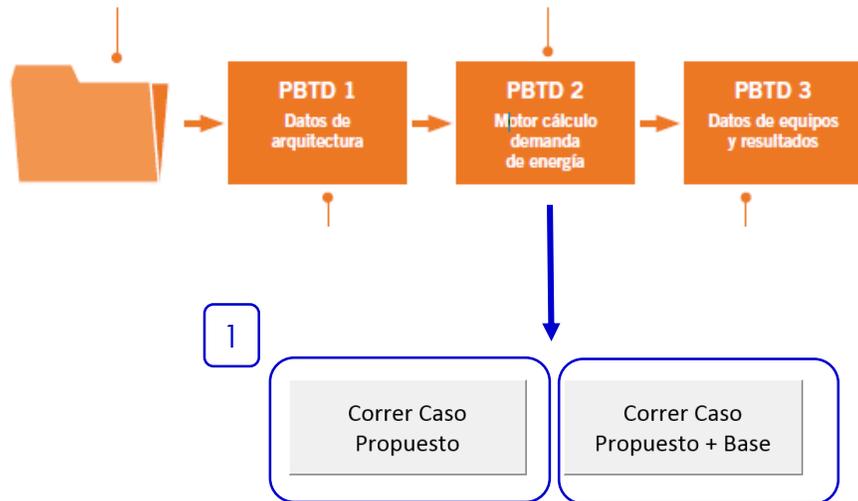


Ventana que nos solicita ubicar la planilla 03. Apretar Aceptar

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- Al seleccionar uno de los 2 botones disponibles, se abren ventanas que solicitan al evaluador identificar el archivo "01.PBTD Arquitectura" a utilizar, así como el archivo "03.PBTD Datos de Equipos y Resultados" donde se almacenará la información.



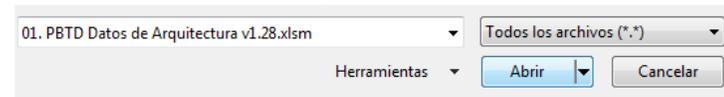
Elegir si correr los 10 casos o correr solo el caso propuesto.

El objetivo del botón "correr caso propuesto" corresponde a permitirle al Evaluador iterar con posibles mejoras a presentarle al Mandante

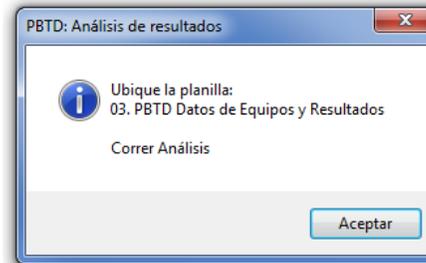
2



3



4



5



Ventana que nos solicita ubicar la planilla 01. Apretar Aceptar

Ubicar carpeta donde se encuentra planilla 01 que se desea correr. Apretar Abrir

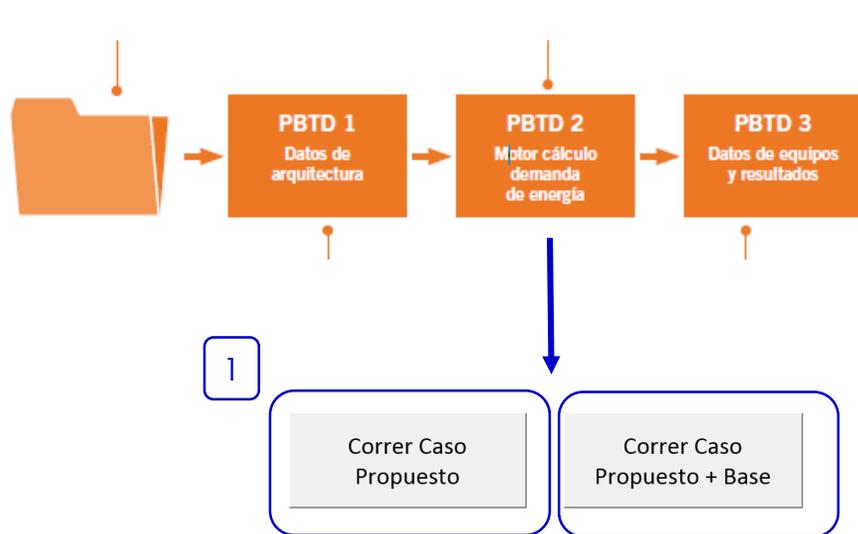
Ventana que nos solicita ubicar la planilla 03. Apretar Aceptar

Ubicar carpeta donde se encuentra planilla 03 donde se desea almacenar. Apretar Abrir

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- Al seleccionar uno de los 2 botones disponibles, se abren ventanas que solicitan al evaluador identificar el archivo "01.PBTD Arquitectura" a utilizar, así como el archivo "03.PBTD Datos de Equipos y Resultados" donde se almacenará la información.



Elegir si correr los 10 casos o correr solo el caso propuesto.

El objetivo del botón "correr caso propuesto" corresponde a permitirle al Evaluador iterar con posibles mejoras a presentarle al Mandante

Este bloque contiene cinco elementos numerados que muestran las interacciones con el software:

- 2:** Ventana de diálogo 'PBTD: Ingreso de datos' que solicita ubicar la planilla '01. PBTD Datos de Arquitectura' con un botón 'Aceptar'.
- 3:** Explorador de archivos que muestra '01. PBTD Datos de Arquitectura v1.28.xlsx' seleccionado, con botones 'Abrir' y 'Cancelar'.
- 4:** Ventana de diálogo 'PBTD: Análisis de resultados' que solicita ubicar la planilla '03. PBTD Datos de Equipos y Resultados' con un botón 'Aceptar'.
- 5:** Explorador de archivos que muestra '03. PBTD Datos de Equipos y Resultados v1.7.xlsx' seleccionado, con botones 'Abrir' y 'Cancelar'.

Ventana que nos solicita ubicar la planilla 01. Apretar Aceptar

Ubicar carpeta donde se encuentra planilla 01 que se desea correr. Apretar Abrir

Ventana que nos solicita ubicar la planilla 03. Apretar Aceptar

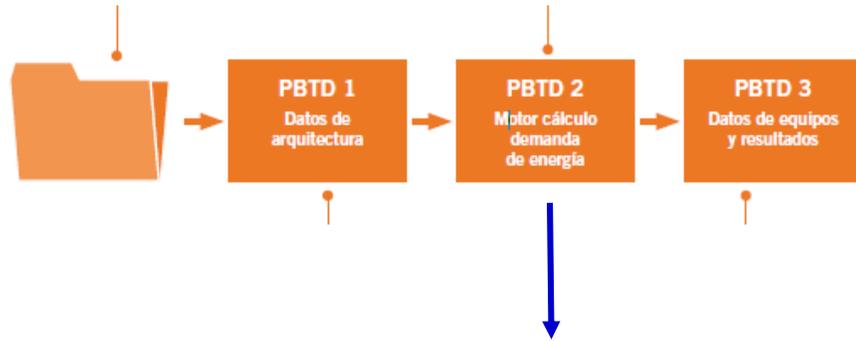
Ubicar carpeta donde se encuentra planilla 03 donde se desea almacenar. Apretar Abrir

**El botón "Correr caso propuesto" reemplaza las 2 modelaciones realizadas para el "caso propuesto" anterior, por lo que se recomienda hacer una copia del archivo 03. con el objetivo de tener ambos resultados.**

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- Hecho lo anterior, el archivo Excel PBTD 02 resuelve el flujo de calor en cada instante, obteniendo en el primer modelo la demanda.



- El primer calculo **considera la existencia de un sistema de climatización** que mantiene **la T° interior dentro de la banda de confort**. La sumatoria de los calores necesarios para estabilizar la T° interior es a lo que se llama demanda.

$$\Phi [W] = \sum \Phi_{cargas\ internas} + \Phi_{Radiación} \pm \Phi_{Envolvente} \pm \Phi_{Infiltraciones} \pm \Phi_{Ventilación} \pm \Phi_{Puentes\ térmicos} \pm \Phi_{Inercia\ térmica} \pm \Phi_{Climatización}$$

$$E [Wh] = \sum (\Phi_{cargas\ internas} + \Phi_{Radiación} \pm \Phi_{Envolvente} \pm \Phi_{Infiltraciones} \pm \Phi_{Ventilación} \pm \Phi_{Puentes\ térmicos} \pm \Phi_{Inercia\ térmica} \pm \Phi_{Climatización}) * \Delta t$$

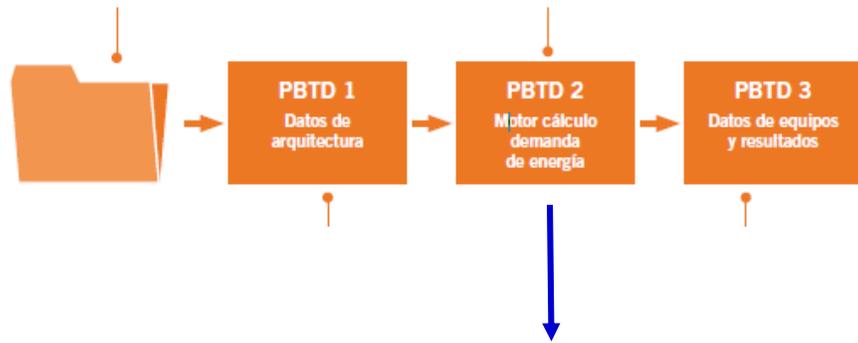
$$T_{i+1} [°C] = T_i + \frac{\sum E_i}{m \cdot Cp}$$

**DEMANDA [Wh]**

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.1 Botones

- Hecho lo anterior, el archivo Excel PBTD 02 resuelve el flujo de calor en cada instante, obteniendo en el segundo modelo las horas de discomfort sobre la banda y bajo la banda.



- El calculo **NO considera la existencia del sistema de climatización** mencionado, por lo que la temperatura puede **oscilar libremente**. Este análisis permite entonces el calculo del tiempo en que la vivienda se encuentra naturalmente fuera de la banda de confort. La sumatoria de dicho tiempo es a lo que se llama Horas de Discomfort HD.
- HD(+) corresponde al tiempo en que la vivienda se encuentra sobre el limite superior de la banda de confort, así como HD (-) corresponde al tiempo en que la vivienda se encuentra bajo el limite inferior.

$$\dot{\Phi} [W] = \sum \dot{\Phi}_{cargas\ internas} + \dot{\Phi}_{Radiación} \pm \dot{\Phi}_{Envolvente} \pm \dot{\Phi}_{Infiltraciones} \pm \dot{\Phi}_{Ventilación} \pm \dot{\Phi}_{Puentes\ térmicos} \pm \dot{\Phi}_{Inercia\ térmica}$$

$$E [Wh] = \sum (\dot{\Phi}_{cargas\ internas} + \dot{\Phi}_{Radiación} \pm \dot{\Phi}_{Envolvente} \pm \dot{\Phi}_{Infiltraciones} \pm \dot{\Phi}_{Ventilación} \pm \dot{\Phi}_{Puentes\ térmicos} \pm \dot{\Phi}_{Inercia\ térmica}) * \Delta t$$

$$T_{i+1} [^{\circ}C] = T_i + \frac{\sum E_i}{m \cdot Cp} \longrightarrow \text{HD}(+) \text{ y HD}(-)$$

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

### 6.1 Botones



Cada caso a correr demora alrededor de 5 minutos dependiendo del computador que se utilice, por lo se deberá tener paciencia...

- El caso propuesto, con y sin sistema de climatización (2 casos).
- El caso base en 4 orientaciones , con y sin sistema de climatización (8 casos).

La planilla corre un total de 10 casos para obtener ahorros. Cuando solo se ejecuta el caso propuesto la planilla corre solo dos casos y por ende los tiempos de calculo son considerablemente menores.

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

- 6.1 Botones
- 6.2 ¿Que realiza el modelo PBTD?
- 6.3 PBTD: Flujos para Demanda
- 6.4 PBTD: Flujos para Horas de Disconfort

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.2 ¿Que realiza el modelo PBTD?

### ¿Qué resolvemos?

- Resolvemos la interacción de todos los flujos de calor que influyen en el balance térmico al interior de la vivienda. Donde se considera que la totalidad de la vivienda es una mono zona

$$\dot{\Phi} [W] = \sum \dot{\Phi}_{cargas\ internas} + \dot{\Phi}_{Radiación} \pm \dot{\Phi}_{Envolvente} \pm \dot{\Phi}_{Infiltraciones} \pm \dot{\Phi}_{Ventilación} \pm \dot{\Phi}_{Puentes\ térmicos} \pm \dot{\Phi}_{Inercia\ térmica} \pm \dot{\Phi}_{Climatización}$$

Dónde:

<b>Cargas internas:</b>	<i>Dependen del uso del espacio y corresponden a potencias tabuladas según normativa internacional y o manuales de buenas prácticas nacionales. Corresponde en esencia a calor aportado por las personas e iluminación.</i>
<b>Radiación:</b> siendo	<i>Datos climáticos de la zona, donde se utiliza un flujo discretizado a nivel horario. La radiación entra al sistema por las ventanas, afectada por la orientación, las obstrucciones posibles tanto cercanas como lejanas y el factor solar del vidrio. Del calor total que ingresa por esta vía, el 70% se considera es absorbido por la masa del sistema, la que proviene de los elementos constructivos, el restante 30% va directamente al aire.</i>
<b>Envolvente:</b>	<i>Corresponde a la transferencia de calor asociada a la envolvente. Aquí se consideran los flujos por techo, pisos, muros y ventanas.</i>
<b>Infiltraciones:</b>	<i>Corresponden a renovaciones de aire por infiltraciones (RAH) tabuladas asociadas a distintas tipologías de vivienda</i>
<b>Ventilación:</b>	<i>Renovaciones de aire hora o tasa de ventilación asociadas a distintas condiciones de uso de la vivienda</i>
<b>Puentes térmicos:</b>	<i>Corresponden a coeficientes de transferencia de calor [<math>\phi L</math>] asociado a distintos puentes térmicos.</i>
<b>Inercia Térmica:</b>	<i>Corresponden a valores tabulados para distintas materialidades. Las componentes constructivas, se asume aportan masa al sistema, la que intercambia calor con el aire interior vía convección.</i>
<b>Climatización:</b>	<i>Calor aportado por un sistema de climatización. Es entendido en esta lógica de cálculo como el calor necesario para llevar o mantener la temperatura interior dentro de los límites de la banda de confort cuando la temperatura del recinto intenta salirse de ella.</i>

**NOTA:** Finalmente el comportamiento térmico de un muro, techo o piso queda definido por la sumatoria de los flujos que aporta su masa (Inercia Térmica) más el calor que transfiere dicho muro en un "régimen permanente modulado" por una serie de amplificación (Envolvente). Esto se explica en detalle más adelante.

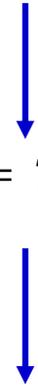
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.2 ¿Que realiza el modelo PBTD?

### ¿Cómo lo resolvemos?

- Calculamos la temperatura del aire al interior de la monozona debido a todos los flujos

$$\Phi [W] = \sum \Phi_{cargas\ internas} + \Phi_{Radiación} \pm \Phi_{Envolvente} \pm \Phi_{Infiltraciones} \pm \Phi_{Ventilación} \pm \Phi_{Puentes\ térmicos} \pm \Phi_{Inercia\ térmica} \pm \Phi_{Climatización}$$


$$T_{i+1} [^{\circ}C] = T_i + \frac{\sum E_i}{m \cdot Cp}$$

- Variación de temperatura en el instante (i+1) debido a los flujos del instante (i)
- (i) = 30 segundos

- Si la temperatura se sale de la banda de confort, se enciende el equipo de climatización con el objetivo de permanecer dentro de la banda

$$Demanda\ calefacción\ diaria\ [Wh] = \sum_{i=0}^{i=8760\ hrs} \Phi_{Climatización} \quad \forall \Phi_{Climatización} > 0$$

$$Demanda\ refrigeración\ diaria\ [Wh] = \sum_{i=0}^{i=8760\ hrs} \Phi_{Climatización} \quad \forall \Phi_{Climatización} < 0$$

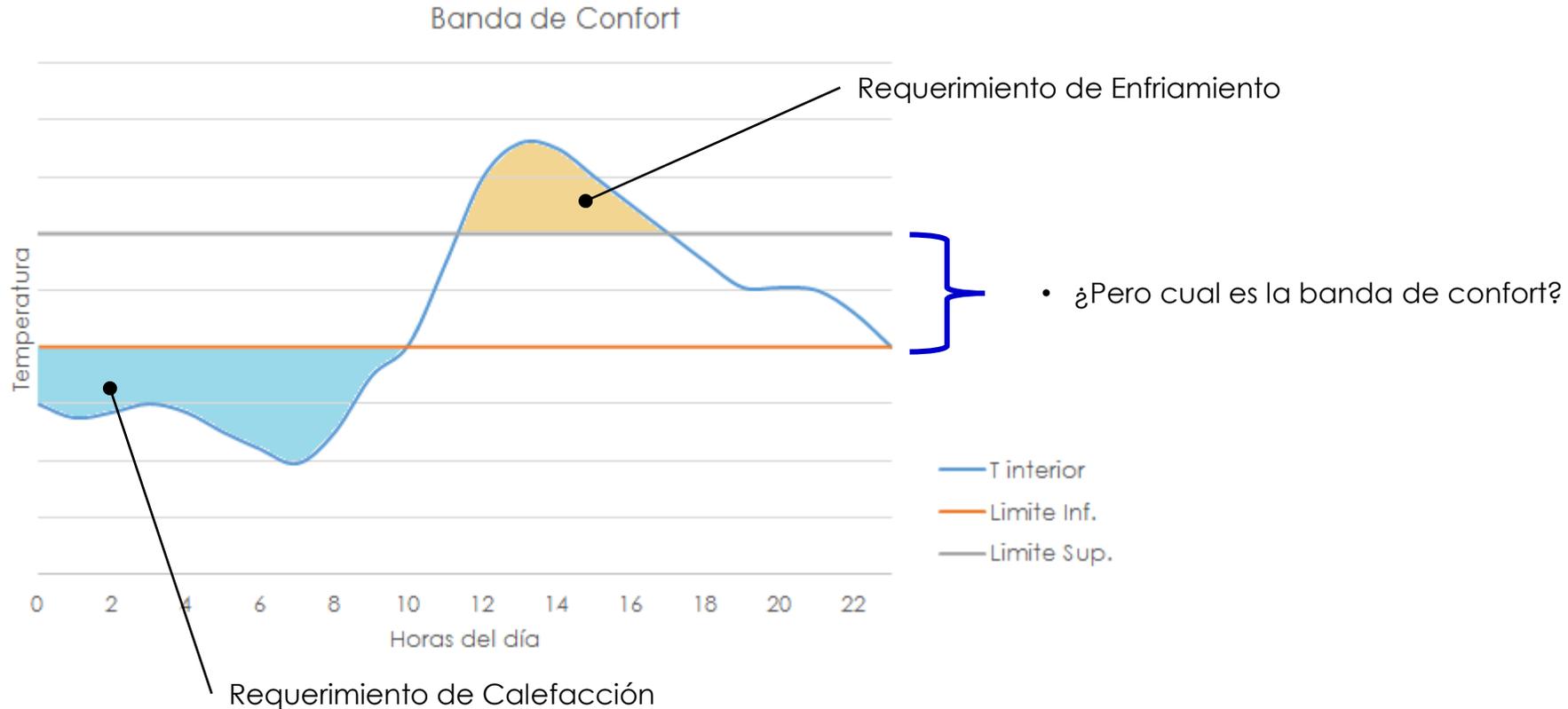
NOTA: 8.760 hrs = 1 año

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.2 ¿Que realiza el modelo PBTD?

