



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

## ESTUDIO BIOCLIMÁTICO DE LA TORRE DE INGENIERÍA

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

**ROGELIO MÉNDEZ FLORES**

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. José Luis Fernández Zayas



Ciudad Universitaria, México D.F.

Abril de 2010

## Agradecimientos.

A mi familia por confiar siempre en mí, gracias a ellos soy lo que soy, son parte fundamental de mi vida, me da gusto saber que siempre están conmigo.

A mis amigos parte importante en este juego de la vida al compartir buenos y malos momentos junto a mí.

Al Doctor José Luis Fernández Zayas e  
Ingeniero Norberto Chargoy del Valle  
Columna Vertebral de este trabajo.

Pero sobre todo a mi Universidad.  
Y su Facultad de Ingeniería

POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU  
México DF. 2010



1. ÍNDICE
2. RESUMEN
3. INTRODUCCIÓN
  - 3.1. TORRE DE INGENIERÍA
  - 3.2. ESPECIFICACIONES DEL EDIFICIO
  - 3.3. TOPOGRAFÍA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA
  - 3.4. PROBLEMÁTICA
4. BASES Y FUNDAMENTOS
  - 4.1. VENTILACIÓN NATURAL
  - 4.2. CORRIENTES DE AIRE
  - 4.3. VELOCIDAD DEL AIRE
  - 4.4. VENTILACIÓN DE CONFORT
5. ESTUDIO BIOCLIMÁTICO
  - 5.1. OBJETIVO
  - 5.2. PROCEDIMIENTO
  - 5.3. DIAGRAMA DE OLGYAY
  - 5.4. DIAGRAMA DE ISOREQUERIMIENTOS
6. RESULTADOS
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
8. GLOSARIO
9. BIBLIOGRAFÍA

## 2. RESUMEN

El presente documento muestra el estudio Bioclimático de la Torre de Ingeniería, mediante un análisis de información climática, con ayuda de sensores electrónicos previamente instalados en lugares específicos de la Torre, abarcando un periodo mayor a dos años. El estudio toma como base la ecuación propuesta de Szokolay (1984) y la carta bioclimática de Olgyay (50's).

Los resultados obtenidos fueron cartas bioclimáticas adaptadas para la Torre de Ingeniería, así como diagramas de Isorrequerimientos de climatización para lugares específicos de la Torre. Dichos diagramas confirman las condiciones de confort térmico del inmueble para cada mes del año. Estos sirven para plantear futuras estrategias a fin de obtener un mayor confort térmico para quienes ahí laboran, así como una mayor eficiencia energética del edificio.

### ABSTRACT

This thesis is about a Bioclimatic study of the Tower of Engineering of the UNAM, based on an analysis of climatic information, using electronic sensors pre-installed at specific parts of the Tower, covering a period of more than two years. The study is based on the equation proposed by Szokolay (1984) and Olgyay's bioclimate Chart (50's).

The result of this thesis is bioclimatic charts adjusted for the Engineering Tower as well as isorequirement diagrams for each specific area within the Tower. These diagrams confirm the conditions of thermal comfort for each month of the year, thus allowing developing future strategies to improve thermal comfort for people who work inside the Tower as well as greater energy efficiency of the latter.

### 3. INTRODUCCIÓN:

#### 3.1 TORRE DE INGENIERÍA:

Edificio en operación desde el año 2002, se encuentra en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, al oriente de la alberca universitaria y frente de la Facultad de Ingeniería.



Figura 1. Ubicación de la Torre de Ingeniería

#### 3.2 ESPECIFICACIONES DEL EDIFICIO

Con una longitud de 54 m en dirección norte-sur, 27 m de ancho en dirección este-oeste y una altura del 35 m. En el plano de la figura 1 se muestra un mapa con la ubicación de la Torre.

Las instalaciones de la Torre de Ingeniería fueron diseñadas por los arquitectos: Luis Sánchez Renero, Félix Sánchez Aguilar, Gustavo López Padilla, Fernando Mota Fernández, Álvaro Díaz Escobedo y Raúl González Martínez, profesores de la Facultad de Arquitectura de la UNAM e integrantes de la firma de diseño arquitectónico Sánchez y Asociados, S.A. (SAYA). Concibieron un edificio de diez niveles distribuidos de la siguiente forma:

- Nivel terraza
- Niveles 1 al 6 de oficinas
- Nivel acceso
- Nivel auditorio
- Nivel sótano

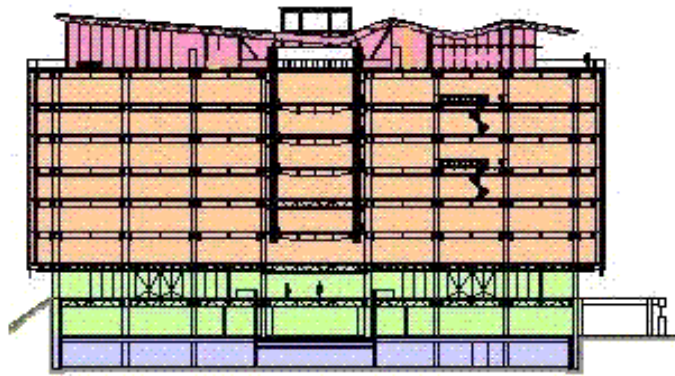


Figura 2. Distribución de los niveles en la Torre de Ingeniería

El edificio tiene una superficie de 8,043.35 m<sup>2</sup> destinados para oficinas, y su costo de construcción fue alrededor de 12.000.000 USD.

El primer nivel de oficinas (Figura 3) es similar a los siguientes niveles; consta de una plaza de distribución central y dos zonas laterales con cubículos de trabajo y salas de reunión. Tiene además en la parte central un atrio de doble altura.

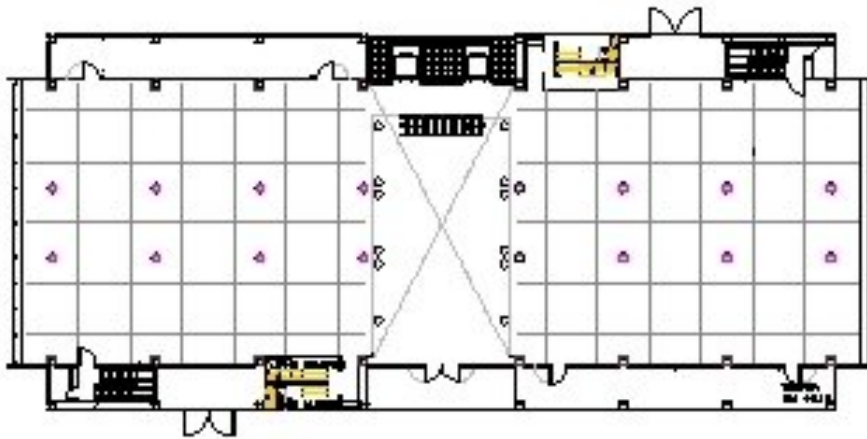


Figura 3. Plano del primer piso de oficinas de la Torre de Ingeniería. Vista cenital.

### 3.3 TOPOGRAFÍA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA

La topografía de Ciudad Universitaria está estructurada como un parque, ya que tiene áreas verdes y lugares recreativos, los cuales ofrecen a los estudiantes un ambiente para descansar, caminar, hacer deporte o estudiar al aire libre.

La Torre de Ingeniería se encuentra ubicada en una parte de la ciudad con poca contaminación atmosférica y de bajos niveles de ruido, debido a las áreas verdes que la rodean.

### 3.4 PROBLEMÁTICA:

El problema a estudiar está relacionado con variables de temperatura y humedad dentro del edificio, ya que determinan principalmente el confort térmico de las personas que laboran ahí.

Durante el día el aire del interior del espacio de la fachada doble aumenta su temperatura debido a la radiación solar, generando una baja presión la cual ventila la fachada doble (Figura 4). Actualmente no existen salidas suficientes de aire en el techo del atrio y en el tiro del elevador, el aire fresco no puede entrar fácilmente al edificio. Únicamente el aire fresco ingresa en el piso de acceso así como en el primer nivel a través de las puertas principales. Además de que la fachada doble trabaja contra el atrio central, estancando el aire en los pisos superiores, empíricamente se contrarrestaba un poco con la apertura de puertas de acceso a la parte de la terraza, pero por motivos de seguridad actualmente están cerradas la mayor parte del tiempo.

Por consecuencia los usuarios de las últimas plantas sufren de altas temperaturas y una deficiente calidad de aire. En cambio, los ocupantes de las primeras plantas se encuentran en un ambiente más cómodo. Las condiciones entre los niveles superiores e inferiores son extremas porque el atrio está semicerrado entre los pisos No. 2 y No. 3, y este techo no permite que los rayos solares lleguen a los pisos de la planta baja.

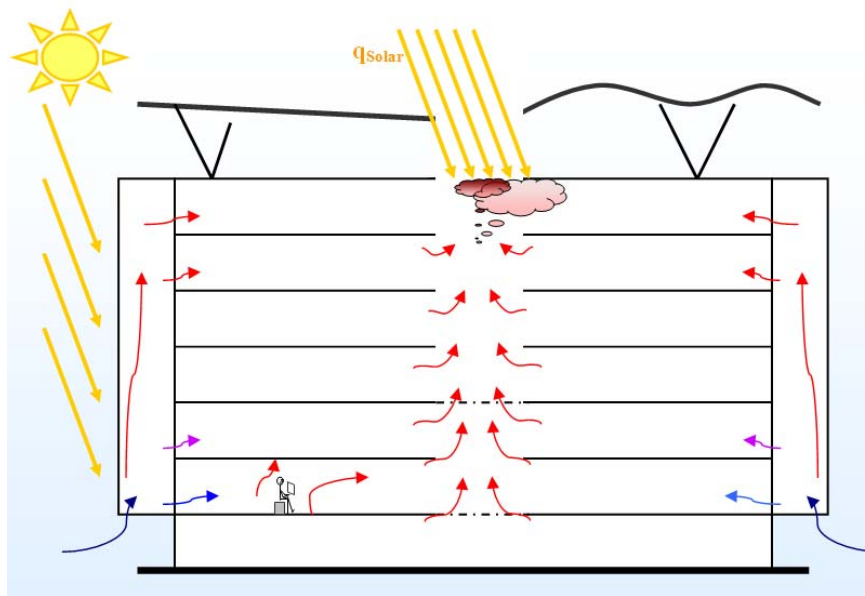


Figura 4: Estancamiento del aire en los pisos superiores y en el atrio<sup>1</sup>

A este comportamiento del edificio se le conoce con el nombre de *Síndrome del Edificio Enfermo* (SEE) y fue reconocido como enfermedad por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1982, comprendiendo los edificios en los que un porcentaje de más del 20% de personas experimentan efectos agudos sobre la salud y el bienestar. Estos edificios están,

<sup>1</sup> Imagen de la tesis “Diseño, simulación y optimización del sistema de ventilación natural de la Torre de Ingeniería”, Instituto de Ingeniería, UNAM México DF”

generalmente, equipados con aire acondicionado, aunque también pueden estar ventilados de forma natural.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) define al SEE como: conjunto de síntomas diversos que presentan los individuos en estos edificios y que no suelen ir acompañados de ninguna lesión orgánica o signo físico, diagnosticándose, a menudo, por exclusión. Y es un conjunto de síntomas que padecen algunos individuos que habitan o trabajan en un mismo edificio, generalmente de los denominados sellados, y que remiten cuando lo abandonan<sup>2</sup>.

Debido a la complejidad de este Síndrome, las causas y consecuencias de la mala calidad del aire en el interior se entienden aun muy poco. Parecería extraño, pero esa falta de entendimiento es la razón por la cual el término de Síndrome de Edificio es muy usado. De esta forma las fallas que se cometen frecuentemente hacen que la reputación de sistemas de los aire acondicionado sea mala, se cree causan alergias, enfermedades, malestar y disminuye la capacidad laboral de los empleados.

Este motivo, originado por mala calidad de aire debido a los factores mencionados, provoca que constructoras actualmente opten por una ventilación natural en edificios modernos argumentando que abate costos de construcción, así como que elimina problemas de mantenimiento y ofrece un clima más saludable y agradable.

## 4. BASES Y FUNDAMENTOS

### 4.1 VENTILACIÓN NATURAL

Como su nombre indica es ventilación sin instalaciones mecánicas de aire. Este antiguo concepto de ventilación puede brindar, en combinación con un sistema de control inteligente de alta y moderna tecnología, el mejor confort tanto en los edificios grandes como en los pequeños. Funciona de la misma forma como se conoce en nuestros hogares. El aire circula a través de las ventanas y puertas. En edificios mayores se definen estas aberturas como entradas y salidas.

La ventilación natural es producida principalmente por dos fuerzas, las cuales son potencias eólicas y fuerzas estáticas causadas por diferentes temperaturas. Las fuerzas estáticas, en ocasiones están ilustradas con el efecto de chimenea<sup>3</sup>. En cambio, en un edificio la diferencia de temperaturas es de un rango menor, por lo que las diferencias de densidad son pequeñas y de esta forma la presión y el efecto de chimenea es más tenue. Esto significa que una ligera brisa podría anular, invertir o por lo menos afectar en mayor grado el flujo del aire a través del edificio<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> Gloria Cruceta -Calidad ambiental en el interior de los edificios -Novedades normativas- Asociación Catalana de Empresas Especialistas en Síndrome del Edificio Enfermo -Octubre 2000

<sup>3</sup> Se extrae el aire si la temperatura interior es mayor que la temperatura exterior

<sup>4</sup> Manual práctico de la ventilación industrial estática o natural (Libro, Español 2000)



generalmente, equipados con aire acondicionado, aunque también pueden estar ventilados de forma natural.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) define al SEE como: conjunto de síntomas diversos que presentan los individuos en estos edificios y que no suelen ir acompañados de ninguna lesión orgánica o signo físico, diagnosticándose, a menudo, por exclusión. Y es un conjunto de síntomas que padecen algunos individuos que habitan o trabajan en un mismo edificio, generalmente de los denominados sellados, y que remiten cuando lo abandonan<sup>2</sup>.

Debido a la complejidad de este Síndrome, las causas y consecuencias de la mala calidad del aire en el interior se entienden aun muy poco. Parecería extraño, pero esa falta de entendimiento es la razón por la cual el término de Síndrome de Edificio es muy usado. De esta forma las fallas que se cometen frecuentemente hacen que la reputación de sistemas de los aire acondicionado sea mala, se cree causan alergias, enfermedades, malestar y disminuye la capacidad laboral de los empleados.

Este motivo, originado por mala calidad de aire debido a los factores mencionados, provoca que constructoras actualmente opten por una ventilación natural en edificios modernos argumentando que abate costos de construcción, así como que elimina problemas de mantenimiento y ofrece un clima más saludable y agradable.

#### 4. BASES Y FUNDAMENTOS

##### 4.1 VENTILACIÓN NATURAL

Como su nombre indica es ventilación sin instalaciones mecánicas de aire. Este antiguo concepto de ventilación puede brindar, en combinación con un sistema de control inteligente de alta y moderna tecnología, el mejor confort tanto en los edificios grandes como en los pequeños. Funciona de la misma forma como se conoce en nuestros hogares. El aire circula a través de las ventanas y puertas. En edificios mayores se definen estas aberturas como entradas y salidas.

La ventilación natural es producida principalmente por dos fuerzas, las cuales son potencias eólicas y fuerzas estáticas causadas por diferentes temperaturas. Las fuerzas estáticas, en ocasiones están ilustradas con el efecto de chimenea<sup>3</sup>. En cambio, en un edificio la diferencia de temperaturas es de un rango menor, por lo que las diferencias de densidad son pequeñas y de esta forma la presión y el efecto de chimenea es más tenue. Esto significa que una ligera brisa podría anular, invertir o por lo menos afectar en mayor grado el flujo del aire a través del edificio<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> Gloria Cruceta -Calidad ambiental en el interior de los edificios -Novedades normativas- Asociación Catalana de Empresas Especialistas en Síndrome del Edificio Enfermo -Octubre 2000

<sup>3</sup> Se extrae el aire si la temperatura interior es mayor que la temperatura exterior

<sup>4</sup> Manual práctico de la ventilación industrial estática o natural (Libro, Español 2000)

Debido a que las condiciones exteriores como la temperatura, el viento y las propiedades de las aberturas afectan el flujo, se debe instalar un sistema de control inteligente. Por ejemplo en los hogares se representa el sistema inteligente cuando se cierra la ventana o cuando se abre. En edificios industriales o administrativos, este sistema se controla por medio de aberturas inteligentes.

Existe la Ventilación Híbrida o *Hybrid Ventilation*, la cual es la combinación de ventilación natural con ventilación mecánica. Mediante un control inteligente este sistema se aprovecha los beneficios de la ventilación mecánica así como de la ventilación natural. Según las condiciones, el control inteligente activa la ventilación mecánica o la desactiva y de este modo reduce el consumo de energía. Las instalaciones mecánicas de la Ventilación Híbrida apoyan a la ventilación natural y estas instalaciones solo se activan cuando las fuerzas naturales no son suficientes<sup>5</sup>.

Todos los conceptos de las ventilaciones se deben planear desde el principio. Un cambio del concepto de la ventilación de cualquier tipo no es en la mayoría de los casos posible. Por lo tanto, se seguirá el concepto original de la Torre de Ingeniería y esta documentación solo se enfocará a la Ventilación Natural.

## 4.2 CORRIENTES DE AIRE

Las corrientes de aire son una de las quejas más comunes cuando se estudian locales con aire circulante. En realidad, el hombre no puede sentir la velocidad del aire, en sí las quejas son debidas a un desagradable enfriamiento local de su cuerpo.

La gente es muy sensible a las corrientes de aire en las partes desnudas del cuerpo. Por lo tanto, las corrientes sólo se suelen sentir en la cara, las manos y en la parte baja de las piernas. El flujo de calor perdido por la piel, ocasionado por las corrientes de aire, es función de la velocidad media del aire, así como también la turbulencia del flujo y la temperatura del este.

Debido a la manera en que funcionan los sensores de frío de la piel, el grado de malestar no solo depende de la pérdida local de calor, sino que también de la fluctuación de la temperatura de la piel.

Un flujo de aire turbulento se siente más molesto que un flujo continuo y laminar a la misma velocidad, aunque produzcan el mismo enfriamiento. Se cree que las turbulencias crean tantas diferencias de temperatura en la piel que provoca un exceso de estímulos desagradables, los cuales son enviados por los sensores de frío de la piel.

## 4.3 VELOCIDAD DEL AIRE ( $v_{ar}$ )

La velocidad del aire es otro factor que interviene en el confort térmico. En ambientes cálidos, una corriente de aire ayuda significativamente a enfriar el cuerpo, en cambio, en ambientes

---

<sup>5</sup> IEA-ECBCS; Principles of Hybrid Ventilation

fríos, puede ser molesta. La velocidad del aire influye en la convección, específicamente en el coeficiente de transferencia de calor ( $h$ ). De igual forma influye en la evaporación del sudor, pues el movimiento facilita la evaporación. La magnitud de la velocidad del viento se puede clasificar por el número de Beaufort en el cual 0 significa sin viento y 12 es un huracán. La siguiente tabla clasifica la velocidad del viento según la escala de Beaufort.

Numero de Beaufort	Sin movimiento	Velocidad del viento [m/s]
1	No sensible	<1.6
2	No sensible	1.6-3.3
3	Apenas sensible	3.4-5.4
4	Brisa placentera	5.5-7.9
5	Brisa moderada	8.0-10.7
6	El cabello y los papeles se mueven	10.8-13.8
7	Sensiblemente molesto	13.9-17.1
8	Brisa molesta	17.2-20.7
9	Se mueven puertas y ventanas	20.8-24.4

Tabla 1 Escala de Beaufot para la Velocidad del Viento.

Las velocidades del aire que usualmente se pueden encontrar en interiores está en una escala menor, la siguiente tabla 2 se hace una comparación de la magnitud de las corrientes de aire:

Descripción	$v_a$ [m/s]
Sin movimiento	0
No sensible	0.1
Apenas sensible	0.3
Brisa placentera	0.5
Brisa moderada	0.7
El cabello y los papeles se mueven	1
Sensiblemente molesto	1.4
Brisa molesta	1.7
Se mueven puertas y ventanas	>2.0

Tabla 2 Escala comparativa de la velocidad del aire

La medición de la velocidad del aire se hace con un anemómetro, y para la ecuación de confort es necesario medirla en [m/s]. Para aplicaciones de confort en interiores, los anemómetros deben ser más sensibles que aquellos que se utilizan para medir la velocidad del viento, pues no es común encontrar velocidades mayores a 1 [m/s].

#### 4.4 VENTILACIÓN DE CONFORT<sup>6</sup>

Para locales como centros de trabajo, tales como oficinas, cuartos de control, centros de cómputo y laboratorios, entre otros; en los que se disponga de ventilación artificial para confort de los trabajadores o por requerimientos de la actividad en el centro de trabajo, se recomienda tomar en consideración la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del aire, de preferencia en los términos siguientes:

- Humedad relativa entre el 20% y 60%.
- Temperatura del aire de  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  para épocas de ambiente frío y  $24.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$  para épocas calurosas.
- Velocidad media del aire que no exceda de 0.15 [m/s], en épocas de ambiente frío, y de 0.25m/s en épocas calurosas.
- Se recomienda que la renovación del aire no sea inferior a 5 veces por hora.

#### 5. ESTUDIO BIOCLIMATICO

##### 5.1 OBJETIVO

Obtener de forma gráfica el comportamiento bioclimático del la Torre de Ingeniería con ayuda de información extraída de sensores electrónicos, permitirá la elaboración de cartas bioclimáticas, con diagramas de Isorequerimientos de climatización para lugares específicos de la Torre. Estos confirmarán las condiciones de confort térmico de la Torre para cada mes del año. Se podrán así sugerir estrategias para obtener un mayor confort térmico.

El trabajo precedente se lleva a cabo con base en los procesos de flujo de calor entre el entorno y el ser humano, que han sido analizados con detalle (Fanger, 1970; McIntyre, 1980; Mesa y Morillón, 1997). El estudio de la termofisiología se ha convertido en una ciencia en desarrollo.

##### 5.2 PROCEDIMIENTO

Se obtuvieron los datos de temperatura promedio máxima y mínima mensuales así como la temperatura media. Dichos datos fueron obtenidos durante el periodo de noviembre de 2006 a diciembre de 2008 con siete sensores electrónicos. Se tiene así un total de 265,237 datos para temperatura y humedad, abarcan las 24 horas del día durante los 365 días de cada año.

Se calculó la posición del centro de la zona de confort ( $T_n$ ), mediante la expresión propuesta por Szokolay (1984)

$$T_n = 17.6 + 0.31 (T_{ma}^7), \text{ en } ^{\circ}\text{C}$$

<sup>6</sup> Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene

<sup>7</sup>  $T_{ma}$ , Se refiere a la temperatura media mensual.

#### 4.4 VENTILACIÓN DE CONFORT<sup>6</sup>

Para locales como centros de trabajo, tales como oficinas, cuartos de control, centros de cómputo y laboratorios, entre otros; en los que se disponga de ventilación artificial para confort de los trabajadores o por requerimientos de la actividad en el centro de trabajo, se recomienda tomar en consideración la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del aire, de preferencia en los términos siguientes:

- Humedad relativa entre el 20% y 60%.
- Temperatura del aire de  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  para épocas de ambiente frío y  $24.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$  para épocas calurosas.
- Velocidad media del aire que no exceda de 0.15 [m/s], en épocas de ambiente frío, y de 0.25m/s en épocas calurosas.
- Se recomienda que la renovación del aire no sea inferior a 5 veces por hora.

#### 5. ESTUDIO BIOCLIMATICO

##### 5.1 OBJETIVO

Obtener de forma gráfica el comportamiento bioclimático del la Torre de Ingeniería con ayuda de información extraída de sensores electrónicos, permitirá la elaboración de cartas bioclimáticas, con diagramas de Isorequerimientos de climatización para lugares específicos de la Torre. Estos confirmarán las condiciones de confort térmico de la Torre para cada mes del año. Se podrán así sugerir estrategias para obtener un mayor confort térmico.

El trabajo precedente se lleva a cabo con base en los procesos de flujo de calor entre el entorno y el ser humano, que han sido analizados con detalle (Fanger, 1970; McIntyre, 1980; Mesa y Morillón, 1997). El estudio de la termofisiología se ha convertido en una ciencia en desarrollo.

##### 5.2 PROCEDIMIENTO

Se obtuvieron los datos de temperatura promedio máxima y mínima mensuales así como la temperatura media. Dichos datos fueron obtenidos durante el periodo de noviembre de 2006 a diciembre de 2008 con siete sensores electrónicos. Se tiene así un total de 265,237 datos para temperatura y humedad, abarcan las 24 horas del día durante los 365 días de cada año.

Se calculó la posición del centro de la zona de confort ( $T_n$ ), mediante la expresión propuesta por Szokolay (1984)

$$T_n = 17.6 + 0.31 (T_{ma}^7), \text{ en } ^{\circ}\text{C}$$

---

<sup>6</sup> Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene

<sup>7</sup>  $T_{ma}$ , Se refiere a la temperatura media mensual.

Esta información se obtuvo del sensor que se encuentra en el exterior de la Torre de Ingeniería ya que es el punto de referencia al estar lo más próximo posible al edificio pero fuera de éste. Las temperaturas  $T_n^8$  que se obtuvieron fueron 22°C para los meses de Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre; y 23°C para los meses de Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre.