¿Qué es una banda de confort?

- Temperaturas máximas y mínimas en las cuales los ocupantes se sienten confortables



# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.2 ¿Que realiza el modelo PBTD?

### ¿Qué es una banda de confort?

- Como banda de confort se utiliza el método de Confort Adaptativo de Dear and Brager de 1998 propuesto en Ashrae

$$T_n [^{\circ}C] = A + B * T_m$$

Dónde:

**T<sub>n</sub>:** *corresponde a la temperatura interior media de confort.*

**T<sub>m</sub>:** *corresponde a la temperatura media mensual exterior.*

**A:** *Constante =18,9*

**B:** *Constante =0,255*

- Con esto se obtiene la temperatura media para cada mes y cada zona térmica
- Esto nos permite incorporar en el rango de temperatura factores externos, como por ejemplo, un habitante del sur de Chile tolera mejor las temperaturas bajas ya que utiliza vestimenta adecuada y se encuentra más acostumbrada que una persona que vive en el norte del país.

- Con la temperatura media definida, solo resta encontrar la banda

T<sub>n</sub>+3: Caliente  
T<sub>n</sub>+2: Tibio  
T<sub>n</sub>+1: Levemente tibio  
T<sub>n</sub>: Neutral  
T<sub>n</sub>-1: Levemente fresco  
T<sub>n</sub>-2: Fresco  
T<sub>n</sub>-3: Frio

Dónde se considera que en un rango de 2.5°C sobre o bajo la temperatura neutral se tiene un 90% de aceptabilidad de la temperatura por parte de los usuarios.

$$T_{n \max} [^{\circ}C] = T_n + 2,5$$
$$T_{n \min} [^{\circ}C] = T_n - 2,5$$

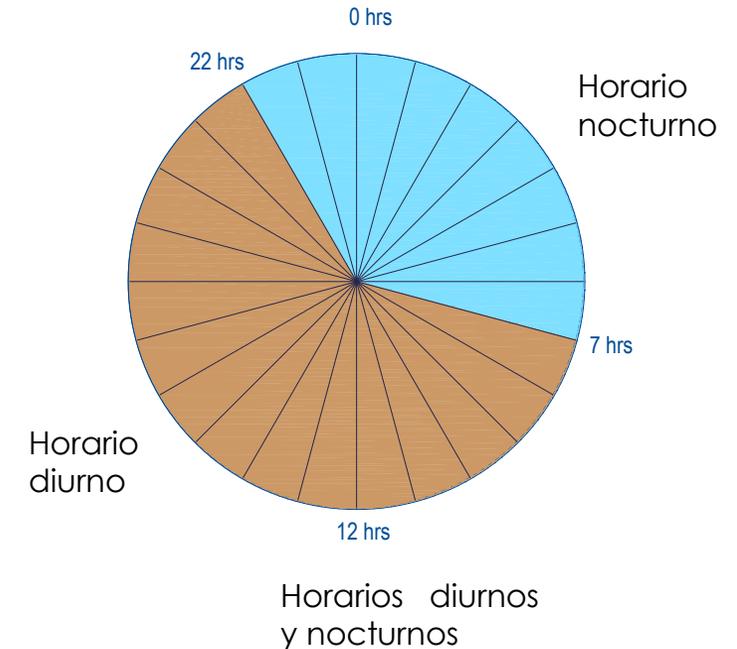
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

## 6.2 ¿Que realiza el modelo PBTD?

¿Qué es una banda de confort?

Tn+2,5°C 90% aceptabilidad Método Dear and Brager												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Iquique	26,7	26,6	26,4	26,1	25,8	25,5	25,3	25,3	25,5	25,7	26,1	26,5
Copiapó	26,3	26,2	25,9	25,3	24,8	24,5	24,3	24,3	24,9	25,1	25,5	25,9
Valparaíso	26,1	26,0	25,7	25,3	24,9	24,6	24,4	24,5	24,7	25,1	25,5	25,9
Santiago	26,6	26,5	25,9	25,0	24,2	23,5	23,6	23,8	24,4	25,1	25,6	26,3
Concepción	25,9	25,6	25,2	24,6	24,2	23,7	23,0	23,6	24,0	24,5	25,1	25,6
Temuco	25,9	25,8	25,3	24,5	24,0	23,4	23,3	23,5	23,9	24,4	24,9	25,5
Osorno	25,6	25,3	25,0	24,3	24,0	23,4	23,2	23,3	23,7	24,2	24,9	25,5
El Teniente	25,4	25,2	24,8	24,3	23,3	22,6	22,5	22,5	23,1	23,5	24,2	25,0
Punta Arenas	24,5	24,1	23,7	23,0	22,4	22,0	22,0	22,1	22,6	23,3	23,5	24,0
Calama	25,5	25,3	24,8	24,5	24,1	23,4	23,8	23,8	24,4	24,4	25,0	25,0

Tn-2,5°C 90% aceptabilidad Método Dear and Brager												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Iquique	21,7	21,6	21,4	21,1	20,8	20,5	20,3	20,3	20,5	20,7	21,1	21,5
Copiapó	21,3	21,2	20,9	20,3	19,8	19,5	19,3	19,3	19,9	20,1	20,5	20,9
Valparaíso	21,1	21,0	20,7	20,3	19,9	19,6	19,4	19,5	19,7	20,1	20,5	20,9
Santiago	21,6	21,5	20,9	20,0	19,2	18,5	18,6	18,8	19,4	20,1	20,6	21,3
Concepción	20,9	20,6	20,2	19,6	19,2	18,7	18,0	18,6	19,0	19,5	20,1	20,6
Temuco	20,9	20,8	20,3	19,5	19,0	18,4	18,3	18,5	18,9	19,4	19,9	20,5
Osorno	20,6	20,3	20,0	19,3	19,0	18,4	18,2	18,3	18,7	19,2	19,9	20,5
El Teniente	20,4	20,2	19,8	19,3	18,3	17,6	17,5	17,5	18,1	18,5	19,2	20,0
Punta Arenas	19,5	19,1	18,7	18,0	17,4	17,0	17,0	17,1	17,6	18,3	18,5	19,0
Calama	20,5	20,3	19,8	19,5	19,1	18,4	18,8	18,8	19,4	19,4	20,0	20,0



- Finalmente se incorpora una temperatura inferior en el horario nocturno de 2°C menor al mínimo obtenido mediante el método propuesto siempre y cuando lo anterior no sea inferior a 17 [°C]
- El horario nocturno se define desde las 22hrs hasta las 7am.

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

6.1 Botones

6.2 ¿Que realiza el modelo PBTD?

6.3 **PBTD: Flujos para Demanda**

6.3.1 Cargas internas

6.3.2 Iluminación natural

6.3.3 Radiación

6.3.4 Envolverte + Inercia Térmica

6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación

6.3.6 Puentes térmicos

6.3.7 Sistema de Climatización

6.4 PBTD: Flujos para Horas de Discomfort

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.1 Cargas internas

- Las cargas internas dependen de la hora del día en el que se este realizando el balance térmico, Dónde t varía de 0hrs a 23hrs

$$\text{Cada Ocupante: } \begin{cases} 98,4 [W] \\ 82,0 [W] \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \forall 7hrs \leq t < 22hrs \\ \forall 22hrs \leq t < 7hrs \end{aligned}$$



- La cantidad de ocupantes se define en base a la NCh3308 Of 2013, Dónde Ocupantes = Dormitorios + 1

$$\text{Iluminación: } \begin{cases} 1,5 [W/m^2] \\ 0 [W] \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \forall 7hrs \leq t < 22hrs \text{ y } Lux < 250 \\ \forall 22hrs \leq t < 7hrs \text{ y } Lux \geq 250 \end{aligned}$$



- En base a un cálculo de Factor Luz Día considerando la radiación real existente al exterior se obtiene si la iluminación al interior es mayor que 250 Lux

$$\text{Equipos: } 0 [W]$$

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.2 Iluminación natural

- La obtención de los lux considera lo siguiente:

$$FLD = \frac{0.85 * FS * A_w * \theta}{A_{rec} * (1 - R^2)}$$

Dónde:

$FS$	Factor solar de la ventana, incluyendo tintes, protecciones cercanas (FAV) y lejanas (FAR)
$A_w$	Área ventana [ $m^2$ ]
$\theta$	Ángulo del cielo visible, en grados, (Se considera $90^\circ$ )
$A_{rec}$	Suma de todas las superficies interiores del recinto [ $m^2$ ]
$R$	Reflectancia media (para recintos coloreadas en tonos claros se considera un valor de 0,5)

$$Lux_{vivienda} = \sum FLD_i * \phi * \tau$$

Dónde

$Lux_{Vivienda}$ :	Lux que ingresa a la vivienda a través de todas las ventanas
$FLD_i$ :	Factor luz día de la ventana $i$
$\phi$	Flujo en Watts aportados a la ventana $i$ por la radiación directa y difusa considerando las protecciones particulares de dicha ventana; FAV, FAR y tinte del vidrio
$\tau$ :	transformación de radiación Directa y Difusa en watts a lúmenes, se considera: $t = 95$ [lúmenes/Watt]



- Lo anterior obtiene la iluminación al interior de la monozona considerando que no existen cortinas.
- Aunque el promedio de monozona conlleva errores ya que existen zonas tras pasillos, el hecho de utilizar la radiación real incidente en cada ventana considerando sus protecciones es un cálculo de gran exactitud y nos permite conocer el estado hora a hora.

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.2 Iluminación natural

Lux Naturales													
LUX	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
5	44,7	16,2	0,7	-	-	-	-	-	0,1	7,2	29,9	53,3	
6	149,1	122,5	61,1	10,8	1,1	-	0,1	5,6	30,5	96,5	143,3	148,9	
7	219,6	186,8	157,2	93,0	43,8	20,4	34,0	70,6	130,2	182,9	226,9	221,6	
8	261,1	263,1	222,4	178,0	122,5	92,4	104,1	157,8	203,5	265,5	267,7	271,1	
9	293,3	299,2	265,5	234,2	186,4	148,8	164,8	192,1	262,5	312,0	325,8	318,6	
10	355,8	314,3	303,7	274,0	230,3	192,2	198,0	238,9	304,5	338,7	371,6	319,2	
11	359,7	357,9	335,2	292,4	243,4	209,1	201,7	247,5	340,7	382,0	369,2	371,5	
12	359,5	359,7	302,6	275,6	242,7	204,6	194,5	272,9	285,3	350,8	397,7	346,4	
13	367,7	342,0	335,4	285,8	222,8	188,9	195,2	251,6	270,9	330,2	356,2	358,1	
14	312,0	322,6	302,6	238,8	168,0	143,0	163,1	218,5	259,6	306,4	338,4	330,3	
15	277,1	274,0	229,4	179,7	124,1	83,7	101,9	157,8	205,6	238,5	251,8	281,5	
16	213,2	170,3	166,7	104,4	52,0	23,4	28,5	77,0	130,6	156,8	212,6	228,6	
17	144,2	120,5	56,5	13,0	0,9	-	0,1	4,9	30,6	103,6	139,3	150,5	
18	39,4	13,7	0,9	-	-	-	-	-	0,1	6,7	37,0	49,3	
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Iluminación [W/m2]													
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
-	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-
-	-	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	1,5	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-	-
-	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Calculo de Lux al interior dada las ventanas y protecciones particulares de la vivienda

- Se considera un aporte de calor horario para todo momento en que no se cumpla el mínimo de 250 Lux. Esto para horario diurno de 7hrs < t < 22hrs.

- Con las horas diarias de cada mes de iluminación artificial se puede calcular consumo en iluminación.

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

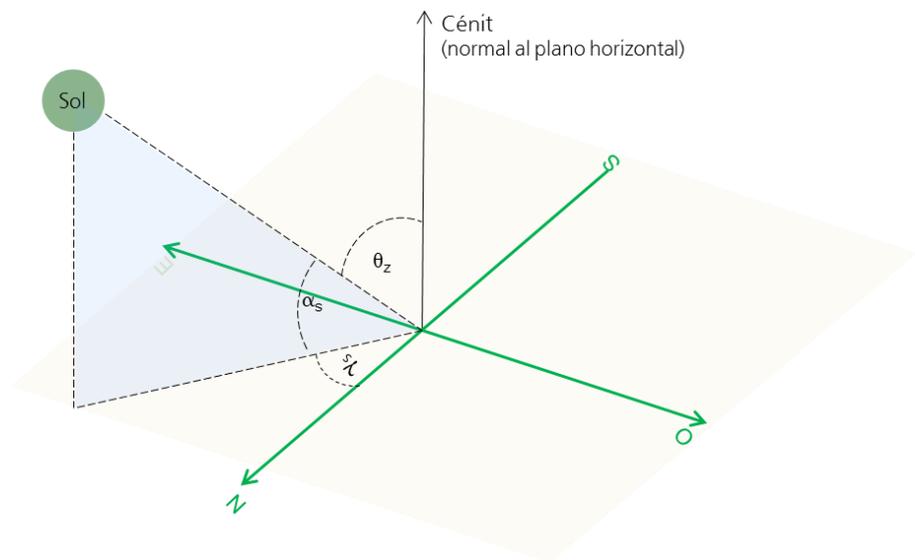
### 6.3.3 Radiación

1.1.- Datos generales e identificación del proyecto		
1	Tipo de Calificación	Calificación: Vivienda nueva
2	Región	RM_Región_Metropolitana_de_Santiago
3	Comuna	Nuñoa

Tiene las siguientes Zonas Térmicas: 

D	-	-
---	---	---

- Considerando la latitud del centro de cada comuna de Chile, se obtiene la Latitud de la vivienda y la orbita solar para un día representativo del mes.



La relación entre la radiación global horizontal y la radiación en un plano inclinado ( $\bar{R}$ ), se obtiene utilizando el modelo de Klein y Theilacker (método KT). Como resultado, se obtiene el valor de  $\bar{R}$  para las principales orientaciones (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO) en los distintos meses del año. El modelo KT considera tanto la radiación directa como la radiación difusa y la radiación reflejada por la tierra.

Dónde

$\theta_z$  – **Ángulo Cénit:**

Corresponde al ángulo entre la vertical y una línea hacia el sol. Es decir, corresponde al ángulo de incidencia para una superficie horizontal.

$\alpha_s$  – **Ángulo de incidencia solar:**

Corresponde al ángulo entre la horizontal y una línea hacia el sol. Es decir, corresponde al complemento del ángulo Cénit.

$\gamma_s$  – **Ángulo azimut solar:**

Corresponde al desplazamiento angular con respecto al norte de la radiación directa del sol en un plano horizontal.

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.3 Radiación

- La radiación es calculada para cada una de las 8 direcciones verticales; Norte, NorEste, Este, SurEste, Sur, SurOeste, Oeste y NorOeste y la posición horizontal.

$$\phi_{Rad} = \sum_i \phi_{solar} * FS_i * A_i * FAV_i * FAR_i$$

Dónde:

**$\phi_{solar}$** : Flujo radiación directa y difusa de cada orientación y zona térmica de manera horaria

**$FS_i$** : Factor Solar del vidrio  $i$  para cada ventana

**$A_i$** : Área del vidrio  $i$  de la ventana  $i$

**$FAV_i$** : Factor de reducción de la radiación en la ventana  $i$  debido a las obstrucciones cercanas particulares por la radiación incidente difusa y directa

**$FAR_i$** : Factor de reducción de la radiación para la orientación de la ventana debido a obstrucciones lejanas.

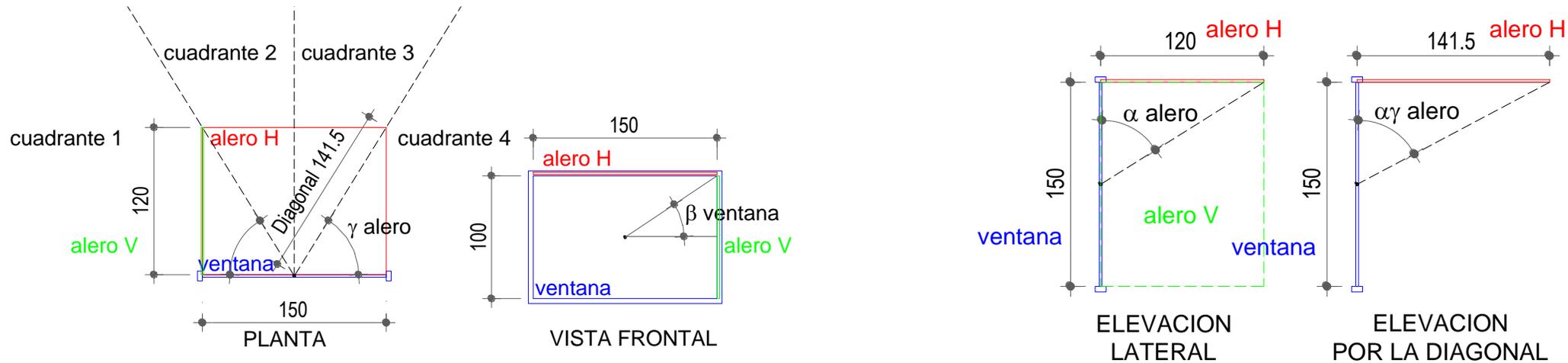
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$\dot{Q} [W] = \sum \dot{\Phi}_{cargas\ internas} + \dot{\Phi}_{Radiación} \pm \dot{\Phi}_{Envolvente} \pm \dot{\Phi}_{Infiltraciones} \pm \dot{\Phi}_{Ventilación} \pm \dot{\Phi}_{Puentes\ térmicos} \pm \dot{\Phi}_{Inercia\ térmica} \pm \dot{\Phi}_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.3 Radiación – FAV - Radiación Directa

- Para el cálculo de los FAVs, se divide el horizonte visible de cada ventana en 4 cuadrantes y todos los cálculos se realizan considerando el punto central de la ventana:



- A través de las dimensiones de la ventana y de los aleros ingresadas en las filas 57 a 76 se definen los 4 ángulos (en el plano horizontal) necesarios para contrastar la posición del sol hora tras hora con un posible bloqueo debido a una obstrucción

$$FAV_i = \Phi_{Radiacion\ directa} * k + \Phi_{radiacion\ difusa} * \beta$$

Dónde:

- FAVi:** se calcula para cada ventana considerando su orientación para cada hora
- $\Phi$  Radiación directa:** Valor dato para cada zona térmica y transformado por orientación.
- k:** Valor binario 0 o 1 dependiendo si el sol se encuentra bloqueado o no.
- $\Phi$  Radiación difusa:** Valor dato para cada zona térmica y transformado por orientación.
- $\beta$ :** Porcentaje de visibilidad a la bóveda celeste. Parámetro equivalente a la fracción efectiva de la radiación difusa incidente.