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
0	12	13	14	16	17	16	16	16	16
1	11	12	13	15	16	16	15	15	15
2	10	11	12	15	16	16	15	15	15
3	9	10	12	14	15	15	14	15	14
4	9	9	11	13	14	15	14	14	14
5	8	9	10	13	14	14	14	14	14
6	8	8	9	12	13	14	13	14	14
7	7	8	9	11	13	14	13	13	13
8	8	8	11	12	13	14	13	13	13
9	10	11	12	13	15	15	14	14	14
10	12	13	15	15	16	16	16	16	15
11	14	16	17	17	18	18	17	17	16
12	17	18	19	20	20	20	19	19	18
13	19	21	22	22	22	22	21	21	19
14	24	25	25	24	24	23	22	23	21
15	25	26	26	25	26	25	24	25	23
16	26	26	26	26	26	25	24	24	23
17	25	25	26	25	26	25	24	24	23
18	21	23	23	25	25	23	22	23	21
19	18	20	20	23	23	22	20	20	20
20	17	18	19	21	21	20	18	18	18
21	15	16	17	19	19	18	17	17	17
22	14	15	16	18	18	17	17	17	16
23	13	14	15	17	18	17	16	16	16

Tma ---->		15	16	17	18	19	18	17	18	17
Tn -->		22	22	23	23	23	23	23	23	23

$T_n = 17.6 + 0.31(T_{ma})$   
 Tma= Temperatura media mensual

Tabla 3 Promedio de temperaturas para el sensor exterior y resultados de Tma y Tn

<sup>8</sup> Tabla 3

### 5.3 DIAGRAMA DE OLGYAY

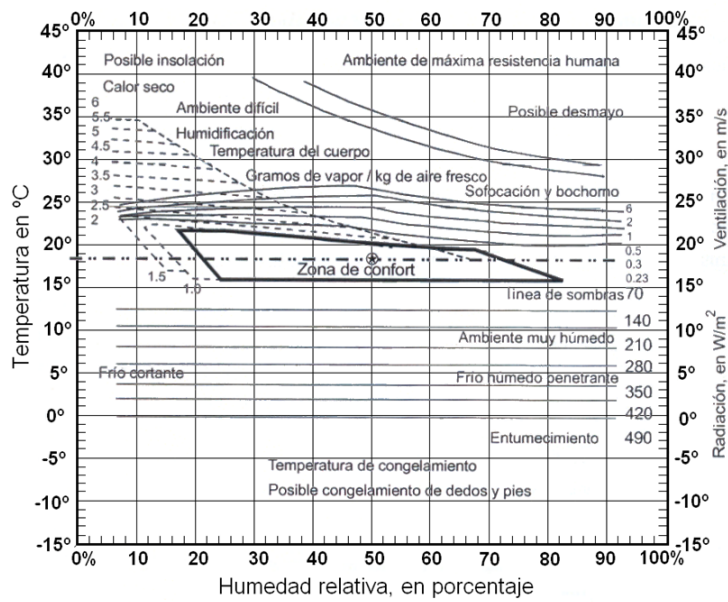


Figura 5. Diagrama de Olgay<sup>9</sup>.

Los límites de confort en este diagrama, son indicados en la línea de 50% de humedad relativa (HR). El diagrama de Olgay se compone de dos partes principales:

Cuadrícula.

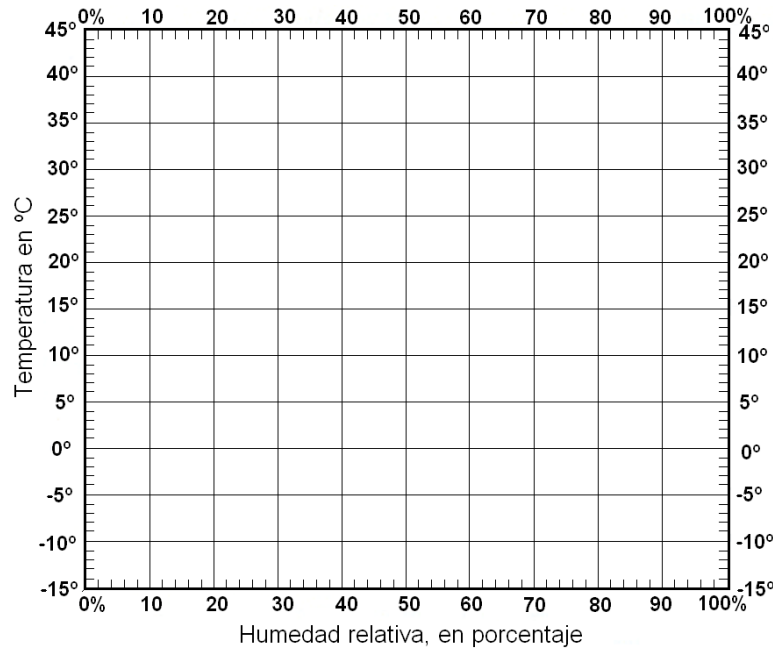


Figura 6 Cuadrícula del diagrama Olgay

<sup>9</sup> Atlas de Bioclima pág. 28

Líneas de datos.

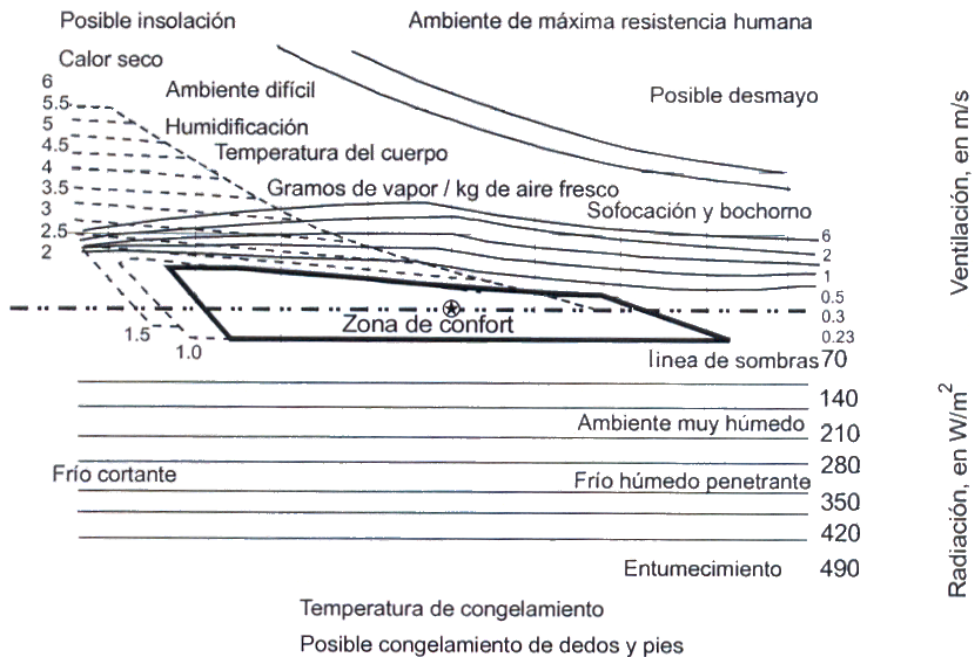


Figura 7 Líneas de datos del diagrama Olgay

El diagrama de Olgay se distingue por contener variables del entorno: temperatura del aire, humedad relativa, radiación y movimiento del aire, pero lo más importante también indica su interacción.

Para el estudio la cuadrícula siempre se mantiene fija, pero las líneas de datos en conjunto se deslizan sobre la línea vertical 50% de humedad relativa, tomando como guía la figura en forma de estrella del centro de la zona de confort. ⚙

La cuadrícula contiene los datos del promedio de cada mes y año, en el siguiente ejemplo los datos están en color rojo para el primer piso esto es para diferenciarlo de otros pisos.

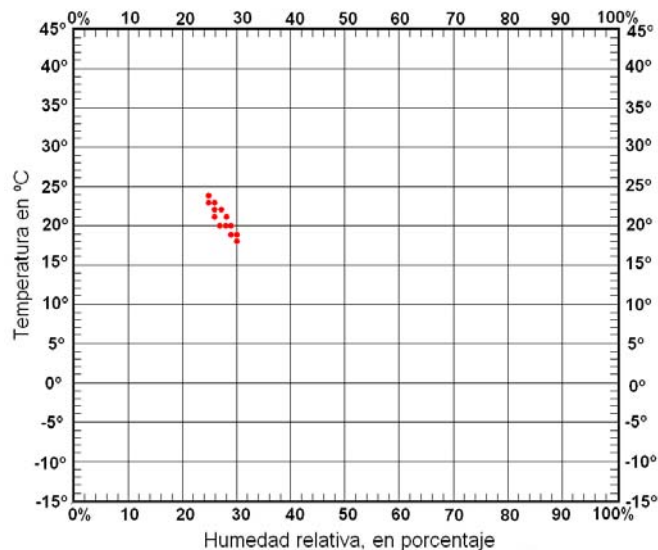


Figura 8. Datos Febrero sensor primer piso.



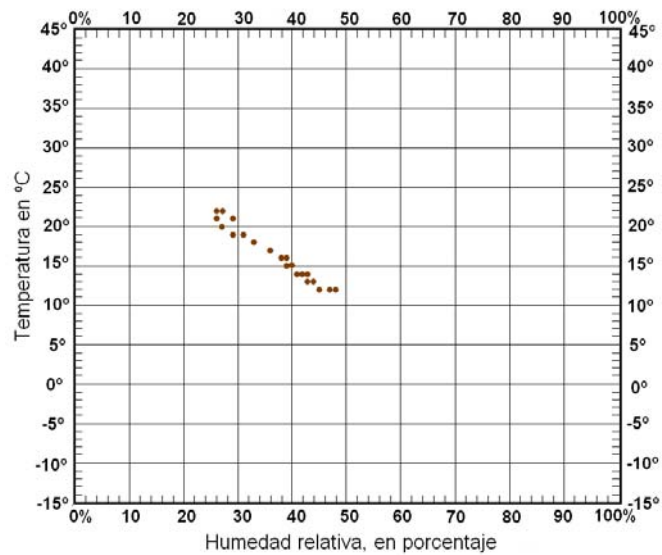


Figura 9. Datos Febrero Terraza.

El conjunto de las cuadrículas para cada sensor de cada piso se necesitan en el estudio. Como siguiente paso se le colocan las líneas de datos llegando a obtener el Diagrama de Olgay completo.

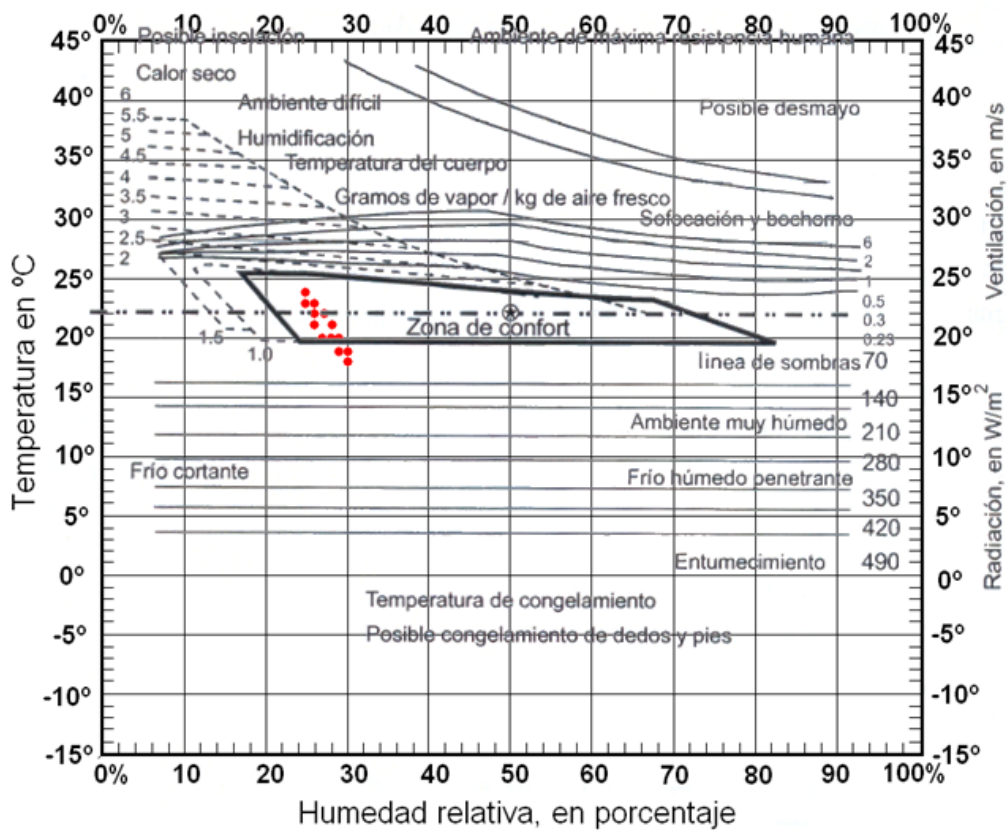


Figura 10. Diagrama de Olgay para el mes de Febrero primer piso.

Se analizó cada caso y como se puede ver en la figura 10 el centro de la zona de confort se posiciona en 22°C (T<sub>ma</sub>), existiendo datos fuera de la zona de confort, estos puntos indican el poco confort térmico en el primer piso.

#### 5.4 DIAGRAMA DE ISORREQUERIMIENTOS

El producto del análisis de los datos y las condiciones de confort para cada lugar se aprecia por medio de un diagrama llamado de Isorrequerimientos, en el cual podremos apreciar las condiciones de sensación de confort para todo el año en un lugar determinado.

h/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6												
7												
8	Frio											
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17					Confort							
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

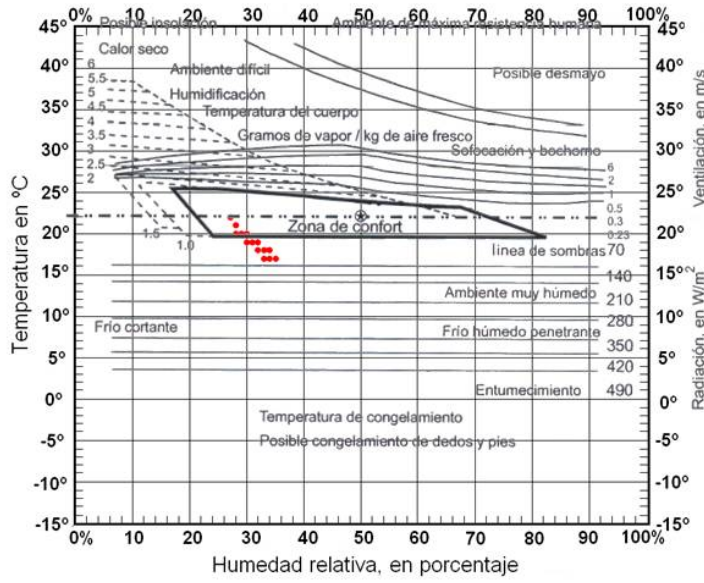
Diagrama de Isorrequerimientos Primer Piso Torre de Ingeniería

En el diagrama del primer piso, los datos de la figura 10 que no están dentro de la zona de confort son los indicados de las 15 horas a las 20 horas para el mes de Febrero. Cada columna funciona de la misma manera para cada diagrama de Olgyay.