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

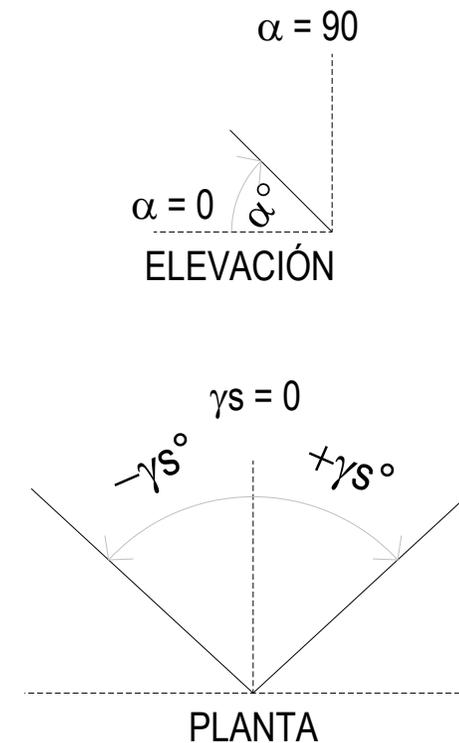
### 6.3.3 Radiación – FAV - Radiación Directa

- Ejemplo, Posición solar Ñuñoa.

- Como conocemos la posición solar hora tras hora según su Inclinación y Azimut nos basta contrastar si la obstrucción particular (FAVs) bloquea la posición en dicha hora o no

Inclinación - a (ez)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	-35,6	-43,6	-54,1	-66,0	-75,3	-79,6	-77,7	-70,0	-58,8	-46,9	-37,6	-33,5
1	-33,8	-41,4	-51,4	-62,3	-70,1	-73,2	-71,9	-65,8	-55,7	-44,6	-35,7	-31,7
2	-28,6	-35,5	-44,3	-53,4	-59,5	-61,7	-60,8	-56,2	-48,0	-38,3	-30,3	-26,7
3	-20,8	-26,9	-34,5	-42,3	-47,4	-49,4	-48,5	-44,6	-37,6	-29,3	-22,3	-19,1
4	-11,1	-16,5	-23,2	-30,1	-34,9	-36,9	-36,0	-32,2	-25,9	-18,6	-12,4	- 9,7
5	- 0,3	- 5,0	-11,1	-17,7	-22,5	-24,5	-23,6	-19,7	-13,7	- 6,9	- 1,4	1,0
6	11,3	7,1	1,3	- 5,2	-10,3	-12,5	-11,5	- 7,3	- 1,2	5,3	10,3	12,5
7	23,5	19,5	13,8	7,0	1,5	- 1,0	0,2	4,7	11,3	17,8	22,6	24,5
8	35,9	32,0	26,0	18,7	12,5	9,6	11,0	16,2	23,4	30,3	35,0	36,9
9	48,4	44,2	37,7	29,4	22,3	19,0	20,6	26,5	34,7	42,4	47,5	49,4
10	60,6	55,8	48,0	38,4	30,3	26,6	28,4	35,2	44,6	53,7	59,6	61,7
11	71,7	65,2	55,8	44,7	35,7	31,6	33,6	41,1	51,8	62,6	70,3	73,2
12	77,4	69,3	58,8	46,9	37,6	33,4	35,4	43,3	54,5	66,3	75,6	79,6
13	71,7	65,2	55,7	44,6	35,7	31,6	33,6	41,1	51,8	62,6	70,3	73,2
14	60,6	55,7	48,0	38,3	30,3	26,6	28,4	35,2	44,7	53,7	59,6	61,7
15	48,4	44,2	37,6	29,3	22,3	19,0	20,6	26,6	34,8	42,5	47,5	49,4
16	35,9	31,9	25,9	18,6	12,4	9,6	11,0	16,3	23,5	30,3	35,1	36,9
17	23,4	19,4	13,7	6,9	1,4	- 1,0	0,2	4,8	11,4	17,9	22,6	24,5
18	11,3	7,0	1,2	- 5,3	-10,3	-12,5	-11,4	- 7,2	- 1,1	5,4	10,4	12,5
19	- 0,4	- 5,1	-11,3	-17,8	-22,6	-24,5	-23,5	-19,6	-13,5	- 6,8	- 1,4	1,0
20	-11,2	-16,6	-23,4	-30,3	-35,0	-36,9	-36,0	-32,1	-25,8	-18,4	-12,3	- 9,6
21	-20,9	-27,1	-34,7	-42,4	-47,5	-49,4	-48,5	-44,4	-37,4	-29,1	-22,1	-19,0
22	-28,7	-35,8	-44,6	-53,7	-59,6	-61,8	-60,7	-56,0	-47,7	-38,1	-30,1	-26,6
23	-33,9	-41,7	-51,8	-62,6	-70,3	-73,3	-71,8	-65,5	-55,4	-44,3	-35,5	-31,6

Azimut γs												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0
1	163,1	160,3	155,5	146,7	133,8	124,3	129,0	142,2	152,7	159,0	162,5	163,7
2	147,9	143,2	135,7	124,1	111,1	103,7	107,2	119,1	131,7	141,1	146,8	149,0
3	135,0	129,4	121,0	109,5	98,5	92,8	95,4	105,1	116,9	126,9	133,7	136,5
4	124,4	118,3	109,7	99,0	89,4	84,7	86,9	95,1	105,8	115,7	123,0	126,1
5	115,5	109,0	100,4	90,2	81,6	77,6	79,4	86,7	96,6	106,4	114,0	117,3
6	107,6	100,8	91,9	82,0	74,1	70,4	72,1	78,8	88,2	98,1	106,0	109,6
7	100,3	92,8	83,6	73,7	66,1	62,7	64,3	70,6	79,8	90,0	98,5	102,4
8	92,8	84,4	74,4	64,4	57,1	53,9	55,4	61,3	70,5	81,3	90,8	95,3
9	84,2	74,2	63,2	53,1	46,3	43,5	44,8	50,3	59,3	70,8	81,7	87,2
10	72,3	60,1	48,4	39,0	33,2	31,0	32,0	36,5	44,6	56,3	69,2	76,3
11	50,3	37,0	27,4	21,0	17,6	16,2	16,9	19,5	24,7	33,6	46,6	55,6
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	- 50,2	- 37,0	- 27,3	- 21,0	- 17,5	- 16,2	- 16,9	- 19,5	- 24,7	- 33,7	- 46,6	- 55,7
14	- 72,2	- 60,0	- 48,3	- 38,9	- 33,2	- 31,0	- 32,0	- 36,6	- 44,6	- 56,3	- 69,3	- 76,3
15	- 84,1	- 74,1	- 63,1	- 53,1	- 46,3	- 43,5	- 44,8	- 50,3	- 59,4	- 70,9	- 81,8	- 87,2
16	- 92,7	- 84,3	- 74,2	- 64,3	- 57,0	- 53,9	- 55,4	- 61,4	- 70,7	- 81,4	- 90,8	- 95,3
17	-100,2	- 92,7	- 83,4	- 73,6	- 66,0	- 62,7	- 64,3	- 70,7	- 80,0	- 90,1	- 98,6	-102,4
18	-107,6	-100,6	- 91,8	- 81,9	- 74,0	- 70,4	- 72,2	- 78,9	- 88,4	- 98,3	-106,1	-109,6
19	-115,4	-108,9	-100,2	- 90,0	- 81,5	- 77,5	- 79,5	- 86,9	- 96,8	-106,6	-114,1	-117,3
20	-124,4	-118,1	-109,5	- 98,7	- 89,2	- 84,7	- 87,0	- 95,3	-106,0	-115,9	-123,1	-126,1
21	-135,0	-129,2	-120,7	-109,2	- 98,3	- 92,7	- 95,6	-105,4	-117,2	-127,2	-133,8	-136,5
22	-147,8	-143,0	-135,4	-123,7	-110,8	-103,6	-107,4	-119,5	-132,0	-141,3	-146,9	-149,0
23	-163,0	-160,2	-155,3	-146,4	-133,4	-124,2	-129,3	-142,5	-152,9	-159,1	-162,5	-163,8



- Si la inclinación es negativa, aún no se asoma el sol

- Se considera la orientación Norte como el valor 0

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.3 Radiación – FAV - Radiación Directa

• Cuadrante 1 y 4

$$FAV1: \begin{cases} si(0 < \gamma_{solar} < \gamma_{alero}) \text{ y } si(\alpha\gamma1_{solar} > \alpha_{solar}) = 1 \text{ si no } 0 \text{ donde: } \alpha\gamma1_{solar} = \text{atan} \left( \frac{H/2 + D}{\sqrt{(W/2 * \tan(\gamma_{solar}))^2 + (W/2)^2}} \right) \\ si(\gamma_{alero} < \gamma_{solar} < 90) \text{ y } si(\alpha\gamma2_{solar} > \alpha_{solar}) = 1 \text{ si no } 0 \text{ donde } \alpha\gamma2_{solar} = \text{atan} \left( \frac{H/2 + D}{\sqrt{(L * \tan(90 - \gamma_{solar}))^2 + (L)^2}} \right) \end{cases}$$

$\gamma_{alero}$ : corresponde al ángulo en el plano horizontal que define la posición de la esquina de un alero horizontal superior.

• Cuadrante 2 y 3

$$FAV2: si(0 < \gamma_{solar} < \gamma_{alero}) \text{ y } si(\alpha\gamma1_{solar} > \alpha_{solar}) = 0 \text{ si no } 1$$

• Sólo resuelve Cuadrante 1 y 4 ya que no se considera un alero vertical más alto que la ventana. Las condiciones son las mismas que para el caso FAV 1 pero inversas

Los FAV 3 corresponden a casos particulares de FAV 1 y FAV 2 Dónde se divide la ventana en franjas pequeñas pero iguales, por lo que resolver el bloqueo para una sub ventana es idéntico que para toda la ventana salvo que cambia la relación de aspecto de los ángulos.

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.3 Radiación – FAV - Radiación Difusa

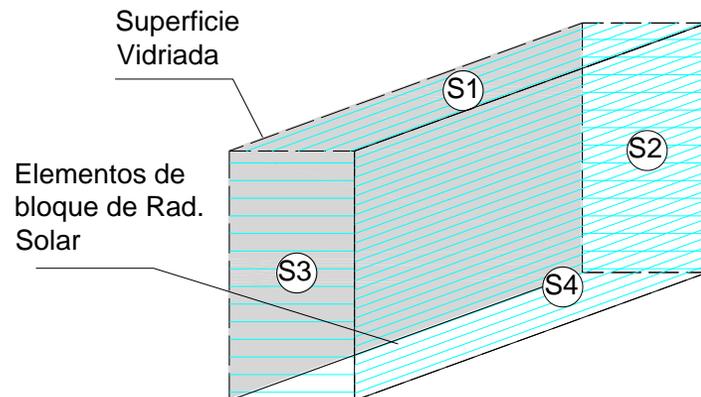
- La radiación difusa se calcula con respecto al porcentaje de la bóveda celeste que es visible desde la ventana (parámetro  $\beta$ ).

$$FAV_i = \phi_{Radiacion\ directa} * k + \phi_{radiacion\ difusa} * \beta$$

Dónde:

- FAVi:** se calcula para cada ventana considerando su orientación para cada hora
- $\phi$  Radiación directa:** Valor dato para cada zona térmica y transformado por orientación.
- k:** Valor binario 0 o 1 dependiendo si el sol se encuentra bloqueado o no.
- $\phi$  Radiación difusa:** Valor dato para cada zona térmica y transformado por orientación.
- $\beta$ :** Porcentaje de visibilidad a la bóveda celeste. Parámetro equivalente a la fracción efectiva de la radiación difusa incidente.

- Por lo que se considera lo siguiente:
  - Una superficie vertical (ventana) es capaz de recibir radiación difusa equivalente a una superficie visible de  $\frac{1}{4}$  de esfera, debido a la fracción de bóveda celeste que es visible desde dicha ventana.
  - Las superficies que bloquean dicha radiación se componen de 4 sub superficies que pueden ser determinadas para cada tipología de elemento de bloqueo (aleros, celosías, etc). La superficie que da hacia abajo no se considera.



$$\beta = \frac{\sum \text{Superficies sin elementos de bloqueo definidos por los cuadrantes}}{\text{Superficie Total}}$$

- Estas superficies se calculan para cada alero, por lo que finalmente se diseña con el porcentaje de bloqueo generado por la combinación más desfavorable

$$\beta = \text{Min}(FAV1; FAV3_{Horiz}) * \text{Min}(FAV2; FAV3_{Vert})$$

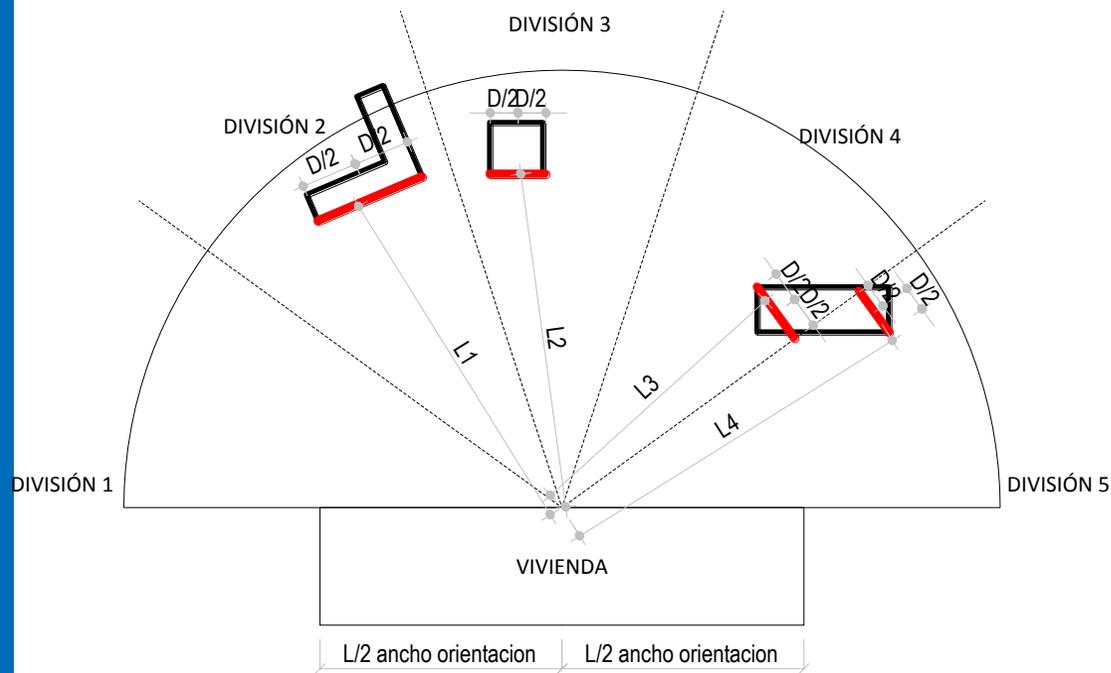
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

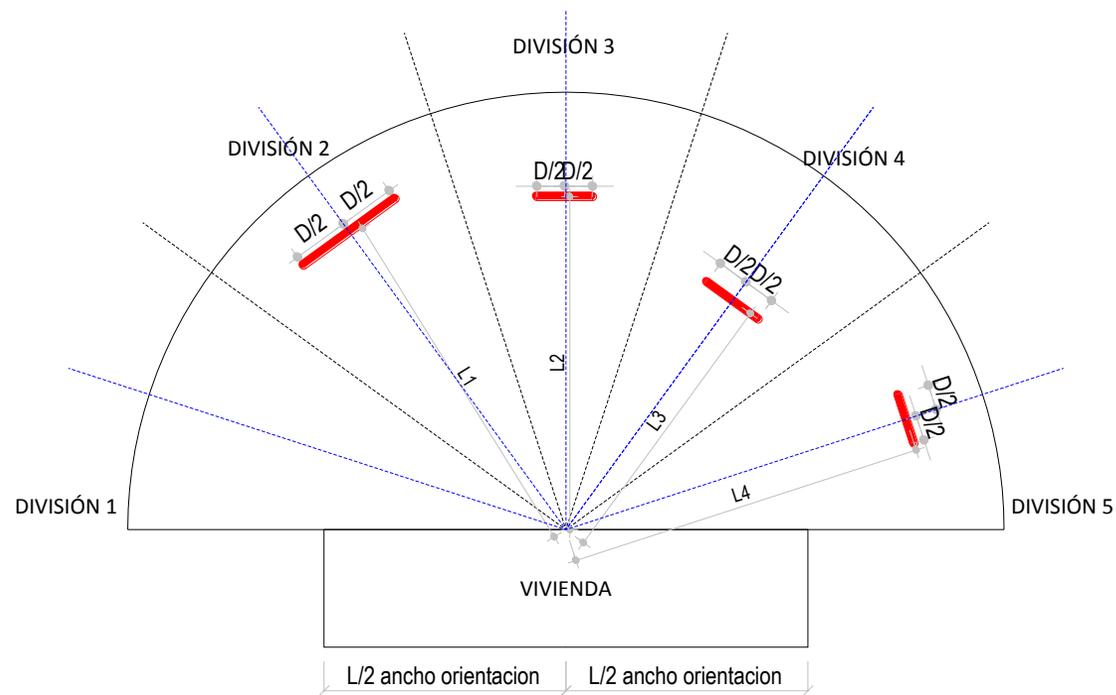
## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.3 Radiación – FAR

- Los FAR se definen únicos por orientación y se calculan considerando el punto central de cada fachada como punto de referencia.
- Como simplificación para la ubicación del obstáculo se crean 5 divisiones para ubicar los obstáculos. Las divisiones corresponden a divisiones imaginarias del semi círculo al que tiene visibilidad en planta cada fachada.



- Posiciones reales obstrucciones



- Planilla trasladó los obstáculos al centro de cada división respetando su ancho y alto. De esta manera se simplifica el cálculo del FAR asumiendo el error que conlleva.