6. RESULTADOS

# ENERO

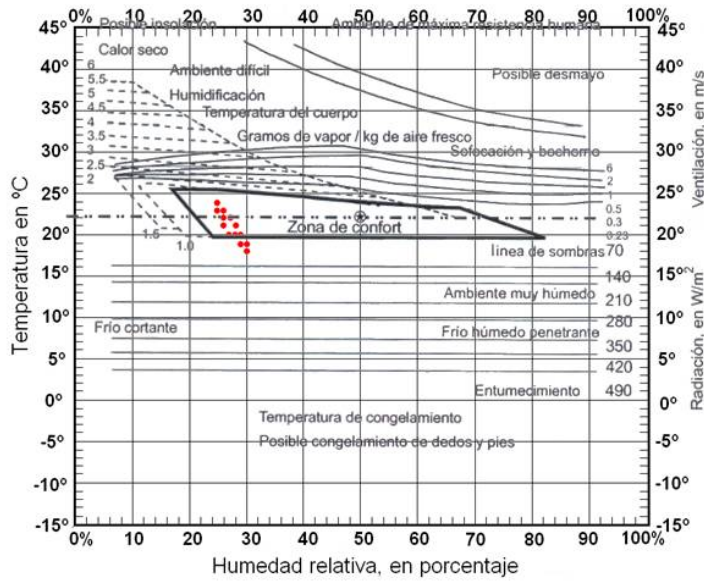
Piso 1



Tn=22°C

# FEBRERO

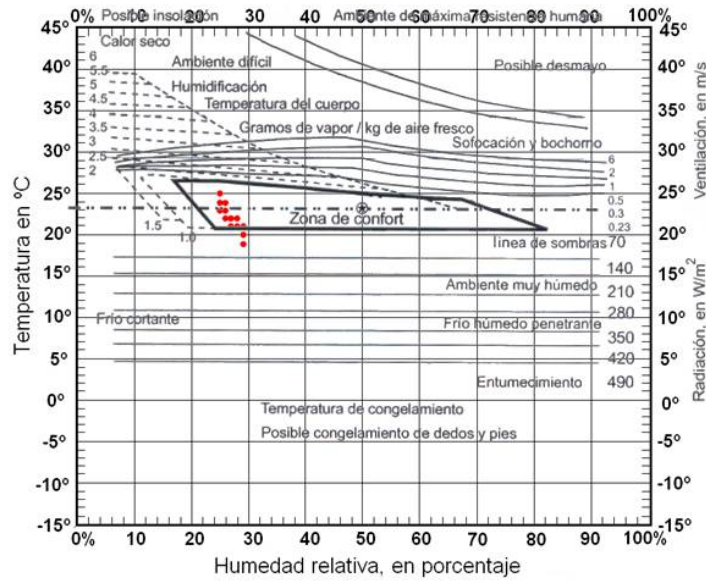
Piso 1



Tn=22°C

# MARZO

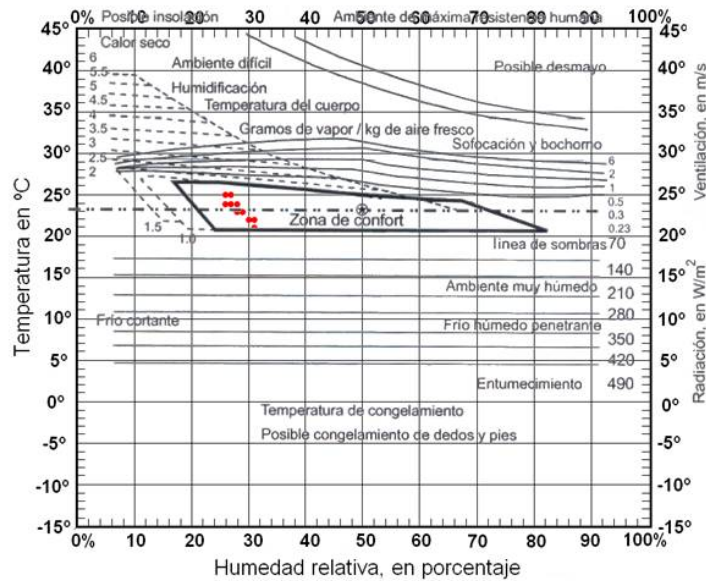
Piso 1



Tn=23°C

# ABRIL

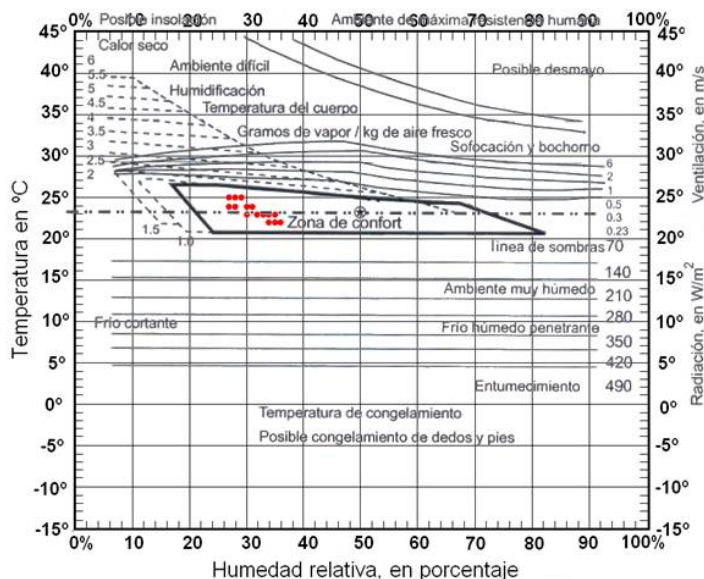
Piso 1



Tn=23°C

# MAYO

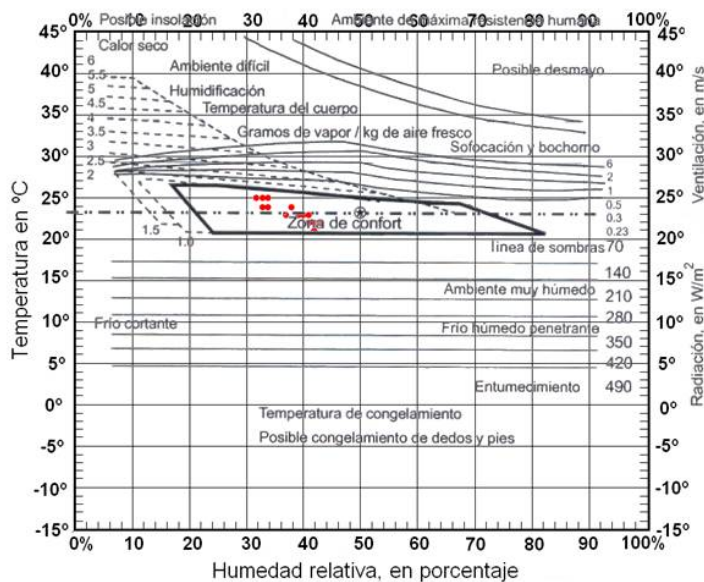
Piso 1



Tn=23°C

# JUNIO

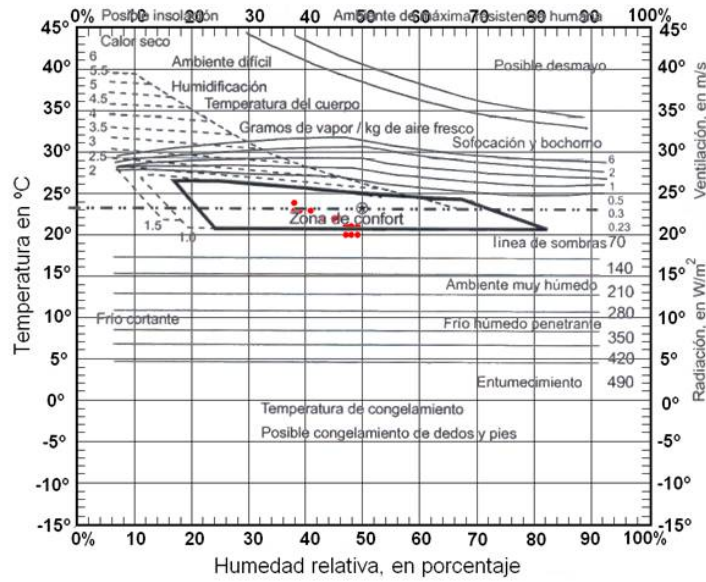
Piso 1



Tn=23°C

# JULIO

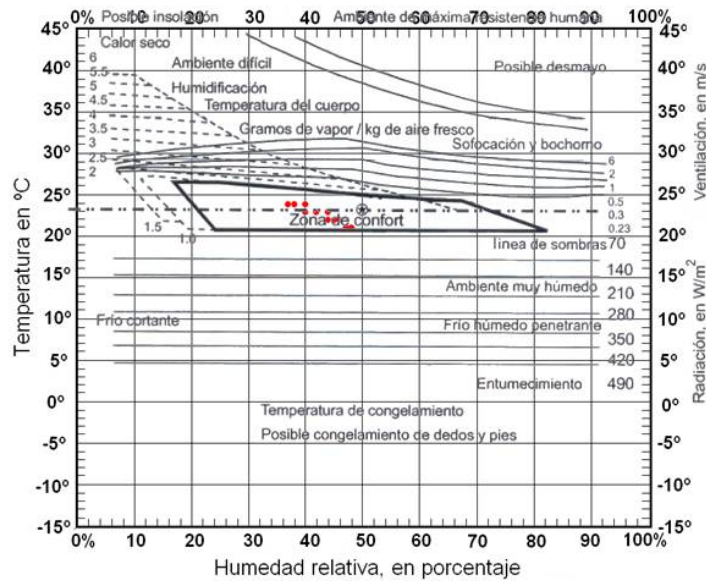
Piso 1



Tn=23°C

# AGOSTO

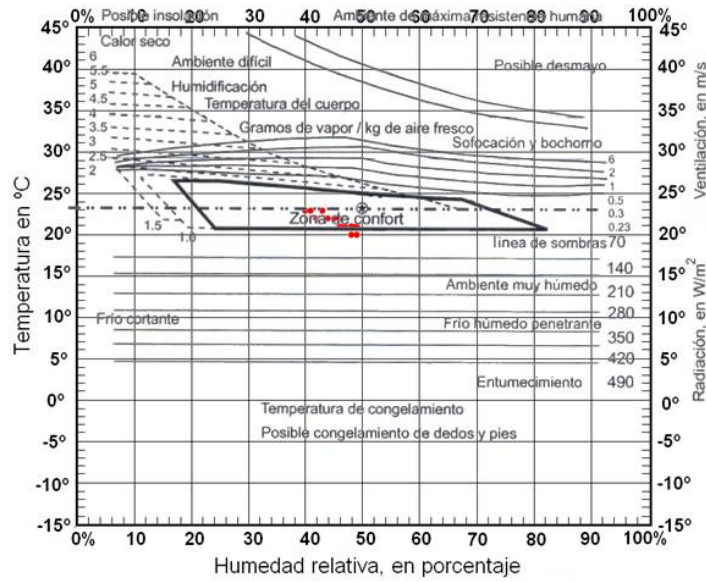
Piso 1



Tn=23°C

# SEPTIEMBRE

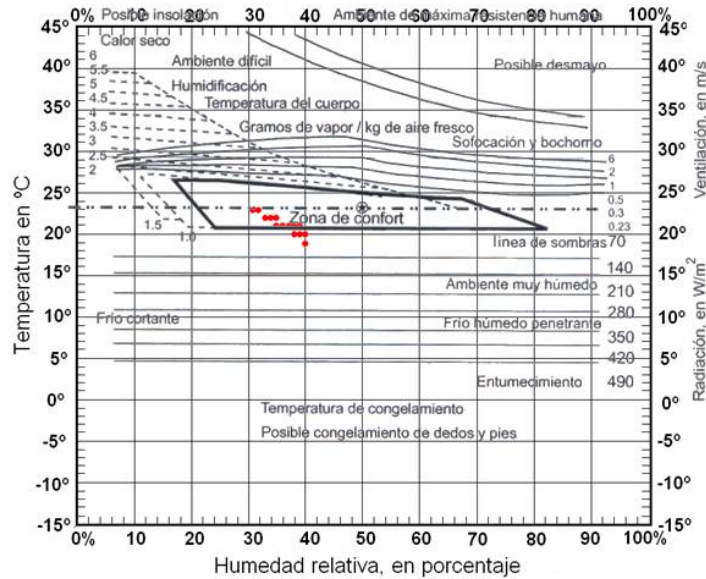
Piso 1



Tn=23°C

# OCTUBRE

Piso 1



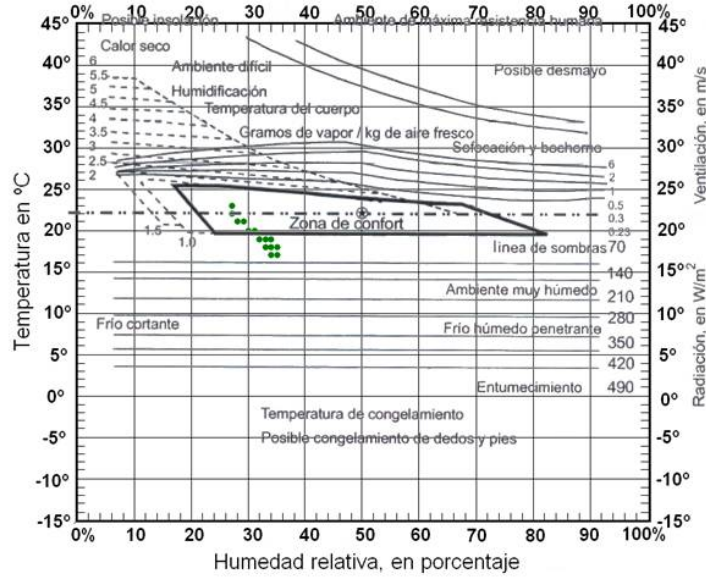
Tn=23°C





# ENERO

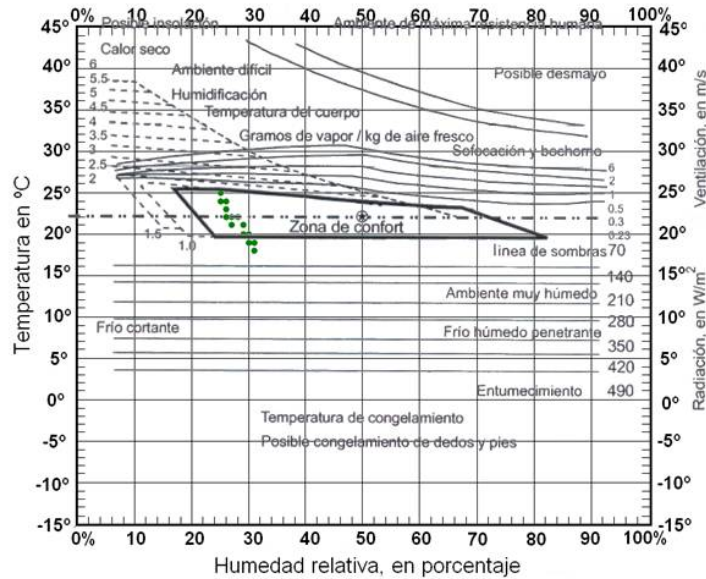
Piso 3



Tn=22°C