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.3 Radiación – FAR

- El aporte de radiación directa y difusa se resuelven de la misma manera que para los FAVs

$$FAR_i = \phi_{Radiacion\ directa} * k + \phi_{radiacion\ difusa} * \beta$$

- El parámetro  $\beta$ , dado que no contamos con una definición volumétrica generada por aleros se resuelve de la siguiente manera:

$$\beta = \frac{\sum \text{Superficies sin elementos de bloqueo}}{\text{Superficie Total}} \quad \longrightarrow \quad \text{Superficies sin elementos de bloqueo} = 90^\circ * 180^\circ - \sum \alpha_i * \gamma_i$$

Dónde:

$\alpha_i$  = Ángulo vertical bloqueado por la obstrucción

$\gamma_i$  = Ángulo horizontal bloqueado por la obstrucción

$$\alpha = \text{atan} \left( \frac{A}{B} \right) \quad \gamma = 2 * \text{atan} \left( \frac{D}{2 * B} \right)$$

Dónde:

**A [m]:** Diferencia de altura entre ventana y obstáculo

**B [m]:** Distancia entre ventana y obstáculo

**D [m]:** Ancho obstáculo perpendicular a la ventana

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.3 Radiación

- Finalmente con todos los FAVs y FAR calculados, por elemento y por orientación, se ponderan por orientación con sus respectivas áreas y factores solares de cada cristal, con lo que se obtiene el vector de radiación directa y difusa que ingresa por las áreas traslucidas para cada orientación.

Radiación difusa /m2												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
5	106,1	38,4	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	17,1	70,9	126,4	
6	353,5	290,4	144,9	25,6	2,6	0,0	0,3	13,3	72,3	228,8	339,8	353,1
7	520,8	442,9	372,8	220,6	103,8	48,5	80,6	167,5	308,7	433,7	538,1	525,4
8	619,2	623,8	527,5	422,1	290,5	219,2	246,8	374,2	482,5	629,6	634,7	642,8
9	695,4	709,5	629,6	555,5	442,0	352,9	390,9	455,6	622,3	739,8	772,7	755,5
10	843,8	745,2	720,2	649,6	546,2	455,9	469,4	566,5	722,1	803,1	881,3	757,0
11	853,1	848,6	794,7	693,4	577,3	495,7	478,3	586,8	807,9	905,8	875,5	880,9
12	852,5	853,1	717,5	653,6	575,6	485,1	461,1	647,1	676,4	831,8	943,1	821,3
13	872,0	810,9	795,4	677,8	528,4	448,0	462,9	596,5	642,3	783,0	844,7	849,1
14	739,7	765,0	717,6	566,3	398,4	339,0	386,8	518,1	615,5	726,6	802,5	783,3
15	657,1	649,7	544,0	426,0	294,4	198,5	241,5	374,2	487,5	565,5	597,1	667,4
16	505,6	403,8	395,3	247,5	123,4	55,5	67,7	182,6	309,6	371,8	504,2	542,0
17	342,0	285,8	134,0	30,9	2,1	0,0	0,2	11,6	72,5	245,7	330,3	356,8
18	93,3	32,6	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	16,0	87,8	116,8
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Radiación Directa /m2												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4
6	174,0	120,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,5	151,1	193,2
7	397,7	308,7	220,4	73,5	14,4	0,0	8,6	32,7	118,7	0,0	345,0	475,7
8	676,1	555,8	436,9	225,0	0,0	0,0	0,0	0,0	283,1	381,6	542,6	686,9
9	935,4	768,7	616,0	379,4	0,0	147,8	144,2	0,0	381,7	616,7	747,7	845,4
10	1032,7	938,2	835,7	544,2	311,2	212,9	231,9	334,3	506,6	715,8	901,0	1023,8
11	1172,5	1008,9	826,5	592,1	401,5	216,1	357,5	469,8	509,1	732,9	1057,1	1076,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

← Ejemplo fachada oriente

$$\phi_{Rad} = \sum_i \phi_{solar} * FS_i * A_i * FAV_i * FAR_i$$

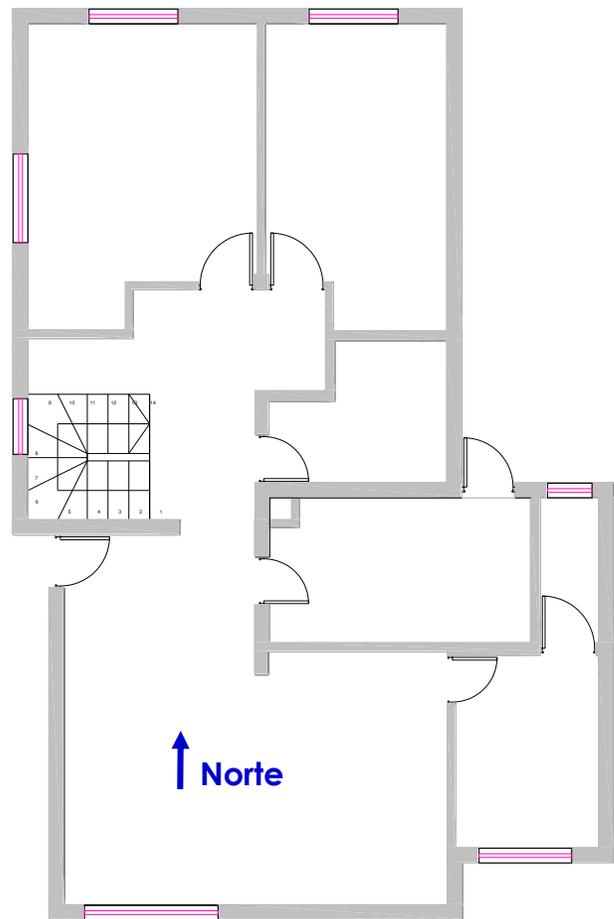
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4 Envolvente + Inercia Térmica

- La envolvente se encuentra compuesta por todos los elementos opacos y traslucidos, los cuales son ponderados por fachada, Dónde para el cálculo de transmitancia térmica, dependen cada uno de lo siguiente:



- Techos:**
- Materialidad
  - Espesor sólido
  - Espesor aislante
  - Posición aislante
  - Transmitancia
  - Área
  - Cámaras de aire
  - Tipo de cubierta

- Muros:**
- Materialidad
  - Espesor sólido
  - Espesor aislante
  - Posición aislante
  - Transmitancia
  - Área

- Puertas:**
- Transmitancia
  - Área

- Ventanas:**
- Transmitancia
  - Área
  - Marco

- Pisos ventilados:**
- Transmitancia
  - Área
  - Materialidad

Elementos Opacos					Elementos traslucidos	
		Área total [m2]	Área Efectiva [m2]	U [W/Km²]	Área [m2]	U [W/Km²]
106	Horiz	37,20	37,20	0,32	0,00	0,00
107	N	12,44	12,44	0,59	0,00	0,00
108	NE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
109	E	13,84	13,84	0,86	5,10	2,80
110	SE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
111	S	9,38	9,38	0,59	0,00	0,00
112	SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
113	O	12,82	12,82	0,59	0,00	0,00
114	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
115	Pisos	37,20	0,00	0,00		

- Resumen ponderado por orientación

- Las cámaras de aire, tipo de cubierta así como la materialidad (en una de sus funciones) define la "Absortividad" de la cara. Esto es relevante para definir la T° a la que se considera la transferencia de calor.

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$\dot{Q} [W] = \sum \dot{\Phi}_{cargas\ internas} + \dot{\Phi}_{Radiación} \pm \dot{\Phi}_{Envolvente} \pm \dot{\Phi}_{Infiltraciones} \pm \dot{\Phi}_{Ventilación} \pm \dot{\Phi}_{Puentes\ térmicos} \pm \dot{\Phi}_{Inercia\ térmica} \pm \dot{\Phi}_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

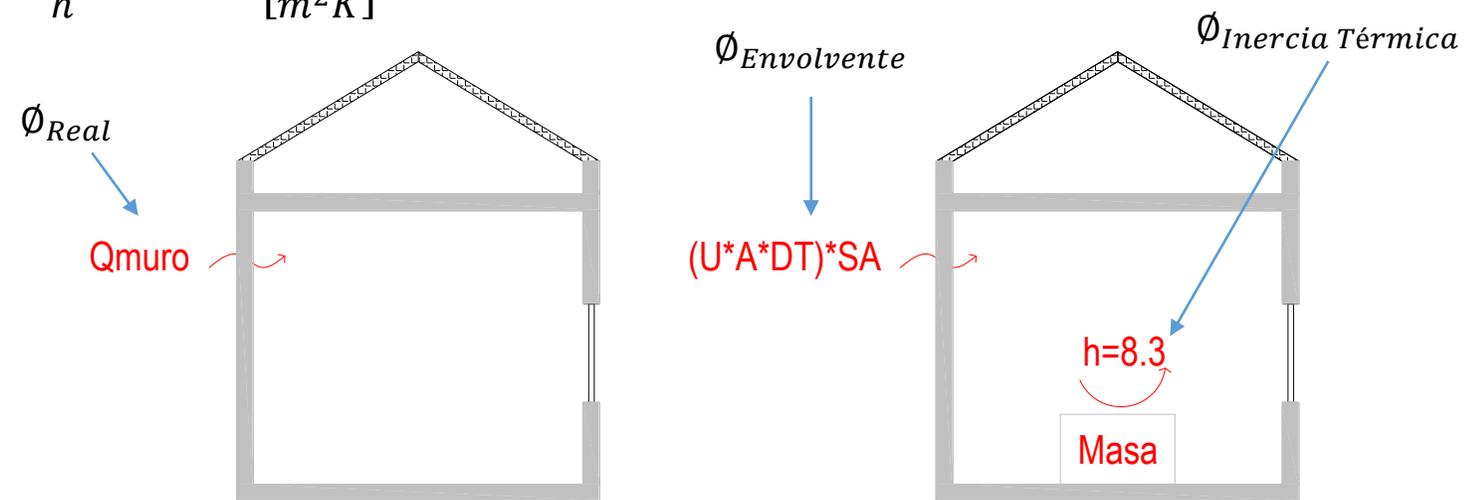
### 6.3.4 Envolvente + Inercia Térmica: General

- El comportamiento de muro en régimen dinámico es complejo, ya que no solo depende de la transmitancia térmica del muro sino también de su masa y calor específico.
- Para simular el comportamiento dinámico del muro, techo o piso, la PBTD divide el problema en dos:
  - Por una parte considera la transferencia de calor estática del elemento de envolvente amplificada por una función de modulación llamada serie de amplificación SA.
  - Por otro lado se considera que cada elemento de la envolvente aporta cierta cantidad de masa al sistema. Las masas que aporta cada elemento son sumadas para generación de una masa acumulada total. Esta masa solo intercambia calor con el aire interior de la vivienda mediante un factor  $h = 8.3 [W/m^2K]$  que corresponde al valor recomendado por la legislación Chilena para la cara interior de muros.

$$\dot{\Phi}_{Convección} = h \cdot A \cdot \Delta T \quad \longrightarrow \quad R_{si} = 0.12 = \frac{1}{h} \Rightarrow h = 8.3 \left[ \frac{W}{m^2K} \right]$$

Donde

- h**: corresponde al coeficiente convectivo o coeficiente de película. (Se usa 8,3 para mantener la lógica de operación de la NCh 853)
- A**: Área de intercambio de calor.
- ΔT**: Diferencia de temperatura entre la masa incorporada y el interior del recinto analizado.



$$\dot{\Phi}_{Real} = \dot{\Phi}_{Equivalente} = \dot{\Phi}_{Envolvente} + \dot{\Phi}_{Inercia\ Térmica}$$

Calor real en régimen dinámico

Modelo equivalente

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

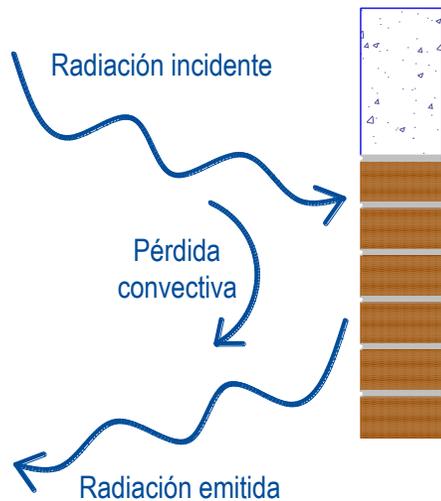
### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.4 Envolvente + Inercia Térmica: $T_{sol-air}$

- Resolvemos entonces el flujo asociado a la envolvente, así como su energía:

$$\phi_{Envolvente} = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \longrightarrow \quad E_{Envolvente} = U \cdot A \cdot (T_i^{Exterior} - T_i^{Interior}) \cdot \Delta t \quad \text{Con } \Delta t \text{ tiempo}$$

- Sin embargo la temperatura exterior de la envolvente se encuentra afectada por la radiación solar, pudiendo estar a mayor temperatura que la ambiente exterior. Es distinto una fachada Norte de una Sur, o una oriente en la mañana de una poniente en la tarde.
- De esta manera la temperatura exterior de nuestro balance se considera como una temperatura exterior ficticia equivalente, llamada  $T_{sol-air}$ .



- Realizando el balance de calor en una superficie expuesta a la radiación se tiene:

$$\frac{\phi}{A} = \alpha \cdot E + h_o \cdot (T_e - T_s) - \varepsilon \cdot \Delta R$$

Dónde:

$\phi/A$ :

flujo partido por área de incidencia [ $W/m^2$ ]

$\alpha$ :

Absortividad de la superficie expuesta a la radiación solar []

$E$ :

Radiación total incidente en la superficie [ $W/m^2$ ]

$h_o$ :

Coefficiente de película exterior, se considera 17 [ $W/m^2 K$ ]

$t_e$ :

Temperatura exterior [ $^{\circ}C$ ]

$t_s$ :

Temperatura superficial exterior [ $^{\circ}C$ ]

$\varepsilon$ :

Emisividad de la superficie, se considera 1 []

$\Delta R$ :

Diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre el elemento desde el cielo y los alrededores y la emitida por un cuerpo negro a temperatura exterior [ $W/m^2$ ]

- Elemento de envolvente

- Modelando el problema general planteado en la ecuación anterior en base a una transferencia meramente convectiva hacia el interior del elemento pero en función de una temperatura exterior equivalente llamada  $T_{sol-air}$  ( $T_{sol}$ ) entonces se puede escribir:

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.4 Envolvente + Inercia Térmica: $T_{sol}$

- Modelando el problema general planteado en la ecuación anterior en base a una transferencia meramente convectiva hacia el interior del elemento pero en función de una temperatura exterior equivalente llamada  $T_{sol}$  entonces se puede escribir:

$$\frac{\phi}{A} = h_o \cdot (T_{sol} - T_s)$$

$$\frac{\phi}{A} = \alpha \cdot E + h_o \cdot (T_e - T_s) - \varepsilon \cdot \Delta R$$

Igualando y  
Despejando  
 $T_{sol}$

$$T_{sol} = T_e + \frac{\alpha \cdot E}{h_o} - \frac{\varepsilon \cdot \Delta R}{h_o}$$

Ecuación anterior

- Para superficies horizontales, como techumbres, en base a lo señalado en antecedente en ASHRAE Fundamentals según Bliss año 1961,  $\Delta R$  se estima cercano a 63 [W/m<sup>2</sup>], por lo que para una emisividad igual a 1 y un coeficiente de película de 17 [W/m<sup>2</sup> K] se puede reducir a 4K.
- Así mismo, como las superficies verticales reciben radiación desde edificios vecinos, suelo y otros, las diferencias entre radiación emitida y recibida son menores, por lo que para efectos prácticos se asume  $\Delta R=0$ .
- Con lo que finalmente la ecuación original queda de la siguiente manera, Dónde ahora la temperatura exterior, o  $T^{sol}$  depende de la orientación, la temperatura exterior, la radiación y la absorptividad de la cara expuesta.

$$E_{Envolvente} = U \cdot A \cdot (T_i^{Sol} - T_i^{Interior}) \cdot \Delta t$$

- Este valor finalmente es modulado por una serie de amplificación SA que permite amortiguar, amplificar o desfasar este calor, de modo que cuando sumado al calor que transfiere la masa (Inercia Térmica) se obtenga un comportamiento similar al comportamiento dinámico real del muro pero calculado por partes.

$$E_{Envolvente} = U \cdot A \cdot (T_i^{Sol} - T_i^{Interior}) \cdot \Delta t \cdot SA$$

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

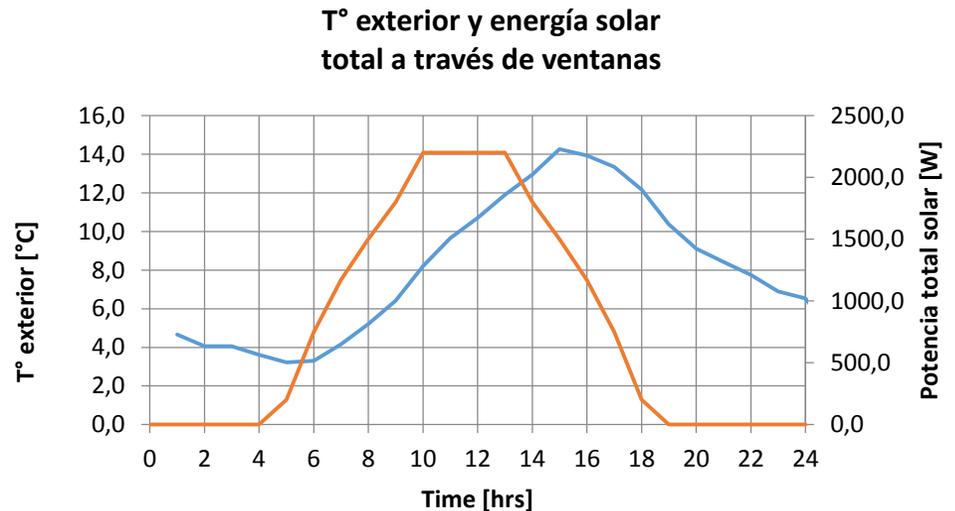
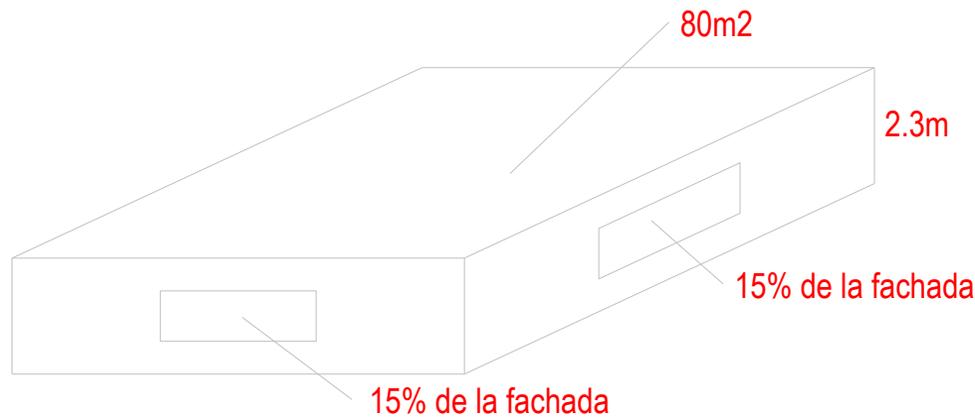
### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.4-a Envolvente – Serie de Amplificación SA

- La serie de amplificación corresponde a un vector de 24 componentes donde 23 de ellas son 0 y se tiene una distinta con un valor que se calibró caso a caso.

#### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa

- Se tiene una vivienda de 80 m<sup>2</sup> y 2.3 m de altura, de albañilería de 150 mm en todas sus caras, ubicada en Santiago, durante julio. Se consideró una carga interna total de 8,4 [W/m<sup>2</sup>] constantes a lo largo del día y un perfil de ingreso de radiación solar equivalente a un 15% de ventanas en cada fachada N, S, E y O.



- La temperatura exterior presenta una oscilación de entre 4 a 14°C aproximadamente, mientras el sol total alcanza una potencia de 2,200 [W]

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa

- Se elaboró un modelo de diferencias finitas de la vivienda. Para lo que se dividió el muro de albañilería en pequeñas celdas de 4mm cada una.

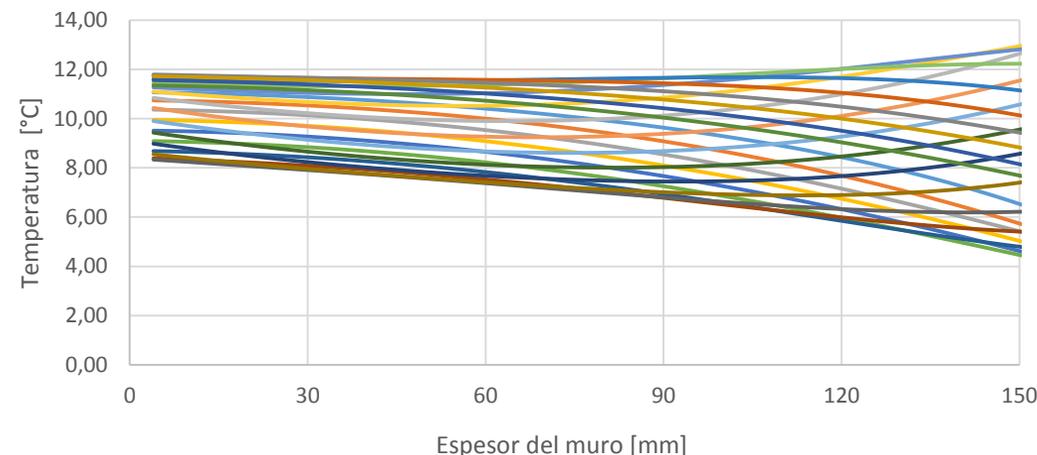


- Cada celda intercambia calor con las vecinas de acuerdo a las ecuaciones estáticas de transferencia de calor solo que intervalos de tiempo muy pequeños, del orden de 1 [s].

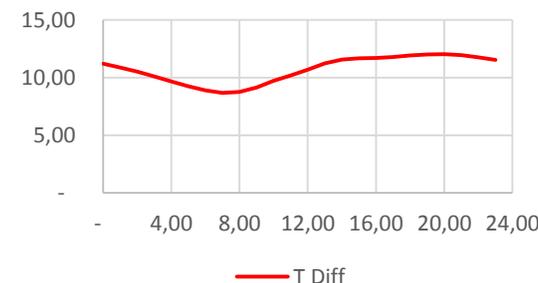
$$Q_{conduccion} = \frac{\lambda}{\Delta x} \cdot A \cdot \Delta T$$

- $\Delta x$  corresponde al ancho de cada celda.
- Esto permite modelar el régimen dinámico sin supuesto respecto de las temperaturas interiores del muro.
- La fotografía muestra el perfil interior de temperaturas para un tiempo cualquiera.
- Los coeficientes de transferencia de calor en las caras fueron de 8,3 en la cara interior y 20 [W/m<sup>2</sup>K] en la exterior, respetando lo establecido en la legislación en términos de las resistencias térmicas superficiales de 0,12 y 0,05.

Perfil Interior de T° del muro



- El grafico muestra el perfil interior de temperaturas de muro cada 1 hora durante 24 horas. Se observa la no linealidad del comportamiento incluso en invierno.



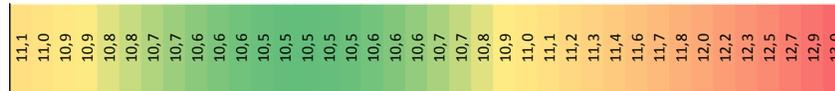
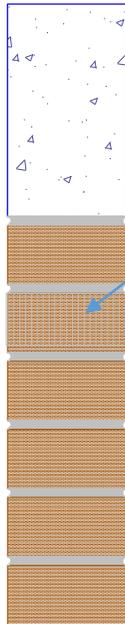
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa

- Se elaboró un modelo de diferencias finitas de la vivienda. Para lo que se dividió el muro de albañilería en pequeñas celdas de 4mm cada una.

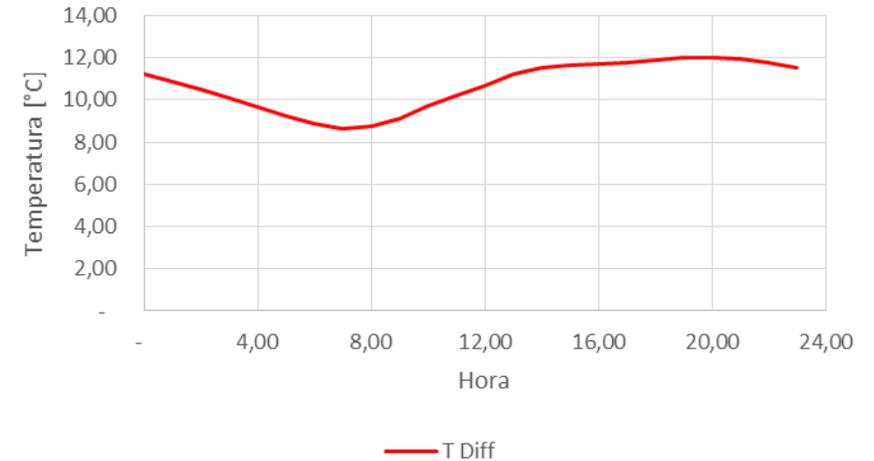


- Cada celda intercambia calor con las vecinas de acuerdo a las ecuaciones estáticas de transferencia de calor solo que intervalos de tiempo muy pequeños, del orden de 1 [s].

$$Q_{conduccion} = \frac{\lambda}{\Delta x} \cdot A \cdot \Delta T$$

- $\Delta x$  corresponde al ancho de cada celda.
- Esto permite modelar el régimen dinámico sin supuesto respecto de las temperaturas interiores del muro.
- La fotografía muestra el perfil interior de temperaturas para un tiempo cualquiera.
- Los coeficientes de transferencia de calor en las caras fueron de 8,3 en la cara interior y 20 [W/m<sup>2</sup>K] en la exterior, respetando lo establecido en la legislación en términos de las resistencias térmicas superficiales de 0,12 y 0,05.

Temperatura Interior del aire.  
Modelo Diferencias Finitas



- Se observa la variación interior de la temperatura en el recinto mono-zona.

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa Temperaturas

1. Se corrió un calculo CEV utilizando:

- SA de 100% en hora 1
- Masa de 3 cm de albañilería.
- (Amplitud excesiva)

2. Se corrió un calculo CEV utilizando:

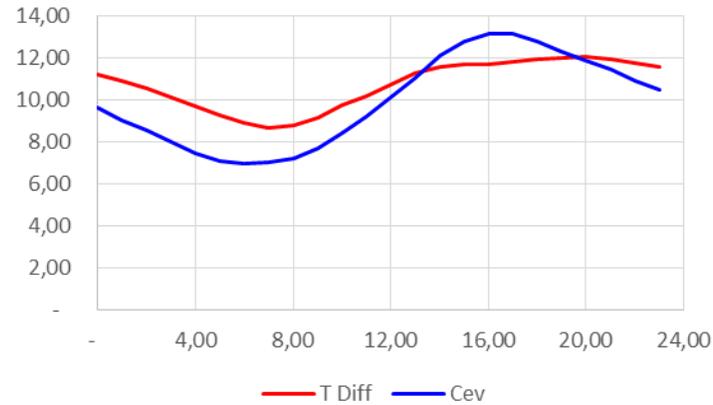
- SA de 100% en hora 1
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Amplitud similar, se modifica SA

3. Se corrió un calculo CEV utilizando:

- SA de 70% en hora 3
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Se explora un desfase mayor de la SA

4. Se corrió un calculo CEV utilizando:

- SA de 70% en hora 6
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Se prefiere ajuste de caso 3



1) 100% (1) y 3cm

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa Temperaturas

1. Se corrió un calculo CEV utilizando:

- SA de 100% en hora 1
- Masa de 3 cm de albañilería.
- (Amplitud excesiva)

2. Se corrió un calculo CEV utilizando:

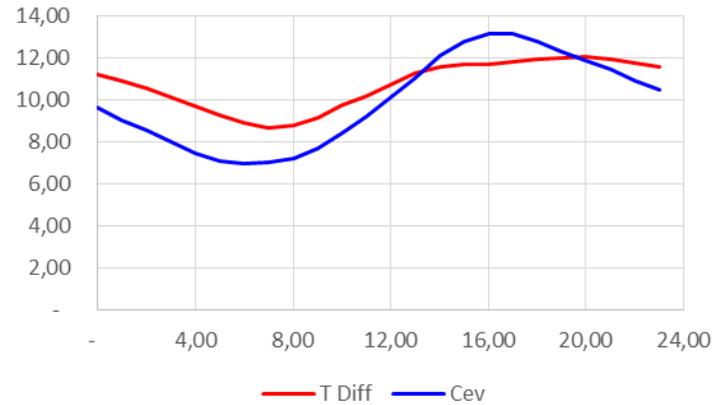
- SA de 100% en hora 1
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Amplitud similar, se modifica SA

3. Se corrió un calculo CEV utilizando:

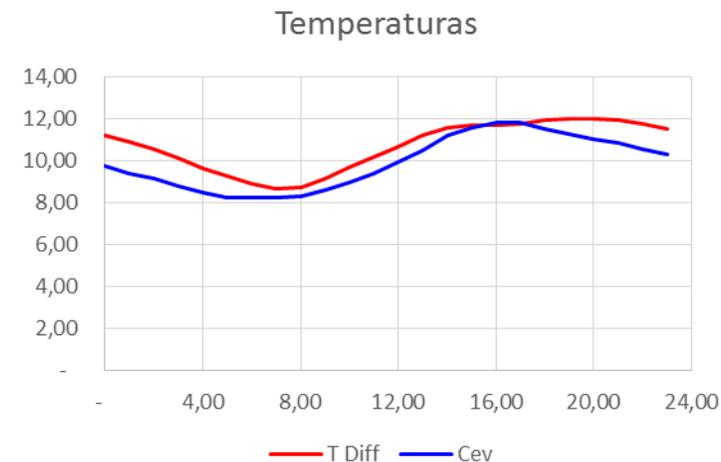
- SA de 70% en hora 3
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Se explora un desfase mayor de la SA

4. Se corrió un calculo CEV utilizando:

- SA de 70% en hora 6
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Se prefiere ajuste de caso 3



1) 100% (1) y 3cm



2) 100% (1) y 7cm

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa

Temperaturas

1. Se corrió un calculo CEV utilizando:

- SA de 100% en hora 1
- Masa de 3 cm de albañilería.
- (Amplitud excesiva)

2. Se corrió un calculo CEV utilizando:

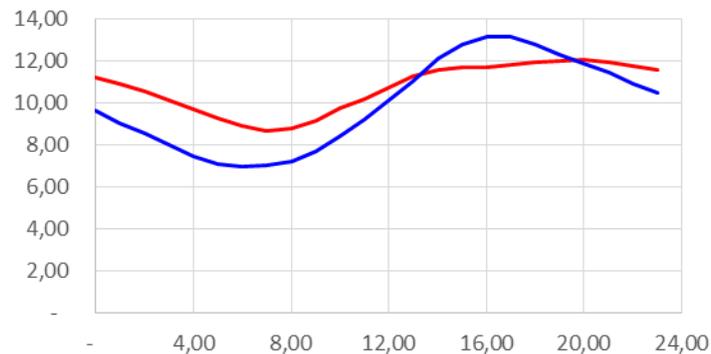
- SA de 100% en hora 1
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Amplitud similar, se modifica SA

3. Se corrió un calculo CEV utilizando:

- SA de 70% en hora 3
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Se explora un desfase mayor de la SA

4. Se corrió un calculo CEV utilizando:

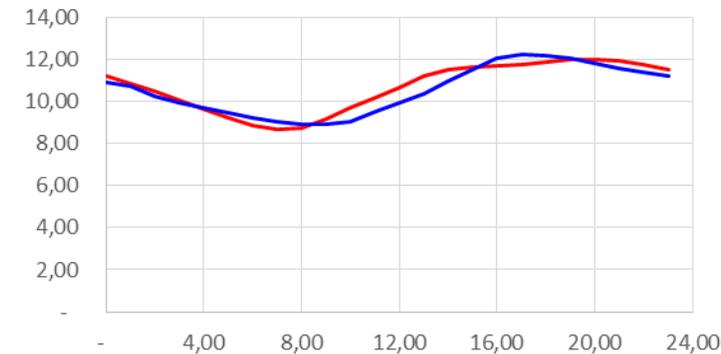
- SA de 70% en hora 6
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Se prefiere ajuste de caso 3



— T Diff — Cev

1) 100% (1) y 3cm

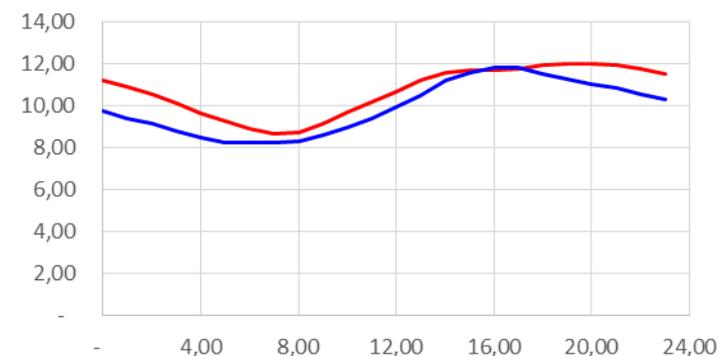
Temperaturas



— T Diff — Cev

3) 70% (3) y 7cm

Temperaturas



— T Diff — Cev

2) 100% (1) y 7cm

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa Temperaturas

1. Se corrió un calculo CEV utilizando:

- SA de 100% en hora 1
- Masa de 3 cm de albañilería.
- (Amplitud excesiva)

2. Se corrió un calculo CEV utilizando:

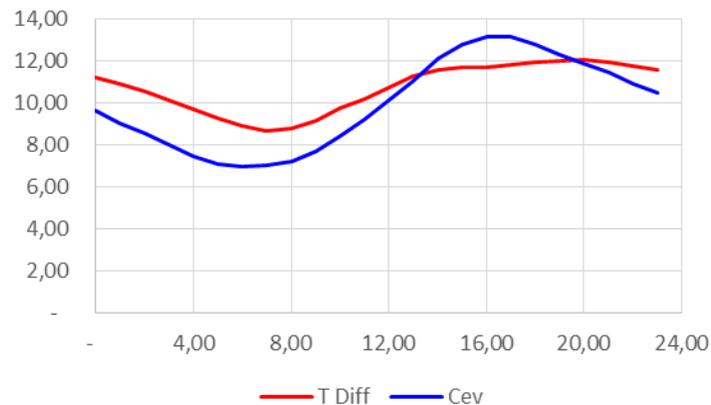
- SA de 100% en hora 1
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Amplitud similar, se modifica SA

3. Se corrió un calculo CEV utilizando:

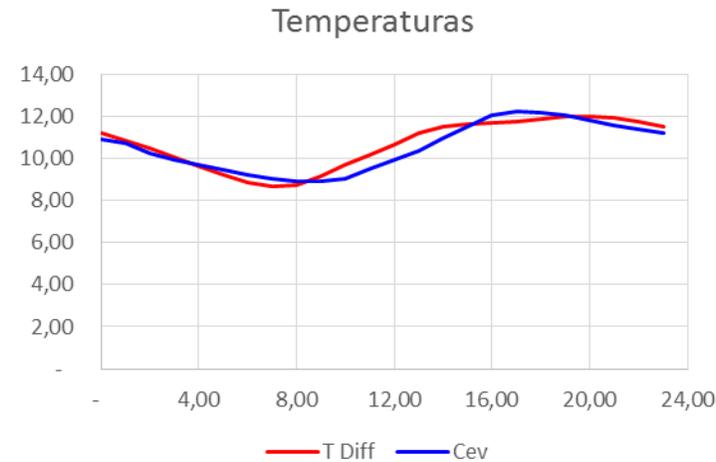
- SA de 70% en hora 3
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Se explora un desfase mayor de la SA

4. Se corrió un calculo CEV utilizando:

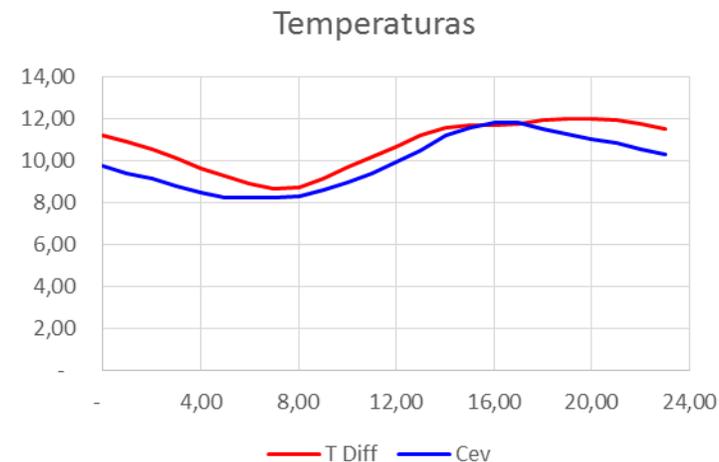
- SA de 70% en hora 6
- Masa de 7 cm de albañilería.
- Se prefiere ajuste de caso 3



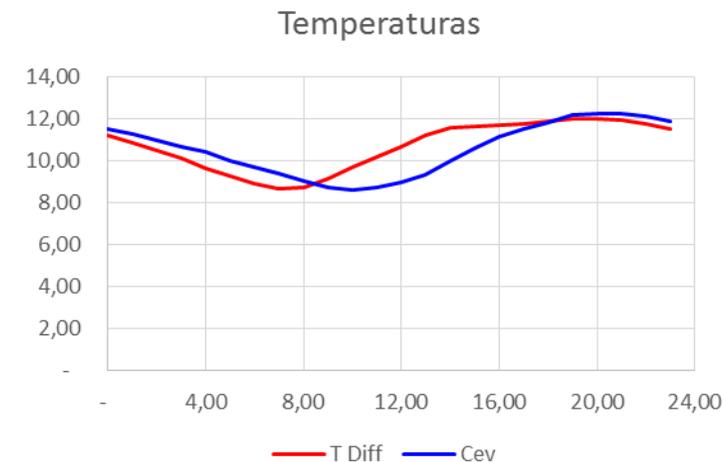
1) 100% (1) y 3cm



3) 70% (3) y 7cm



2) 100% (1) y 7cm



4) 70% (6) y 7cm

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

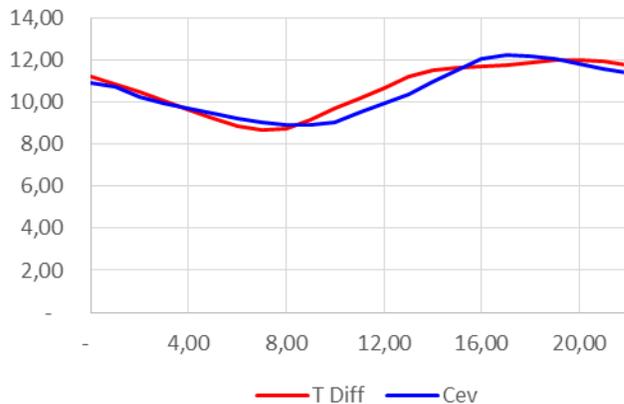
## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa

1. El caso 3) de mejor ajuste

- SA de 70% en hora 3
- Masa de 7 cm de albañilería para toda la superficie interior de la vivienda.