# FEBRERO

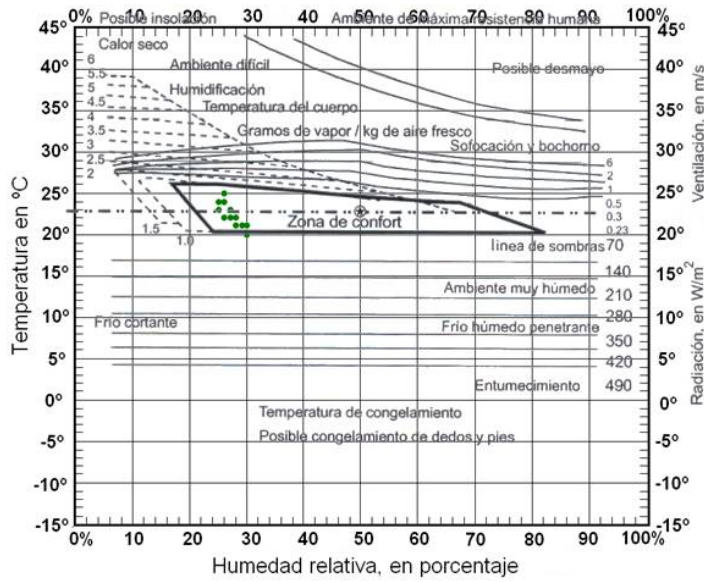
Piso 3



Tn=22°C

# MARZO

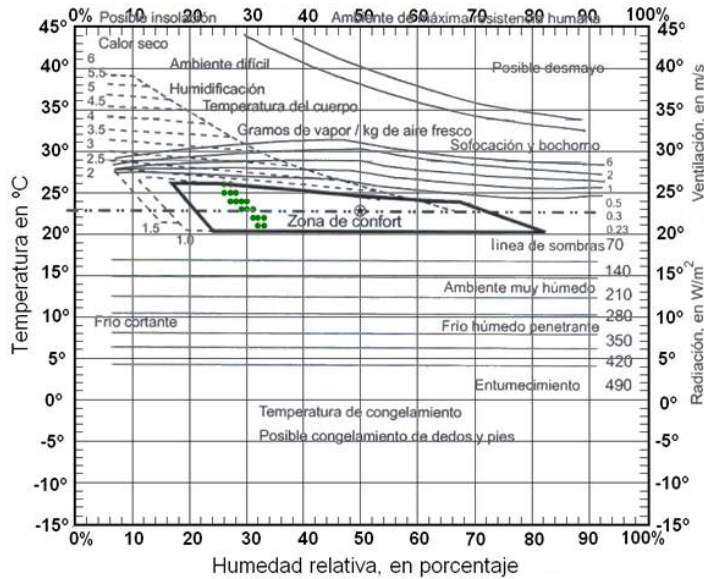
Piso 3



Tn=23°C

# ABRIL

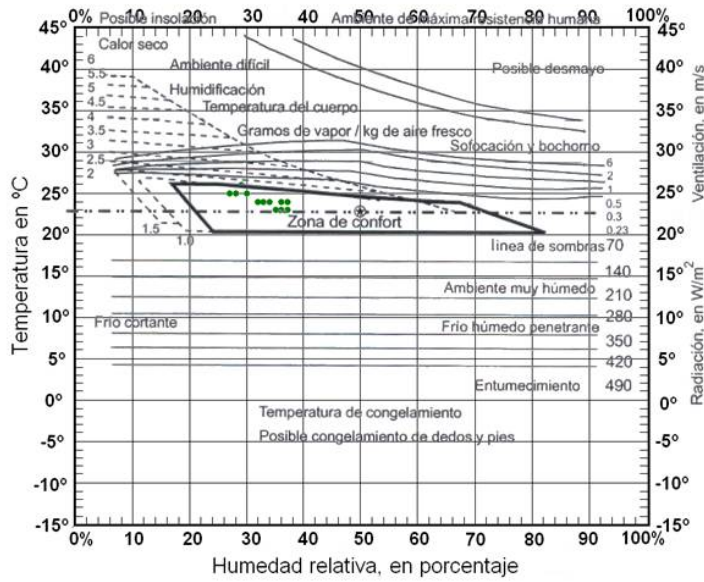
Piso 3



Tn=23°C

# MAYO

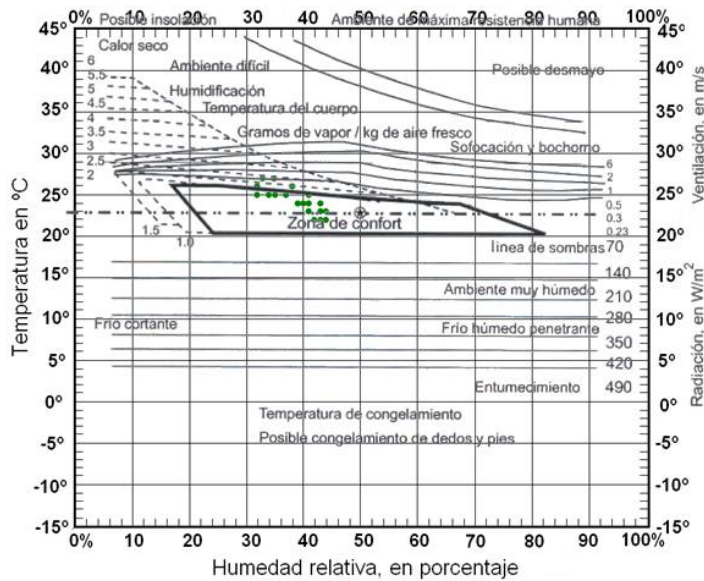
Piso 3



Tn=23°C

# JUNIO

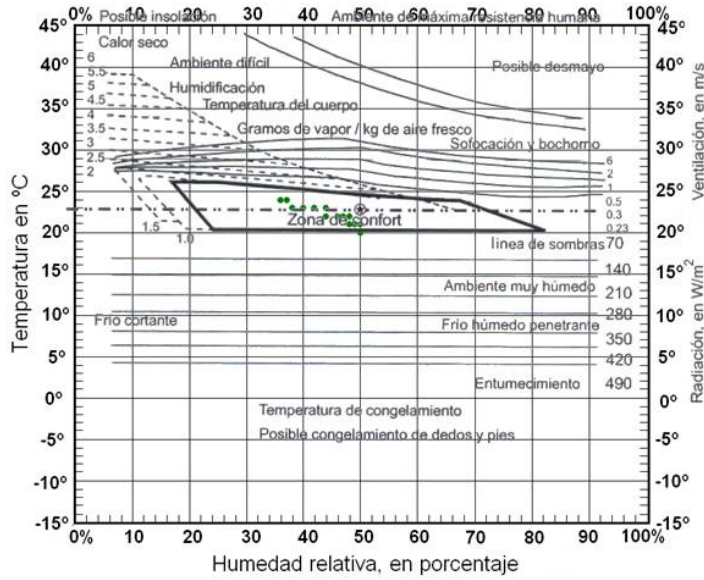
Piso 3



Tn=23°C

# JULIO

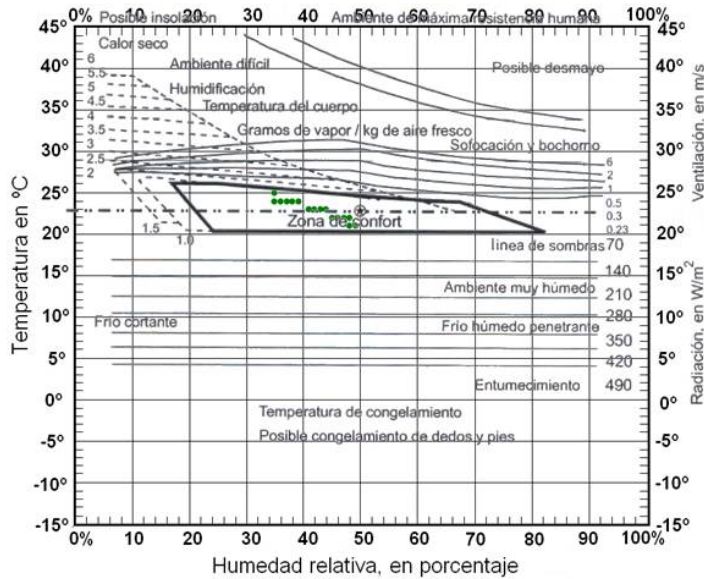
Piso 3



Tn=23°C

# AGOSTO

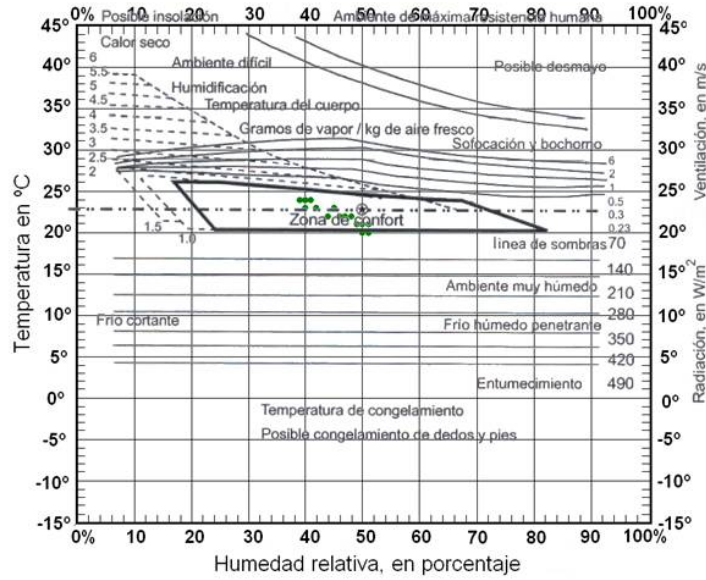
Piso 3



Tn=23°C

# SEPTIEMBRE

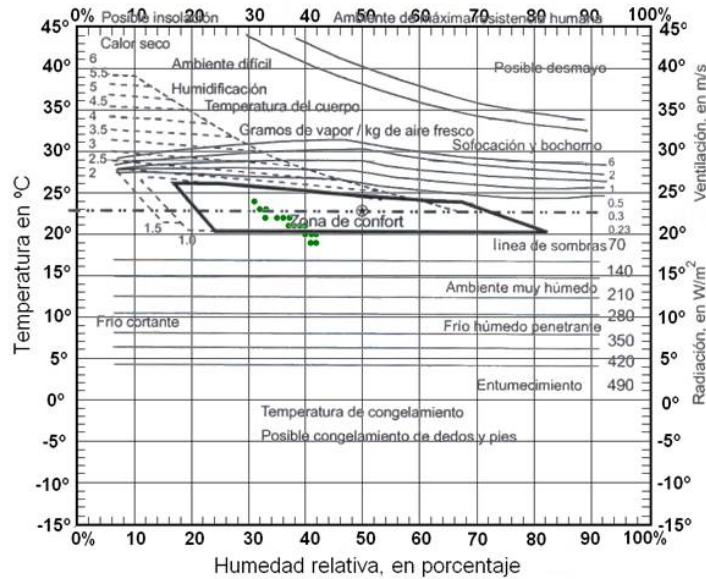
Piso 3



Tn=23°C

# OCTUBRE

Piso 3



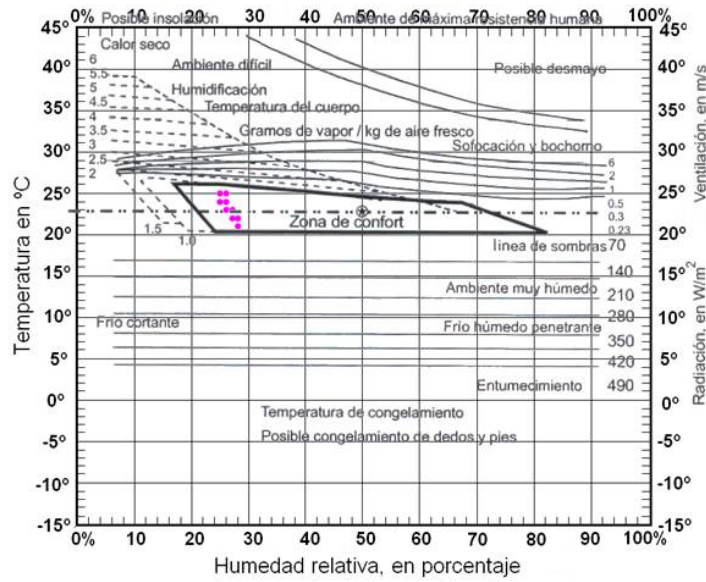
Tn=23°C





# MARZO

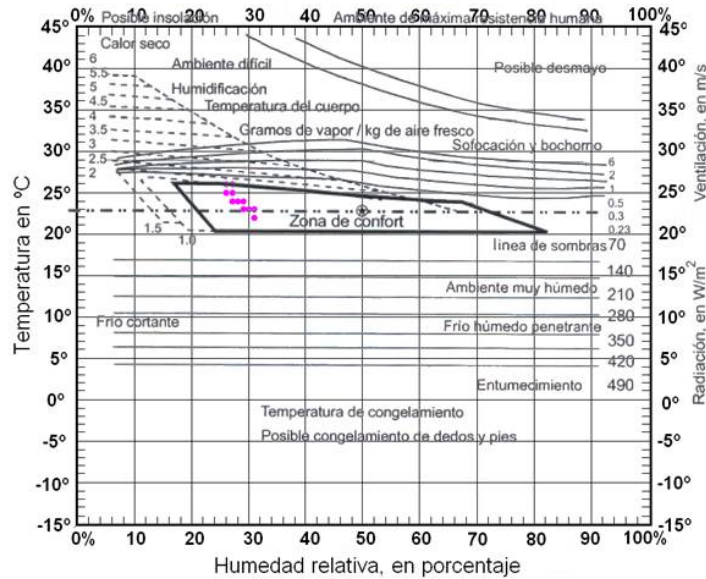
Piso 6



$T_n = 23^\circ\text{C}$

# ABRIL

Piso 6

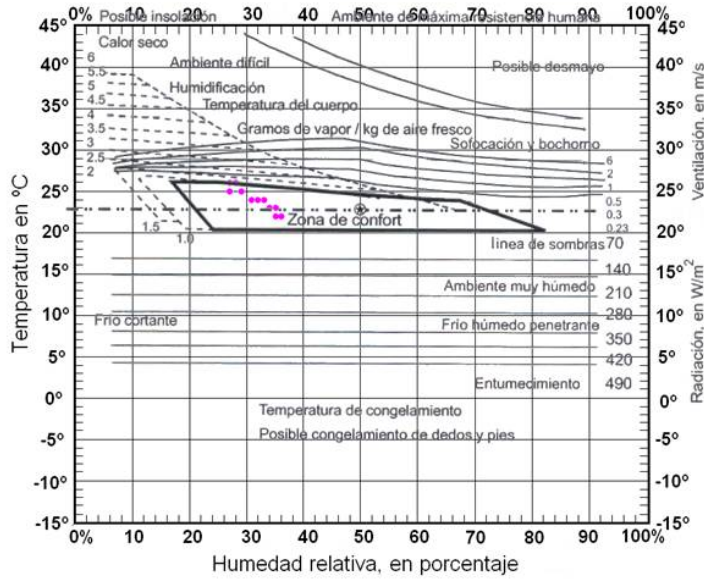


$T_n = 23^\circ\text{C}$