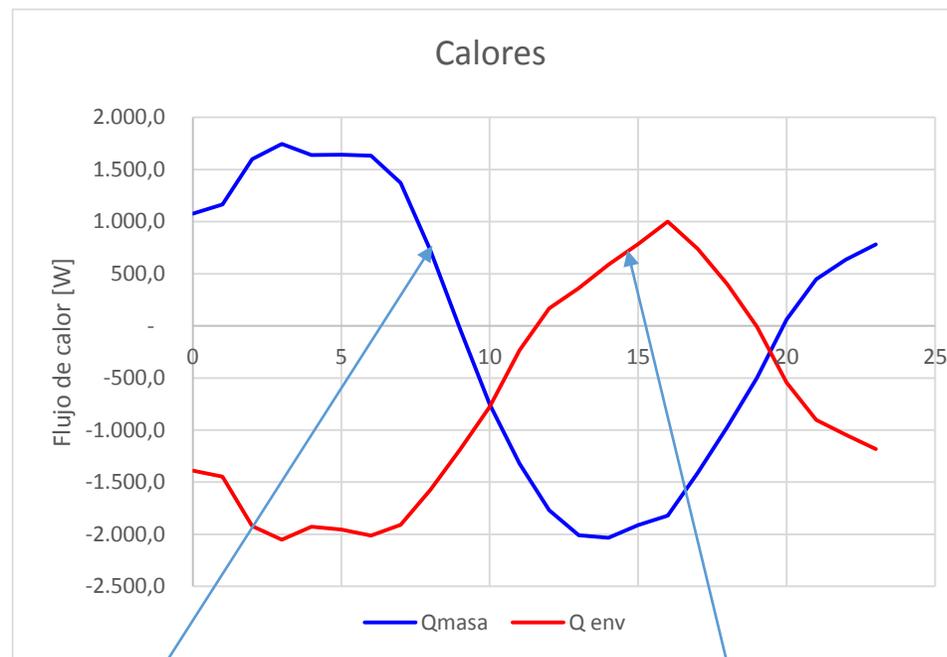
Temperaturas



- Ajuste de T° obtenido.
- Error acumulado de 8,1 °C.

SA
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

- Para esta condiciones los calores transferido por el modelo desagregado de CEV, tanto por la masa (Inercia Térmica) como por la envolvente modulada por SA (Envolvente), son los siguientes.



Calor transferido por la masa (Inercia Térmica)

Calor transferido por la envolvente, modulada por SA (Envolvente)

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa

- Para estas condiciones los calores transferido por el modelo desagregado de CEV, tanto por la masa (Inercia Térmica) como por la envolvente modulada por SA (Envolvente), son los siguientes.



Calor transferido por la masa  
(Inercia Térmica)

+

Calor transferido por la  
envolvente, modulado por SA  
(Envolvente)



$$\phi_{Real} = \phi_{Equivalente} = \phi_{Envolvente} + \phi_{Inercia\ Térmica}$$

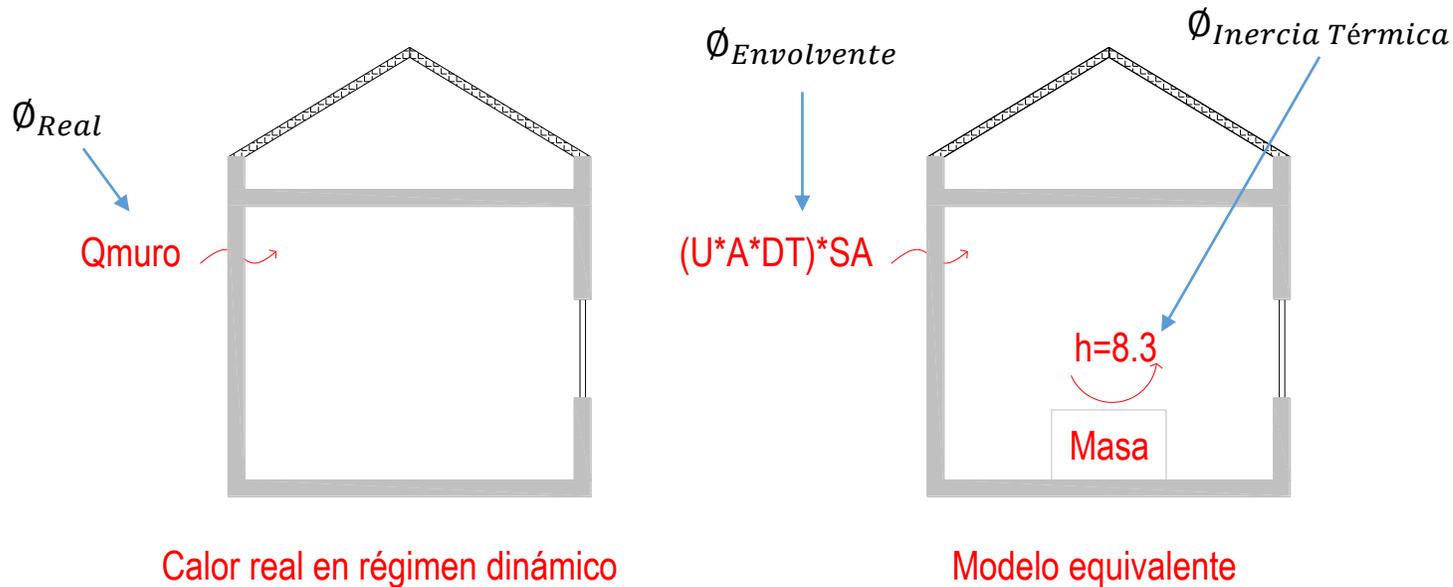
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$\dot{Q} [W] = \sum \dot{\Phi}_{cargas\ internas} + \dot{\Phi}_{Radiación} \pm \dot{\Phi}_{Envolvente} \pm \dot{\Phi}_{Infiltraciones} \pm \dot{\Phi}_{Ventilación} \pm \dot{\Phi}_{Puentes\ térmicos} \pm \dot{\Phi}_{Inercia\ térmica} \pm \dot{\Phi}_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.4-b Calibración – Serie de Amplificación SA y Masa

- Recordar.



- El flujo de calor real es aquel obtenido vía diferencias finitas.

$$\Phi_{Real} = \Phi_{Equivalente} = \Phi_{Envolvente} + \Phi_{Inercia\ Térmica}$$

- El error absoluto en este caso es del 3.1%. Esto llevado a comparar las integrales bajo la curva es de un 0,7%.

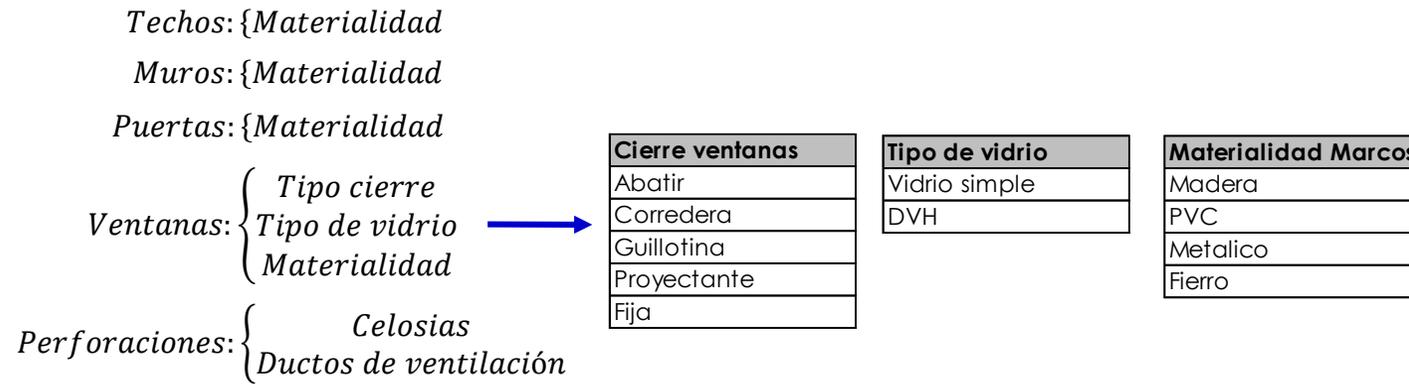
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación: Infiltraciones

- Las infiltraciones también dependen de los elementos de la envolvente, sin embargo no se resuelven con Tsol, por lo que no dependen de la orientación.



## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación: Infiltraciones

- Los ensayos de hermeticidad o de presurización se produce induciendo un flujo de aire en el interior de la construcción a través de un ventilador. En general, se induce una diferencia de presión de 50 [Pa] entre el interior y el exterior de la construcción, y se mide cual es el flujo de aire que se debe inyectar para mantener esta diferencia de presiones.

$$RH_{50Pa} = RH_{50Pa\ sin\ ductos} + RH_{50\ Pa\ DV}$$

Dónde

- $RH_{50Pa\ sin\ ductos}$ : Valor obtenido del cálculo o de la medición estandarizada a 50 [Pa]
- $RH_{50Pa\ DV}$ : Corresponde al aumento de las infiltraciones por efecto de ductos de ventilación u otros ductos.

$$RH_{50Pa\ DV} = \frac{250}{V} \sqrt{N_1 + 1.5 * N_2}$$

Dónde

- $V$ : Volumen de la vivienda
- $N_1$ : Número de ductos de ventilación o chimeneas existentes en la vivienda.
- $N_2$ : Número de celosías de ventilación que comuniquen con el exterior y que no tengan dámper.

$$RH_{50Pa\ sin\ ductos} = \frac{VP_{ensayo} * A * 50^{0.65}}{P_{ensayo}^{0.65}}$$

Dónde

- $VP_{ensayo}$ : Valor de ensayo a la presión que fue ensayado
- $A$ : Área del elemento, (Muros, ventanas y puertas)
- $P_{ensayo}$ : Presión del ensayo, para muros corresponde a 50 y para ventanas y puertas a 100.

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación: Infiltraciones

Ventanas	
AL-PVC Abatir	5,6
AL-PVC Corredera (2M)	46
AL-PVC Guillotina	29
AL_PVC Proyectante	13
AL-PVC Fija	10
Madera	87
Madera DVH Europea	4
Fierro	120

Puertas	
Madera Liviana	140
Madera Solida	120
Aluminio	118

Envolvente	
Pesado	6,4
Intermedio	7,2
Madera	20,4
Liviano-Otro	14

- Valores de ensayos considerados

- Con lo que finalmente se calculan las infiltraciones para la envolvente particular de la vivienda

$$RHN = \frac{RH_{50Pa}}{N} F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4$$

Dónde:

- **N:** Coeficiente empírico que, para este caso vale 20.8
- **RHN:** Número de renovaciones de aire por hora promedio de la vivienda. El factor se puede calcular en verano o invierno de forma diferenciada.
- **RH<sub>50Pa</sub>:** Número de renovaciones de aire por hora a 50 [Pa] de diferencia de presión entre el interior y el exterior.

Zona	F1	F2	F3	F4
A	0,91	1,1	1,23	0,78
B	1,07	1,16	1,16	0,76
C	1	1,18	1,24	0,62
D	1	1,18	1,24	0,62
E	1	1,18	1,24	0,62
F	1	1,18	1,24	0,62
G	1	1,18	1,24	0,62
H	1,36	1,15	1,16	0,7
I	1,91	1,19	1,04	0,83
J	1,75	1,09	1,07	0,84

Dónde

- **F<sub>1</sub>:** Factor que tiene en cuenta la zona térmica Dónde está ubicada la vivienda.
- **F<sub>2</sub>:** Factor que tiene en cuenta el número de pisos de la vivienda.
- **F<sub>3</sub>:** Factor que considera la existencia o no de ductos de ventilación o evacuación de gases como calefón y celosías de ventilación o similar.
- **F<sub>4</sub>:** Factor que tiene en cuenta la época para la cual se realiza el cálculo (invierno o verano).

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo $Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación: Ventilación

- Como ventilación se entiende los flujos de aire necesarios al interior de los espacios habitados por conceptos de salubridad.
- Para lo anterior, los flujos de aire serán los proporcionados por las infiltraciones más lo necesario para satisfacer lo anterior.

$$F_{Min} = 2.5 \left[ \frac{lbs}{s} \right] * Usuarios + 0.3 \left[ \frac{lbs}{s} \right] * superficie [m2] \longrightarrow \text{Caudal mínimo por salubridad según ASHRAE}$$

Donde:

- **FMin:** Flujo mínimo requerido por salubridad
- **Usuarios:** Cantidad de habitantes
- **Superficie:** Superficie de la vivienda

- Frente a este escenario, y con el objetivo de promover medidas de control de la ventilación, es que se definen alternativas para reducir el caudal máximo así como los siguientes casos dependiendo de las medidas tomadas.

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación: Ventilación

- Para el caso en que no se tenga ningún sistema de ventilación, las renovaciones de aire a considerar para el cálculo de la demanda de calefacción se calculan como:

$$F_{a\ usar} = MAX(1.35 * F_{Min}, F_{infiltr})$$



Básicamente se asume que el usuario ventilará la vivienda abriendo las ventanas, por lo que se castiga en un 35% el caudal mínimo requerido.

Donde:

- $F_{a\ usar}$ : Flujo de renovaciones de aire a usar para el cálculo de la demanda de calefacción.
- $F_{infiltr}$ : Flujo por infiltraciones

- Para el caso que se considere ventilación mecánica o un Recuperador de Calor (RC), la tasa de renovaciones de aire se disminuyen según sea el caso en base a cálculo interno

$$F_{Min} = MIN(F_M, 1.35 * F_{Min})$$



Se premia la instalación de un ventilador, que controla los flujos.

Donde:

- $F_M$ : Flujo por ventilación mecánica, definido por RACE.

- Para el caso que se considere un sensor de CO<sub>2</sub>, se permite ajustar los caudales al perfil de uso de la vivienda

$$F_{Min} = MAX(F_{Infiltr}, F_{Min\ perfil\ de\ uso})$$



Se considera que el sensor de CO<sub>2</sub> permite reconocer el perfil de uso de la vivienda

Donde:

- $F_{min\ perfil\ de\ uso}$ : Flujo de renovaciones de aire donde los usuarios se ven modificados de manera horaria

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación: Ventilación Mecánica

- Para el cálculo de la ventilación controlada es relevante la relación entre el caudal mínimo por salubridad y las infiltraciones que tiene la vivienda, o la proporción entre lo necesario y la parte que no se puede controlar.
- Para lo anterior se define lo siguiente en base a ensayos:

$$RACE = F_{min} * (0.9856 - 0.0014X + 0.5785X^2) \longrightarrow \text{Donde: } X = \frac{F_{infiltr}}{F_{Min}}$$

- Con lo anterior, se definen entonces las siguientes alternativas de las cuales el evaluador puede elegir, siendo las opciones lo siguiente:

Identificación Ventilación
NO existen ventiladores para la ventilación de la vivienda ni control automatico
Tiene sistema de ventilación natural controlada automaticamente y sin ventiladores
Extractor en vivienda unifamiliar sin ductos
Extractor en vivienda unifamiliar con ductos
Extractor colectivo en edificio
Recuperador de calor

$$1.35 * F_{Min}$$

$$\begin{cases} 1.08 * F_{Min} & \text{si } F_{infiltr} < 65\% * F_{Min} \\ 1.35 * F_{Min} & \text{si } F_{infiltr} \geq 65\% * F_{Min} \end{cases}$$

$$MIN(1.35 * F_{Min}, RACE)$$

Donde estos casos pueden a su vez ser controlados por un sensor de CO<sub>2</sub>

En el caso particular de existir un Recuperador de Calor (RC), en el balance térmico realizado, parte del calor asociado a este flujo será recuperado considerando la eficiencia

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

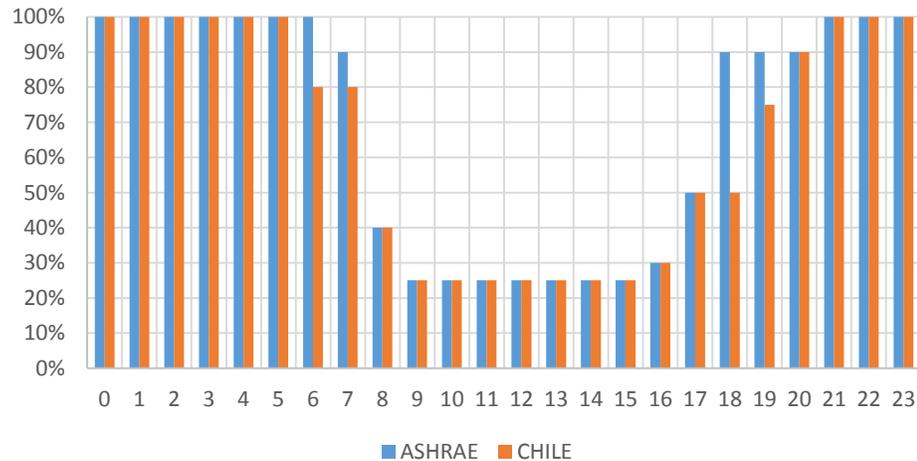
$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación: Ventilación controlada por CO<sub>2</sub>

- En los casos de existir control de CO<sub>2</sub>, los usuarios de la vivienda se ajustan al perfil de ocupación definido para la calificación, el cual corresponde al siguiente:

Perfil de ocupación



Hrs	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
CHILE	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%	80%	40%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	30%	50%	50%	75%	90%	100%	100%	100%	100%