# MAYO

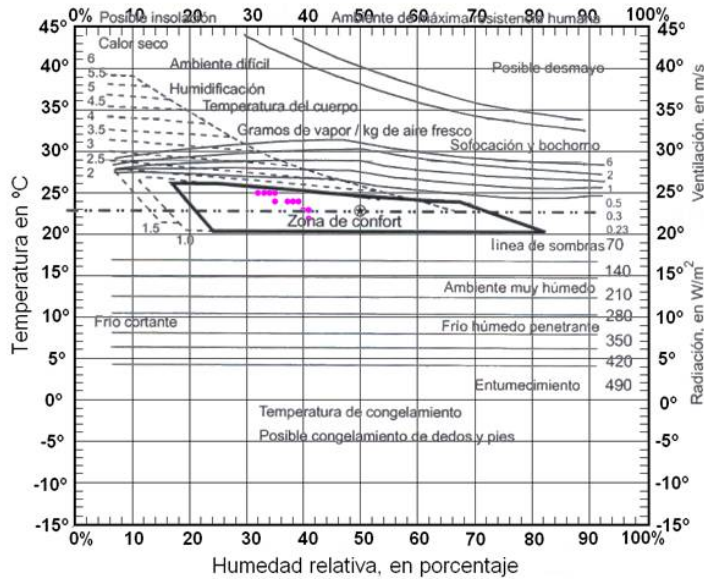
Piso 6



Tn=23°C

# JUNIO

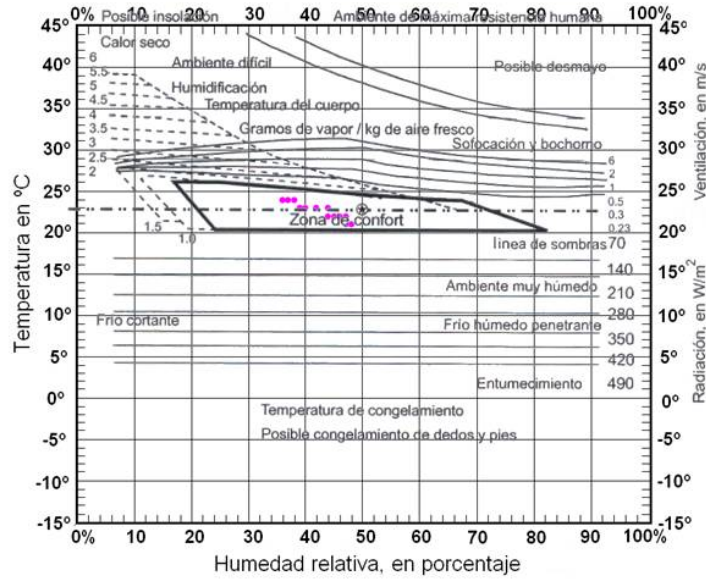
Piso 6



Tn=23°C

# JULIO

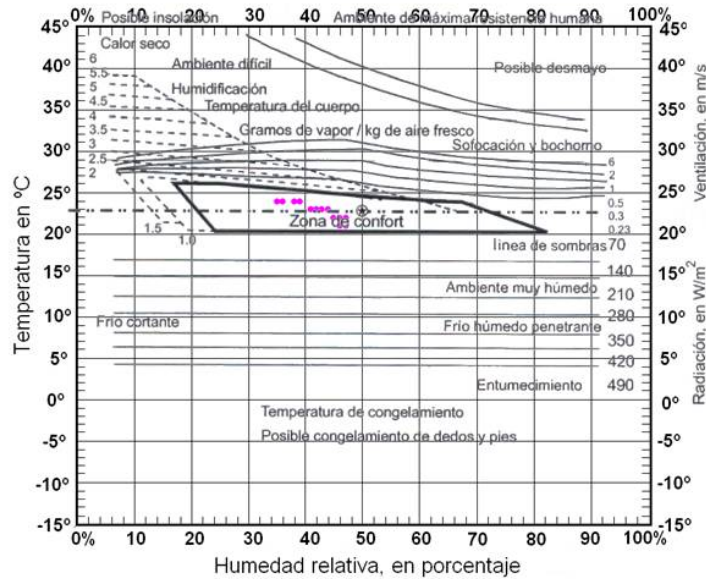
Piso 6



Tn=23°C

# AGOSTO

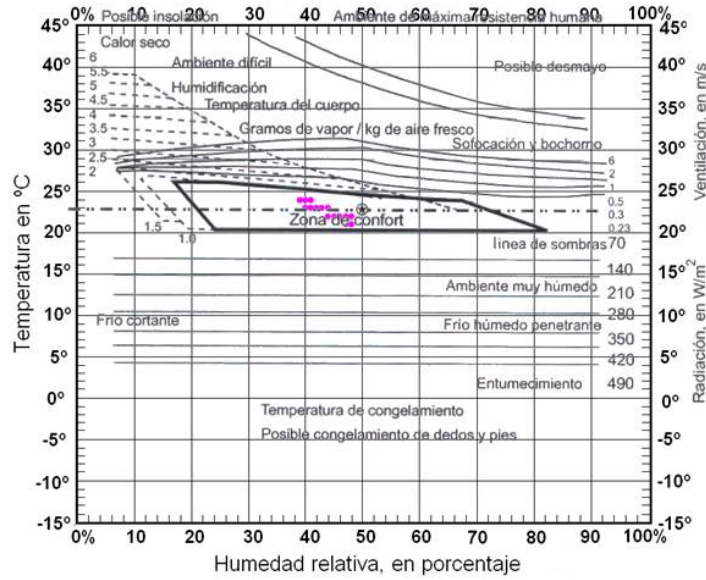
Piso 6



Tn=23°C

# SEPTIEMBRE

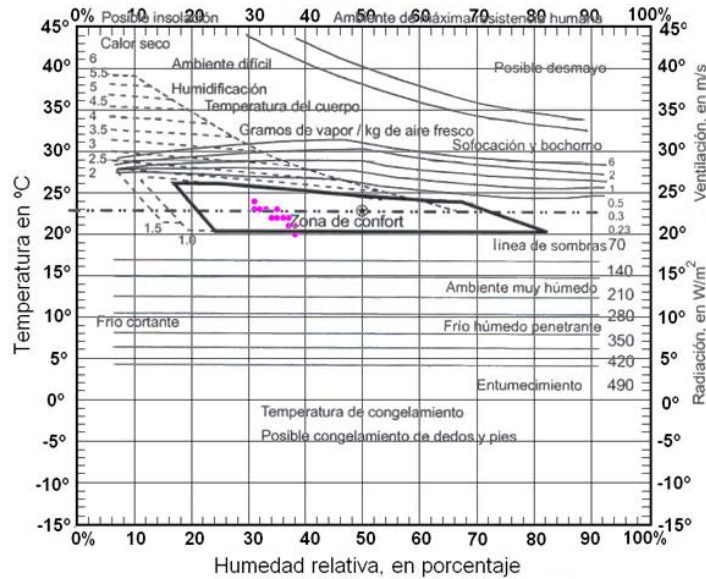
Piso 6



Tn=23°C

# OCTUBRE

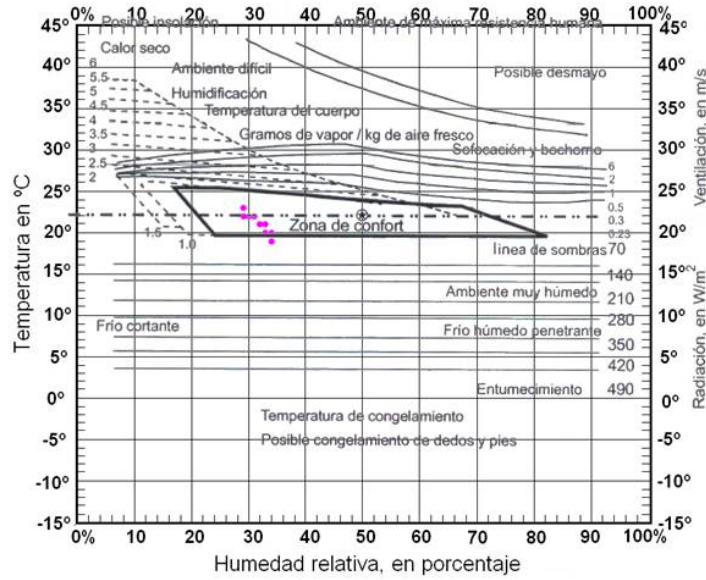
Piso 6



Tn=23°C

# NOVIEMBRE

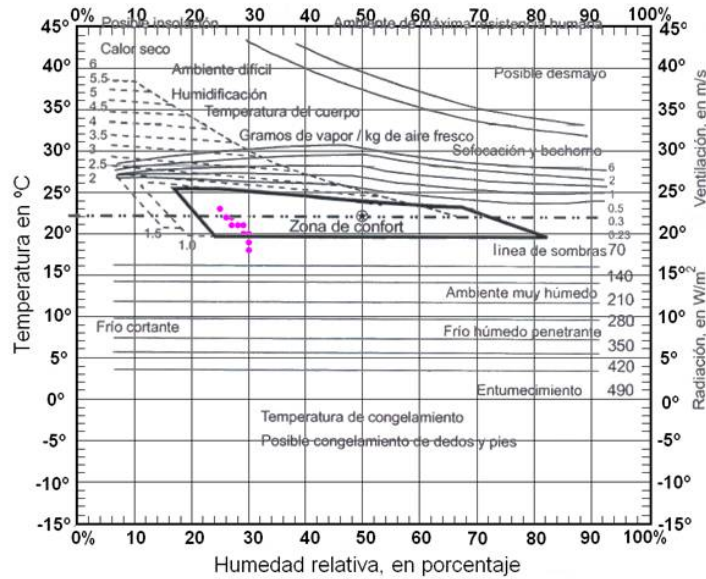
Piso 6



Tn=22°C

# DICIEMBRE

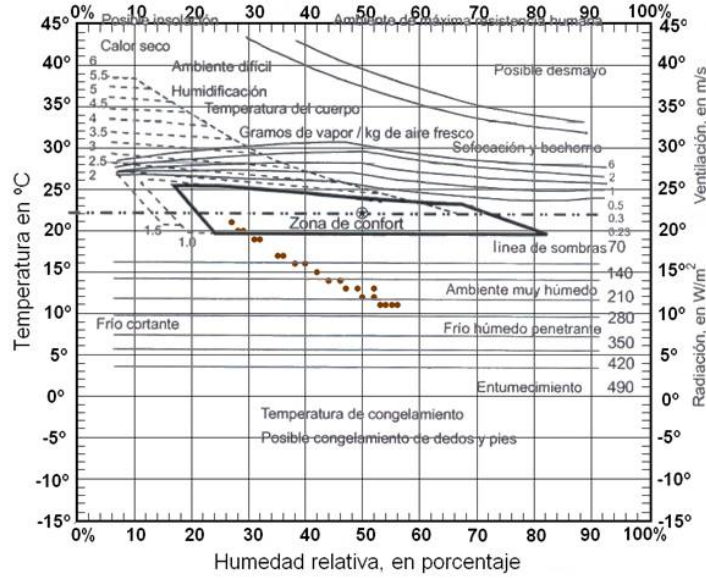
Piso 6



Tn=22°C

# ENERO

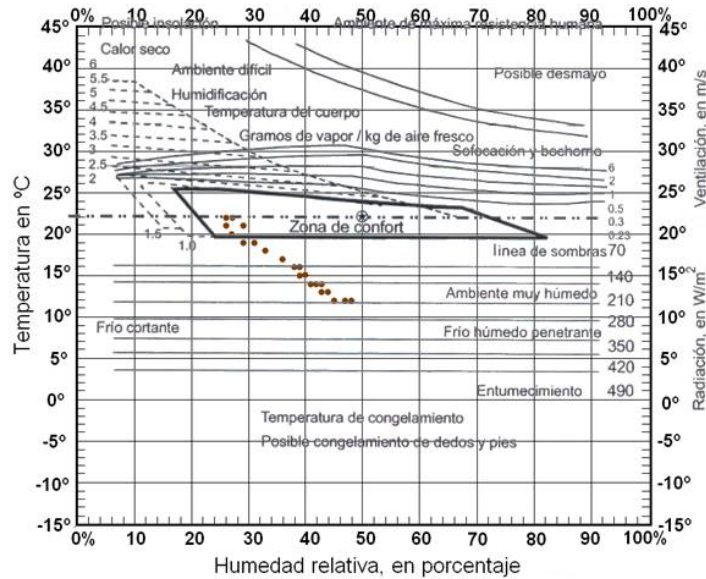
Piso 7



Tn=22°C

# FEBRERO

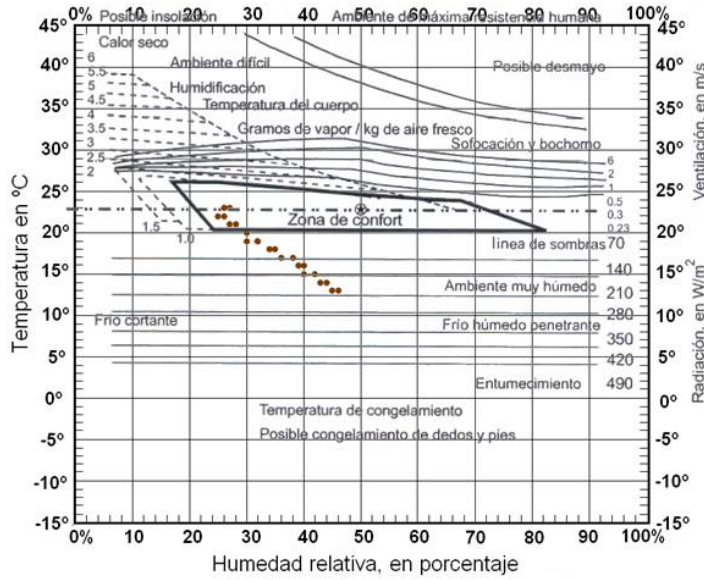
Piso 7



Tn=22°C

# MARZO

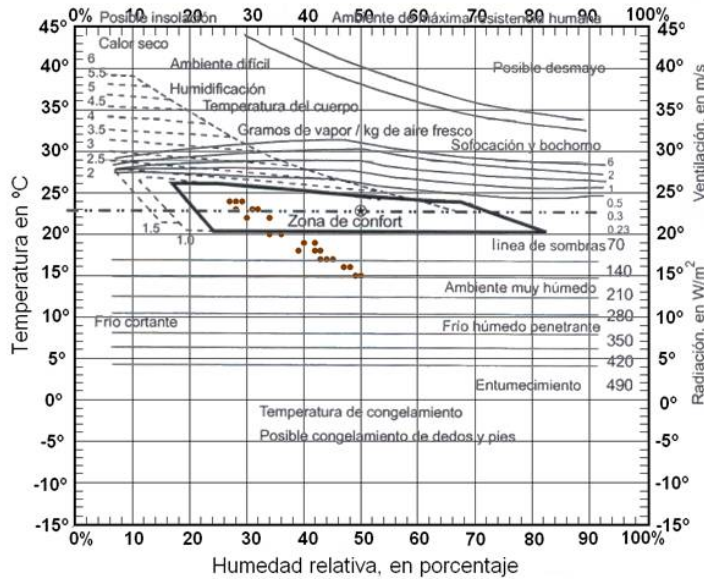
Piso 7



Tn=23°C