- Se ajusta el perfil de ocupación definido por ASHRAE para representar mejor la realidad laboral nacional.

$$F_{Min} = \%_{horario} * 2.5 \left[ \frac{lbs}{s} \right] * Usuarios + 0.3 \left[ \frac{lbs}{s} \right] * superficie [m2]$$

Por lo que finalmente de existir control por CO<sub>2</sub>

$$F_{Min} = MAX(F_{Infilt} , F_{Min\ perfil\ de\ uso})$$

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación

- Con las tasas de infiltraciones y ventilación definidas anteriormente se puede finalmente definir el volumen de aire de intercambio con el exterior que sucederá cada hora, el cual se señala como un porcentaje del volumen de aire interior o Renovaciones Aire Hora (RAH)
- Este caudal de aire se maximiza durante el día así como en la noche en base a lo siguiente:

En horario nocturno se agregan 3 RAH si se cumple que:

$$\rightarrow T^{exterior} \geq 15^{\circ}$$



Lo cual tiene como objetivo considerar que los usuarios abrirán las ventanas en la noche siempre y cuando la temperatura exterior no sea inferior a 15°C

En horario diurno se agregan 3 RAH si se cumple que:

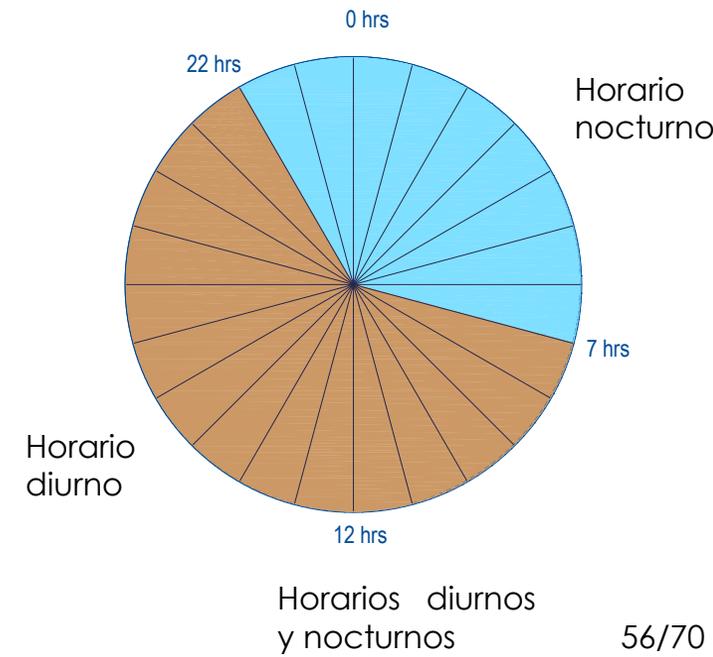
$$\rightarrow T_{n\ min} > T^{exterior} > T_{n\ max}$$



Lo cual tiene como objetivo considerar que los usuarios abrirán las ventanas durante el día siempre y cuando la temperatura exterior se encuentre dentro del rango de confort

Renovaciones de aire por hora [1/hr]												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
1	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
2	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
3	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
4	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
5	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
6	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
7	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
8	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
9	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
10	3,78	3,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78
11	3,78	3,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78	3,78
12	0,78	0,78	3,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78	3,78
13	0,78	0,78	3,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78	3,78	3,78
14	0,78	0,78	0,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78	3,78	0,78
15	0,78	0,78	0,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78	3,78	0,78
16	0,78	3,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78	3,78
17	3,78	3,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78	3,78
18	3,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78
19	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
20	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
21	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
22	3,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78
23	3,78	3,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	3,78

→ Ejemplo de RAH



# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación

Se tiene una vivienda de 60 m<sup>2</sup> y 2.3 m de altura de piso a cielo con tres habitaciones.

En condición de invierno la temperatura interior se mantiene a 18°C mientras que la temperatura exterior es de 7°C, condición razonable para la zona centro de Chile a las 22:00 hrs.

¿Que calor pierde la vivienda debido a la ventilación?

#### Solución:

El nivel base de ventilación por salubridad considerado por la PBTD corresponde a:

$$F_{Min} = 2.5 \left[ \frac{lbs}{s * persona} \right] * Usuarios + 0.3 \left[ \frac{lbs}{s * m^2} \right] * superficie [m2]$$

La cantidad de usuarios se define como el numero de recintos + 1, es decir, 3+1= 4 personas.

A las 22:00 se asume una ocupación del 100%, por tanto la ocupación es de 4 personas.

$$F_{Min} = 1,35 \cdot \left( 2.5 \left[ \frac{lbs}{s * persona} \right] * 4 personas + 0.3 \left[ \frac{lbs}{s * m^2} \right] * 60 [m2] \right) = 37,8 \left[ \frac{lbs}{s} \right] = 0,0378 \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

Asumamos que esto es superior a la tasa de infiltraciones.

$$RAH = \frac{0,0378 \left[ \frac{m^3}{s} \right] \cdot 3600 \left[ \frac{s}{hr} \right]}{60[m2] \cdot 2,3m} = 0,99 \left[ \frac{1}{hr} \right]$$

La relación entre la energía absorbida por una masa y la variación de su temperatura es función del calor específico, como sigue:

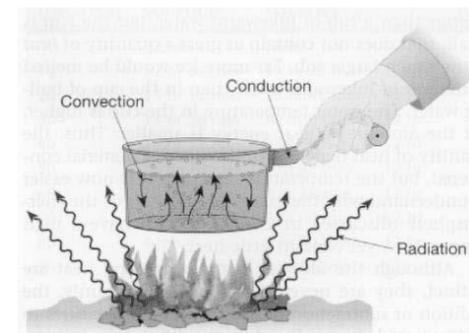
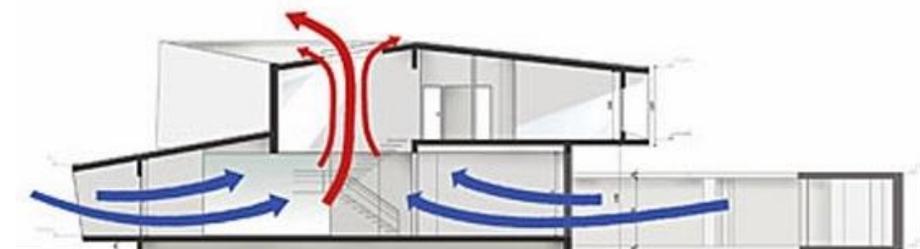
$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Cp: Calor específico del aire 1015 J/kg °C.

ρ: Densidad del aire 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$$\dot{Q} = \rho \cdot F_{Min} \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q} = 1.2 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] \cdot 0,0385 \left[ \frac{m^3}{s} \right] \cdot 1015 \left[ \frac{J}{kg * °C} \right] \cdot (18 - 7)°C = 516[W]$$



EMPLO

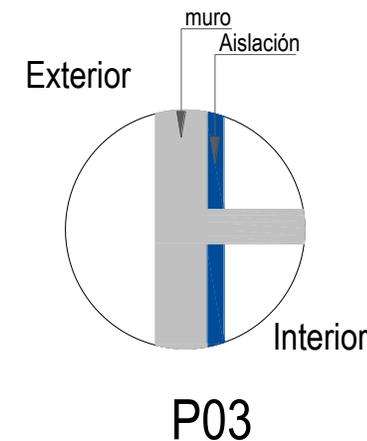
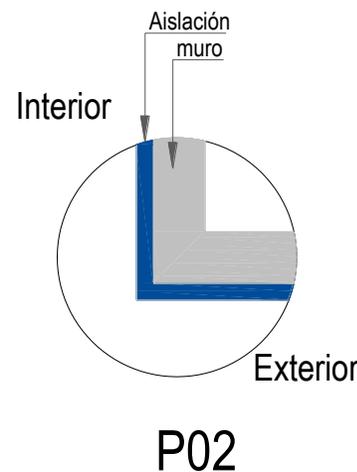
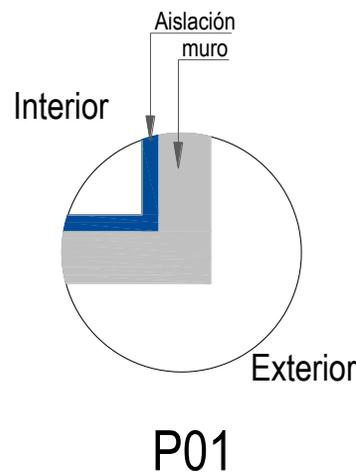
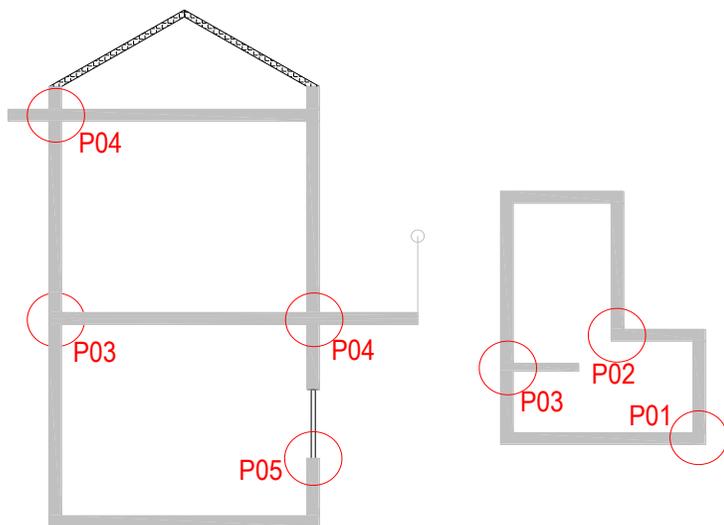
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.6 Puentes térmicos

- Los valores de los puentes térmicos se obtuvieron de modelaciones a través del software Therm, del cual se definen 5 alternativas de puentes térmicos.
- Los puentes térmicos P01, P02 y P03 se definen en los Muros, por lo que el encuentro de Muro-Techo se anota en el elemento "muro" y la materialidad del sólido, así como los espesores que se deben considerar corresponden al del elemento "muro"
- Los puentes térmicos, al igual que los flujos por envolvente, sí dependen de la orientación, por lo que se ven afectados por  $T^{sol}$ .



Los puentes térmicos P01, P02 y P03 dependen de lo siguiente:

- La posición de la aislación.
- El espesor del muro
- La materialidad del muro
- El espesor del aislante



Todo esto queda definido cuando se define el elemento de muro

Posición Aislación	
Ubicación	Abreviatura
Sin Aislación	Sin
Por la cara Interior	Interior
Por la cara Exterior	Exterior
Por Ambas caras	Ambas
Por el interior del elemento	Inter Elementos

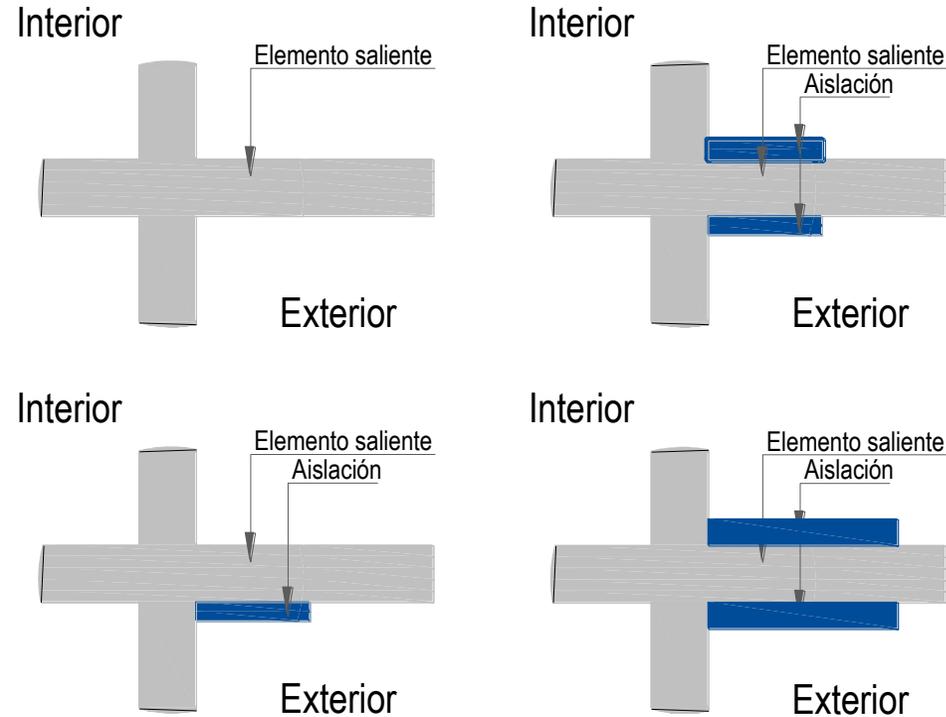
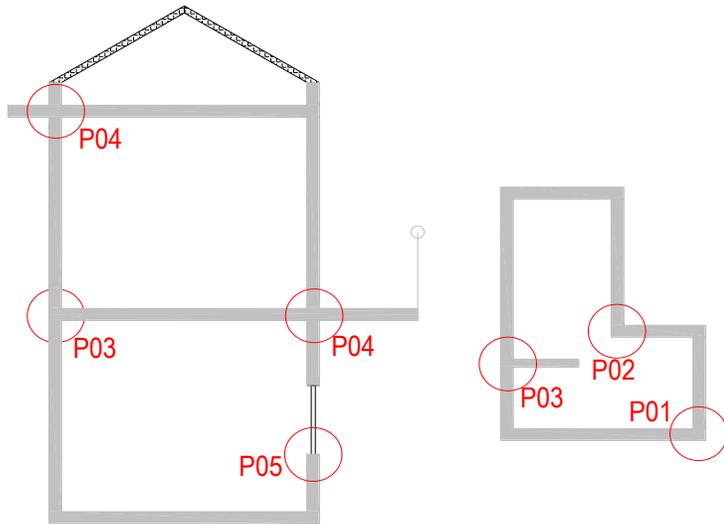
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.6 Puentes térmicos

- El puente térmico P04 tiene como objetivo representar los casos de Balcones o cornisas salientes. Dada la gran variedad de posibilidades se limita al evaluador a algunas combinaciones de aislación y de elementos tipo que pueden ser considerados como P04



El puente térmico P04 depende de lo siguiente:

- Tipo de aislación.
- Tipo de elemento saliente o perpendicular
- La materialidad del muro

Elemento Perpendicular	Aislación Interior
Marco Madera	Sin Aislación
Marco Metalico	20mmX300mm Inf
Muro	20mmX300mm Inf y Sup
Cornisa desplazada	40mmX600mm Inf y Sup

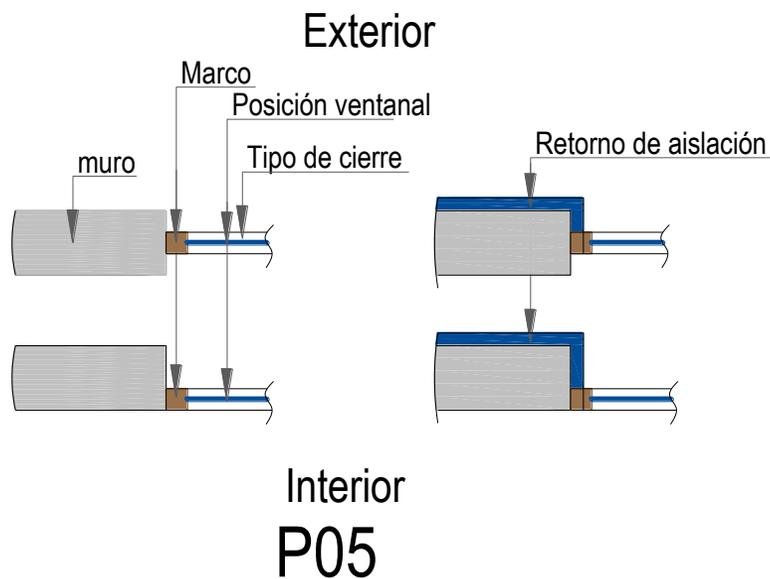
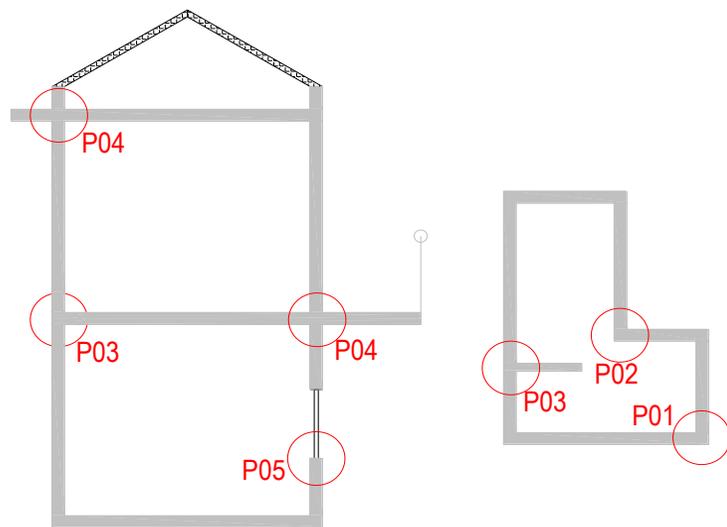
# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.6 Puentes térmicos

- El puente térmico P05 esta asociado a las ventanas y dependen del tipo



Posición ventanal
Interior
Centrada
Exterior

Retorno aislación
Con
Sin

Materialidad Marcos
Madera
PVC
Metalico
Fierro

Cierre ventanas
Abatir
Corredera
Guillotina
Proyectante
Fija

El puente térmico P05 depende de lo siguiente:

- Tipo de cierre.
- Posición del ventanal
- Materialidad del muro
- Materialidad del marco
- Existencia de retorno de aislación (Debe tener un espesor mínimo de 2cm para ser considerado)

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

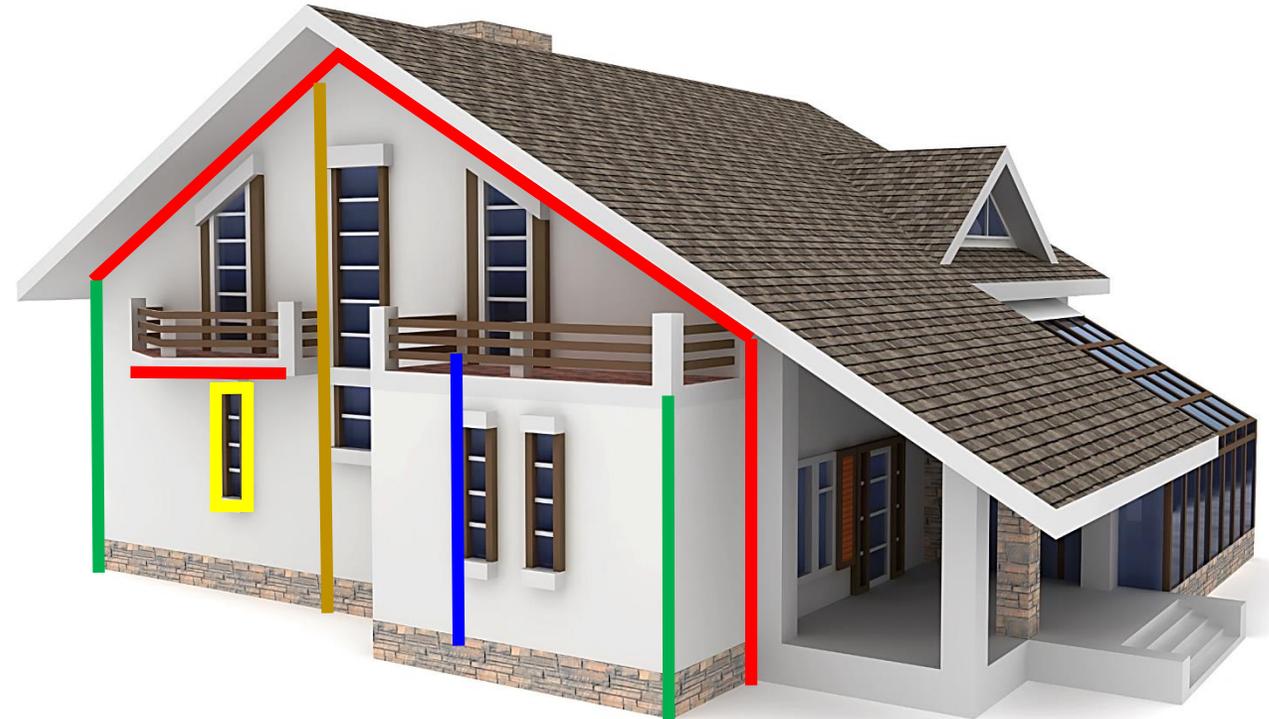
## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.6 Puentes térmicos

- Una vez identificados los puentes térmicos existentes el evaluador sólo debe ingresar el largo del puente térmico para los P01, P02, P03 y P04. en el caso del P05 el largo del puente térmico se calcula de manera automática considerando el perímetro de la ventana.

Perdidas Puentes térmicos					
P01	P02	P03	P04	P05	Total

Horiz	P01	P02	P03	P04	P05	Total
N	0,11	-0,14	0,00	0,00	0,00	-0,03
NE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	0,33	-0,41	0,00	0,00	1,20	1,12
SE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	0,11	-0,14	0,00	0,00	0,00	-0,03
SO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O	0,25	-0,37	0,01	0,00	0,00	-0,10
NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Ejemplo de Puentes térmicos

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

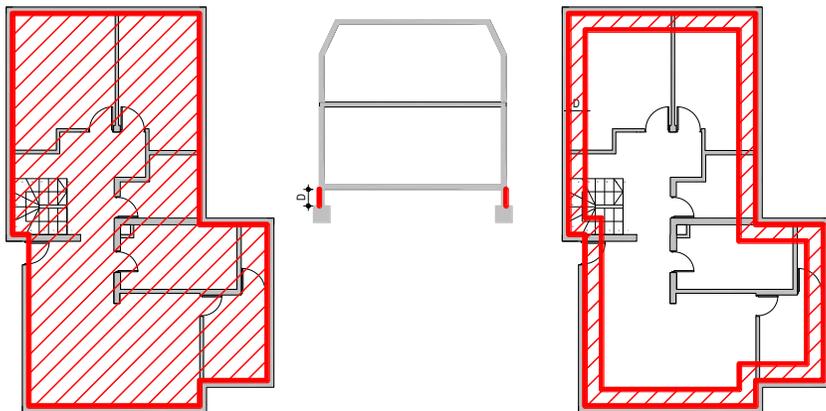
### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.6 Puentes térmicos – Contra terreno

- En el caso del puente térmico contra terreno, se resuelve según metodología establecida en NCh 3117 donde la diferencia con respecto a los otros puentes térmicos, es que no intercambia con  $T^{sol}$ , si no que contra la temperatura del terreno, la cual se define como la temperatura media mensual

El puente térmico contra terreno depende de 3 posibilidades de aislación:

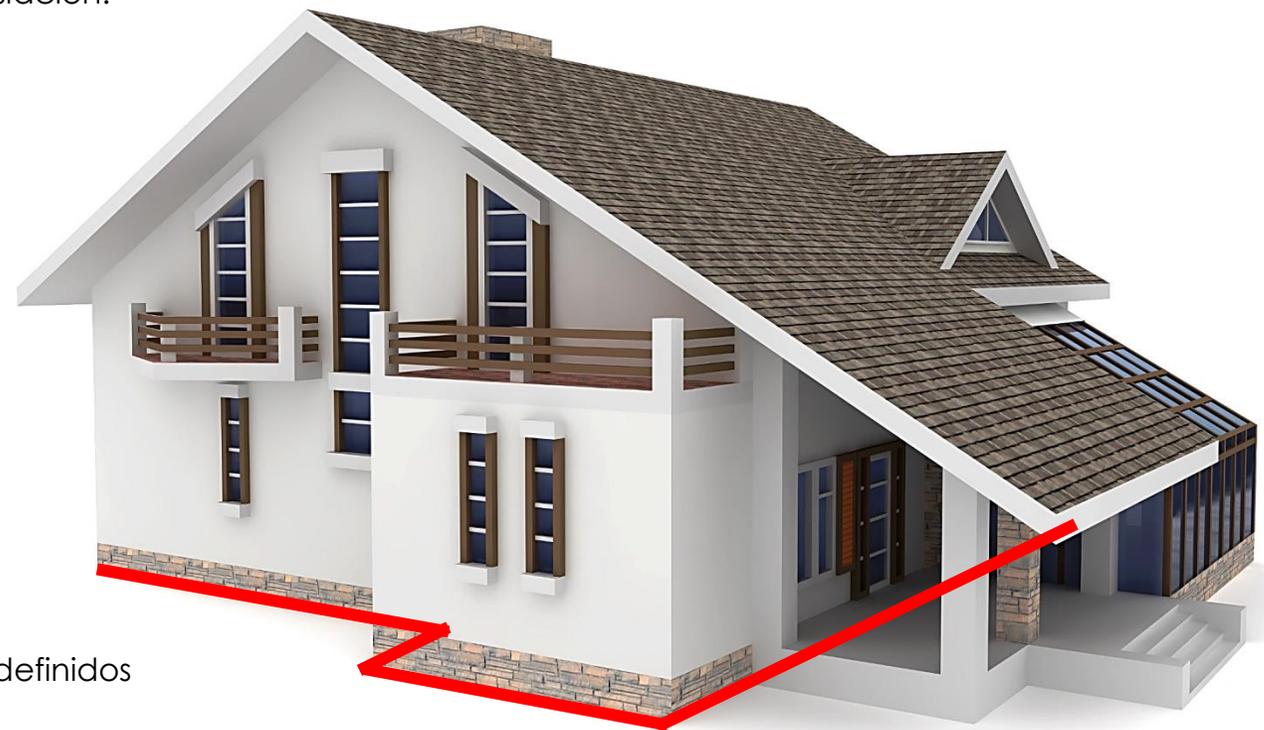
- Aislación bajo toda la planta
- Aislación en una franja perimetral
- Aislación en los sobrecimientos



Aislación bajo piso

Refuerzo vertical

Refuerzo horizontal



Dónde se utilizan los siguientes valores por defecto cuando no son definidos

$R_{sj}$ :	0.17 [m <sup>2</sup> K/W]
$R_{se}$ :	0.04 [m <sup>2</sup> K/W]
$\lambda$ :	2.00 [m <sup>2</sup> K/W] como conductividad del terreno bajo radier.
$Dv$ :	40cm en caso de no conocerse
$\lambda_{Radier}$ :	1.63 [m <sup>2</sup> K/W]

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q [W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

### 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

#### 6.3.6 Puentes térmicos

- Finalmente con los puentes térmicos calculados, se obtienen los flujos asociados a ellos y su energía.

$$\phi_{PT} = \psi \cdot L \cdot \Delta T$$



$$E_{PT} = \underbrace{\psi \cdot L \cdot (T_i^{Sol} - T_i^{Interior}) \cdot \Delta t}_{P01\ a\ P05} + \underbrace{\psi \cdot L \cdot (T_i^{piso} - T_i^{Interior}) \cdot \Delta t}_{Contra\ terreno}$$

Con  $\Delta t$  tiempo

P01 a P05

Contra terreno

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo $\dot{Q} [W] = \sum \dot{\phi}_{cargas\ internas} + \dot{\phi}_{Radiación} \pm \dot{\phi}_{Envolvente} \pm \dot{\phi}_{Infiltraciones} \pm \dot{\phi}_{Ventilación} \pm \dot{\phi}_{Puentes\ térmicos} \pm \dot{\phi}_{Inercia\ térmica} \pm \dot{\phi}_{Climatización}$

## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.7 Sistema de Climatización

- Finalmente, definidos todos los flujos podemos inyectar (Calefacción) o retirar (Refrigeración) calor del sistema con el objetivo de mantener la temperatura dentro de nuestro rango de confort

$\dot{\phi}$  Cargas internas  
 $\dot{\phi}$  Radiación  
 $\dot{\phi}$  Envolvente  
 $\dot{\phi}$  Infiltraciones  
 $\dot{\phi}$  Ventilación  
 $\dot{\phi}$  Puentes térmicos  
 $\dot{\phi}$  Inercia Térmica



+  $\dot{\phi}$  Climatización  $\longrightarrow$  Nos permite controlar la temperatura al interior de la vivienda

$$E [Wh] = \sum \dot{\phi}_{Climatización} * \Delta t \longrightarrow \text{DEMANDA [Wh]}$$

Dónde se separan los flujos negativos de los positivos, ya que los negativos corresponden a Refrigeración y los positivos a Calefacción

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

$$Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$$

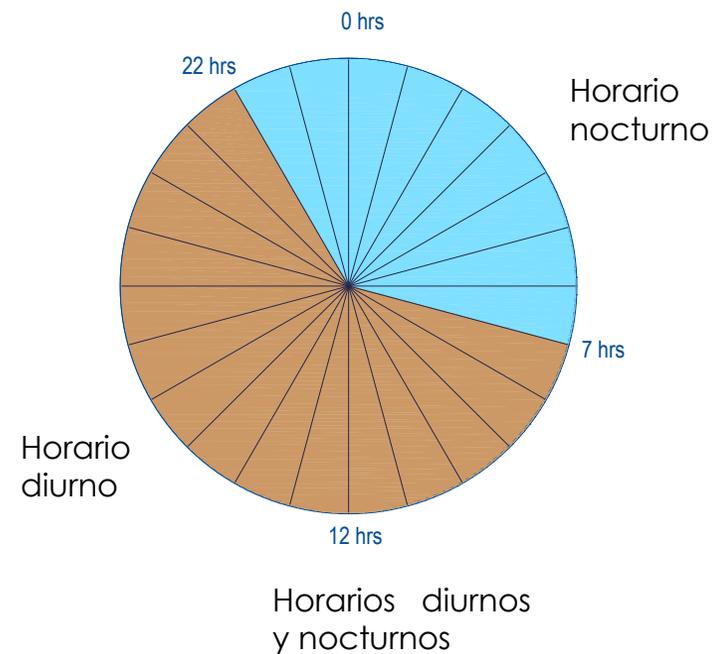
## 6.3 PBTD: Flujos para Demanda

### 6.3.7 Sistema de Climatización

Recordar que..

Tn+2,5°C 90% aceptabilidad Método Dear and Brager												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Iquique	26,7	26,6	26,4	26,1	25,8	25,5	25,3	25,3	25,5	25,7	26,1	26,5
Copiapó	26,3	26,2	25,9	25,3	24,8	24,5	24,3	24,3	24,9	25,1	25,5	25,9
Valparaíso	26,1	26,0	25,7	25,3	24,9	24,6	24,4	24,5	24,7	25,1	25,5	25,9
Santiago	26,6	26,5	25,9	25,0	24,2	23,5	23,6	23,8	24,4	25,1	25,6	26,3
Concepción	25,9	25,6	25,2	24,6	24,2	23,7	23,0	23,6	24,0	24,5	25,1	25,6
Temuco	25,9	25,8	25,3	24,5	24,0	23,4	23,3	23,5	23,9	24,4	24,9	25,5
Osorno	25,6	25,3	25,0	24,3	24,0	23,4	23,2	23,3	23,7	24,2	24,9	25,5
El Teniente	25,4	25,2	24,8	24,3	23,3	22,6	22,5	22,5	23,1	23,5	24,2	25,0
Punta Arenas	24,5	24,1	23,7	23,0	22,4	22,0	22,0	22,1	22,6	23,3	23,5	24,0
Calama	25,5	25,3	24,8	24,5	24,1	23,4	23,8	23,8	24,4	24,4	25,0	25,0

Tn-2,5°C 90% aceptabilidad Método Dear and Brager												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Iquique	21,7	21,6	21,4	21,1	20,8	20,5	20,3	20,3	20,5	20,7	21,1	21,5
Copiapó	21,3	21,2	20,9	20,3	19,8	19,5	19,3	19,3	19,9	20,1	20,5	20,9
Valparaíso	21,1	21,0	20,7	20,3	19,9	19,6	19,4	19,5	19,7	20,1	20,5	20,9
Santiago	21,6	21,5	20,9	20,0	19,2	18,5	18,6	18,8	19,4	20,1	20,6	21,3
Concepción	20,9	20,6	20,2	19,6	19,2	18,7	18,0	18,6	19,0	19,5	20,1	20,6
Temuco	20,9	20,8	20,3	19,5	19,0	18,4	18,3	18,5	18,9	19,4	19,9	20,5
Osorno	20,6	20,3	20,0	19,3	19,0	18,4	18,2	18,3	18,7	19,2	19,9	20,5
El Teniente	20,4	20,2	19,8	19,3	18,3	17,6	17,5	17,5	18,1	18,5	19,2	20,0
Punta Arenas	19,5	19,1	18,7	18,0	17,4	17,0	17,0	17,1	17,6	18,3	18,5	19,0
Calama	20,5	20,3	19,8	19,5	19,1	18,4	18,8	18,8	19,4	19,4	20,0	20,0



## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo

6.1 Botones

6.2 ¿Que realiza el modelo PBTD?

6.3 PBTD: Flujos para Demanda

6.3.1 Cargas internas

6.3.2 Iluminación natural

6.3.3 Radiación

6.3.4 Envolverte + Inercia Térmica

6.3.5 Flujos asociados a infiltraciones y ventilación

6.3.6 Puentes térmicos

6.3.7 Inercia térmica

6.3.8 Sistema de Climatización

6.4 PBTD: Flujos para Horas de Disconfort

## 6. Planilla 02: Motor de Cálculo $Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$

### 6.4 PBTD: Flujos para Horas de Discomfort

- Sin embargo al no incorporar un sistema de climatización y resolviendo el mismo balance:

$\phi$  Cargas internas  
 $\phi$  Radiación  
 $\phi$  Envolvente  
 $\phi$  Infiltraciones  
 $\phi$  Ventilación  
 $\phi$  Puentes térmicos  
 $\phi$  Inercia Térmica



Al no controlar la temperatura y permitirle oscilar libremente podemos conocer cuantas horas al día la temperatura se encuentra sobre la banda de confort, o bajo esta

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo $Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$

## 6.4 PBTD: Flujos para Horas de Discomfort

- Sin embargo al no incorporar un sistema de climatización y resolviendo el mismo balance:

- $\phi$  Cargas internas
- $\phi$  Radiación
- $\phi$  Envolverte
- $\phi$  Infiltraciones
- $\phi$  Ventilación
- $\phi$  Puentes térmicos
- $\phi$  Inercia Térmica



Al no controlar la temperatura y permitirle oscilar libremente podemos conocer cuantas horas al día la temperatura se encuentra sobre la banda de confort, o bajo esta

$$T_{i+1} [^{\circ}C] = T_i + \frac{\sum E_i}{m \cdot Cp}$$

La temperatura interior varía libremente dependiendo del balance de todos los flujos

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo $Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$

## 6.4 PBTD: Flujos para Horas de Discomfort

- Sin embargo al no incorporar un sistema de climatización y resolviendo el mismo balance:

- $\phi$  Cargas internas
- $\phi$  Radiación
- $\phi$  Envolvente
- $\phi$  Infiltraciones
- $\phi$  Ventilación
- $\phi$  Puentes térmicos
- $\phi$  Inercia Térmica



Al no controlar la temperatura y permitirle oscilar libremente podemos conocer cuantas horas al día la temperatura se encuentra sobre la banda de confort, o bajo esta

$$T_{i+1} [^{\circ}C] = T_i + \frac{\sum E_i}{m \cdot Cp}$$

La temperatura interior varía libremente dependiendo del balance de todos los flujos

- La cantidad de horas que la temperatura se encuentra sobre la banda de confort son directamente las horas de discomfort **HD(+)**, o también conocido como horas de **Sobrecalentamiento**
- A su vez, La cantidad de horas que la temperatura se encuentra bajo la banda de confort son directamente las horas de discomfort **HD(-)**, o también conocido como horas de **Subenfriamiento**

# 6. Planilla 02: Motor de Cálculo $Q[W] = \sum \phi_{cargas\ internas} + \phi_{Radiación} \pm \phi_{Envolvente} \pm \phi_{Infiltraciones} \pm \phi_{Ventilación} \pm \phi_{Puentes\ térmicos} \pm \phi_{Inercia\ térmica} \pm \phi_{Climatización}$

## 6.4 PBTD: Flujos para Horas de Disconfort

- Sin embargo al no incorporar un sistema de climatización y resolviendo el mismo balance:

$\phi$  Cargas internas  
 $\phi$  Radiación  
 $\phi$  Envolvente  
 $\phi$  Infiltraciones  
 $\phi$  Ventilación  
 $\phi$  Puentes térmicos  
 $\phi$  Inercia Térmica



Al no controlar la temperatura y permitirle oscilar libremente podemos conocer cuantas horas al día la temperatura se encuentra sobre la banda de confort, o bajo esta

$$T_{i+1} [^{\circ}C] = T_i + \frac{\sum E_i}{m \cdot Cp}$$

La temperatura interior varía libremente dependiendo del balance de todos los flujos

- La cantidad de horas que la temperatura se encuentra sobre la banda de confort son directamente las horas de disconfort **HD(+)**, o también conocido como horas de **Sobrecalentamiento**
- A su vez, La cantidad de horas que la temperatura se encuentra bajo la banda de confort son directamente las horas de disconfort **HD(-)**, o también conocido como horas de **Subenfriamiento**

Estas horas fuera de la banda de confort son una herramienta muy potente para visualizar el comportamiento pasivo de la vivienda ya que no dependen de la inyección de energía por parte de un sistema de climatización y mientras menos sean las horas fuera del rango de confort, más confortable será la vivienda gracias a su diseño.