# ABRIL

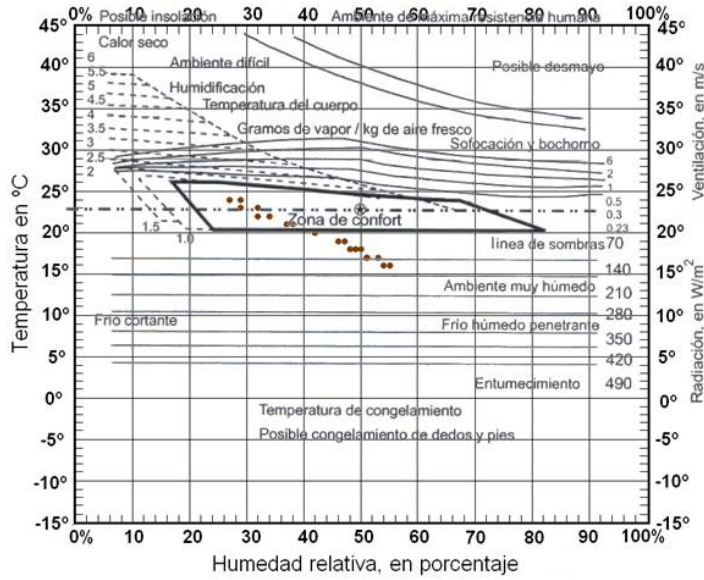
Piso 7



Tn=23°C

# MAYO

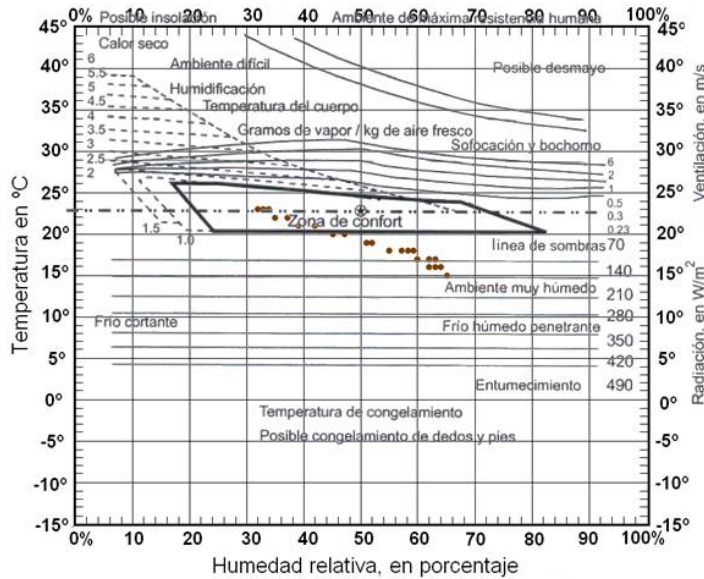
Piso 7



Tn=23°C

# JUNIO

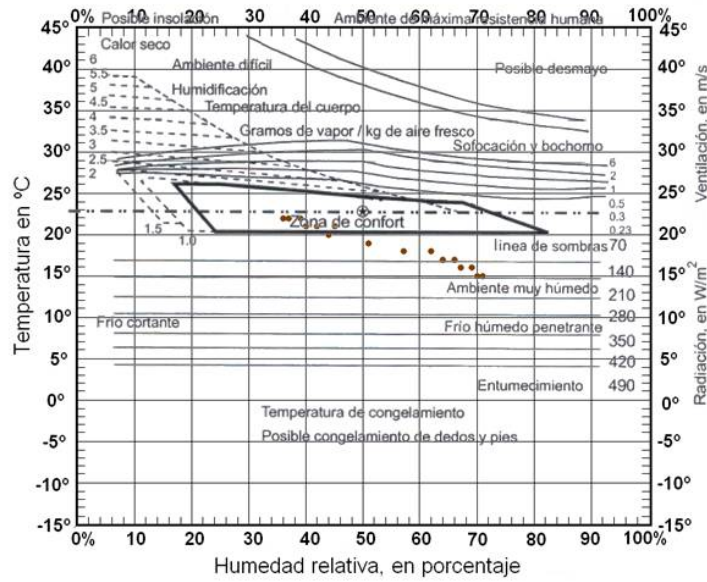
Piso 7



Tn=23°C

# JULIO

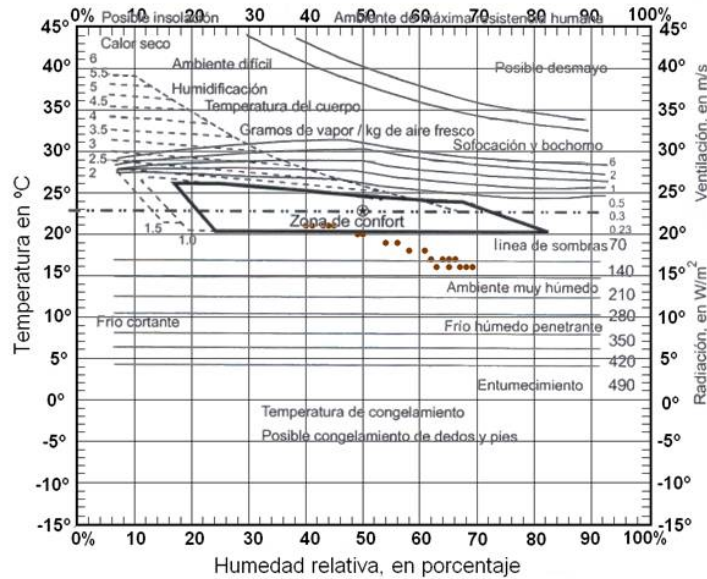
Piso 7



Tn=23°C

# AGOSTO

Piso 7

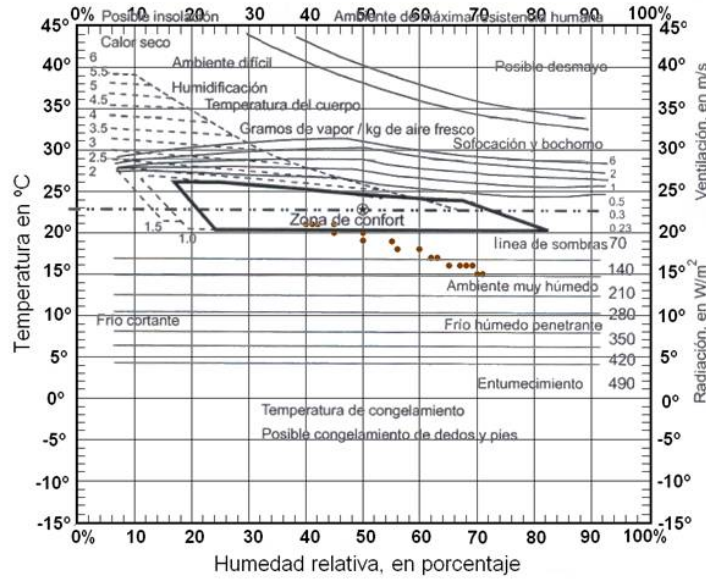


Tn=23°C



# SEPTIEMBRE

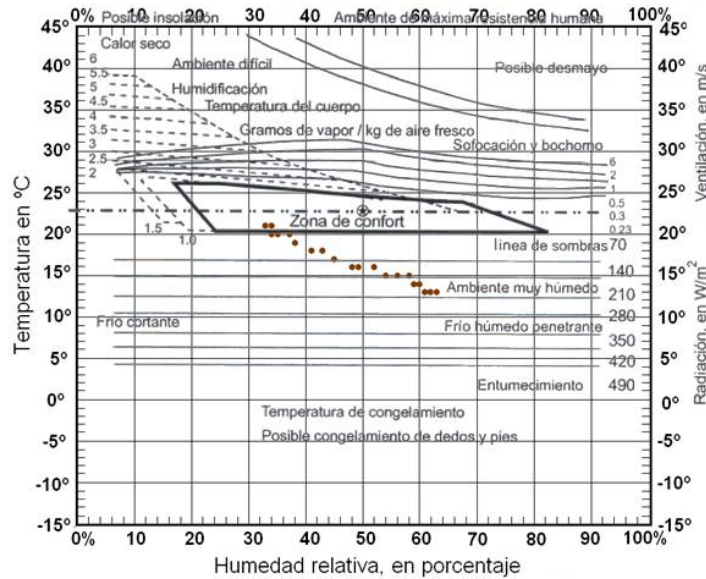
Piso 7



Tn=23°C

# OCTUBRE

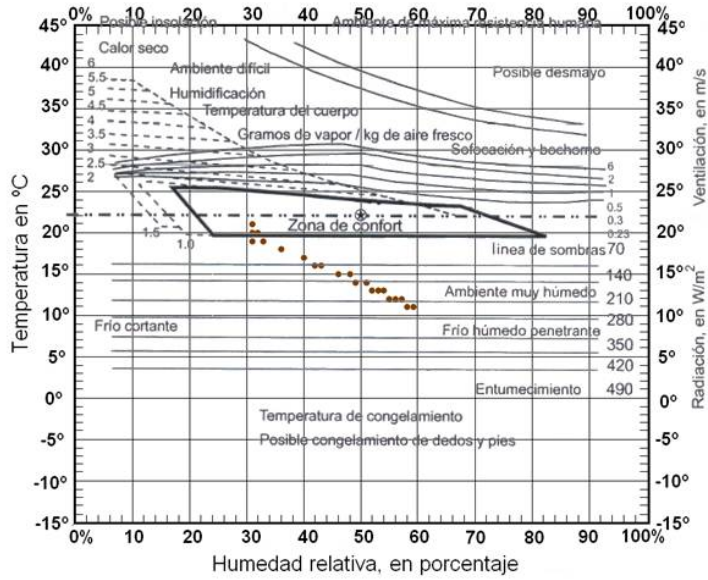
Piso 7



Tn=23°C

# NOVIEMBRE

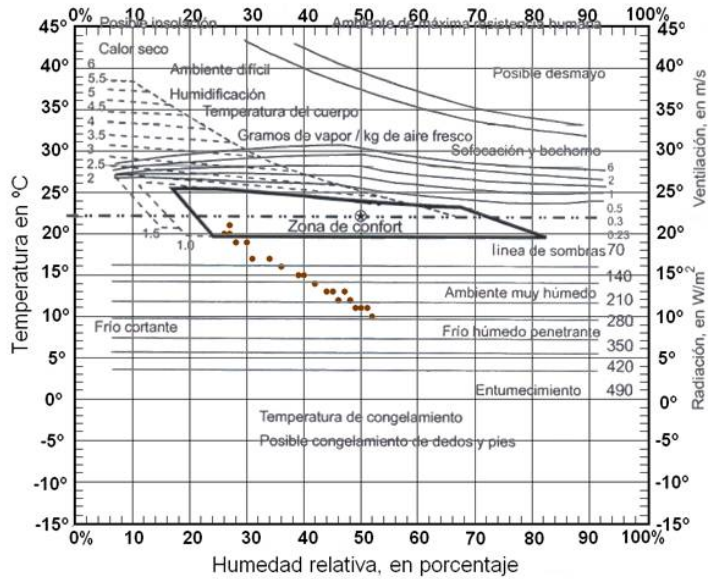
Piso 7



Tn=22°C

# DICIEMBRE

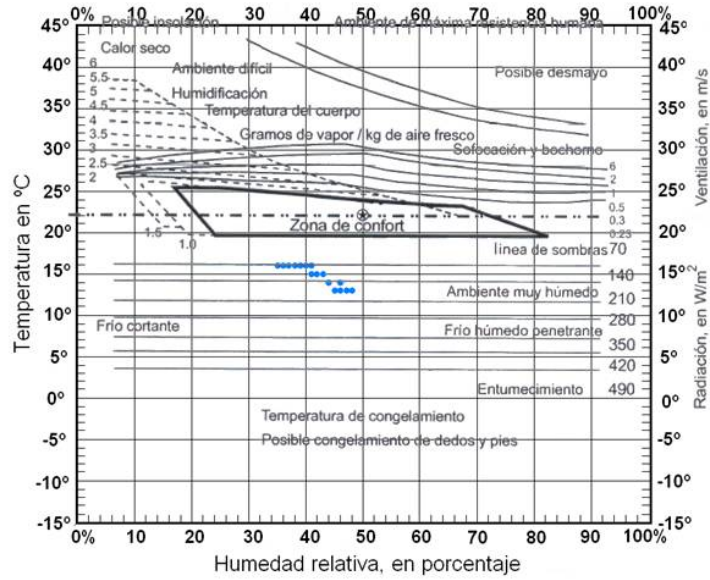
Piso 7



Tn=22°C

# ENERO

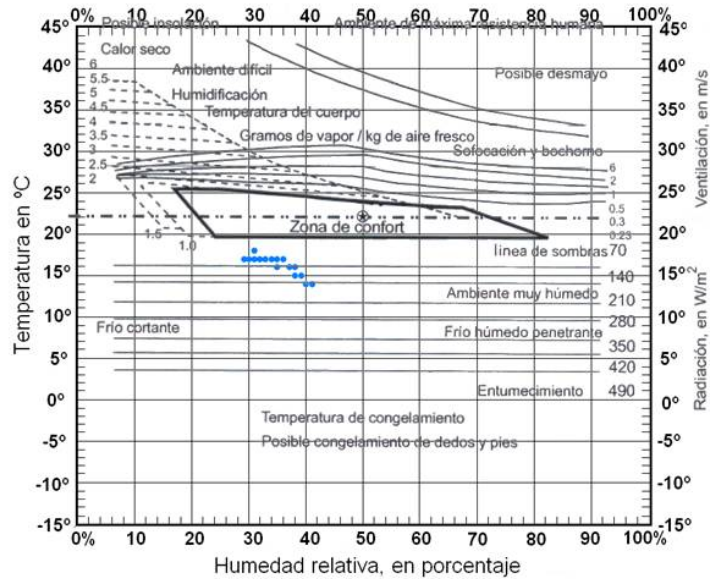
Salón  
Oriente



Tn=22°C

# FEBRERO

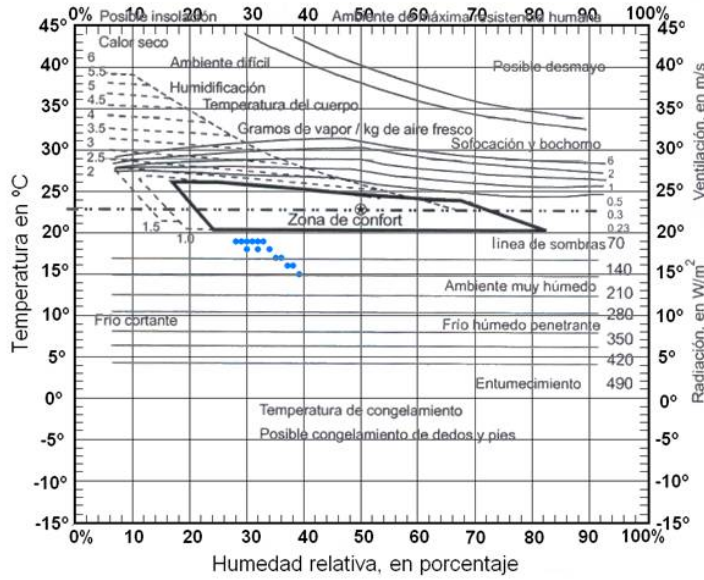
Salón  
Oriente



Tn=22°C

# MARZO

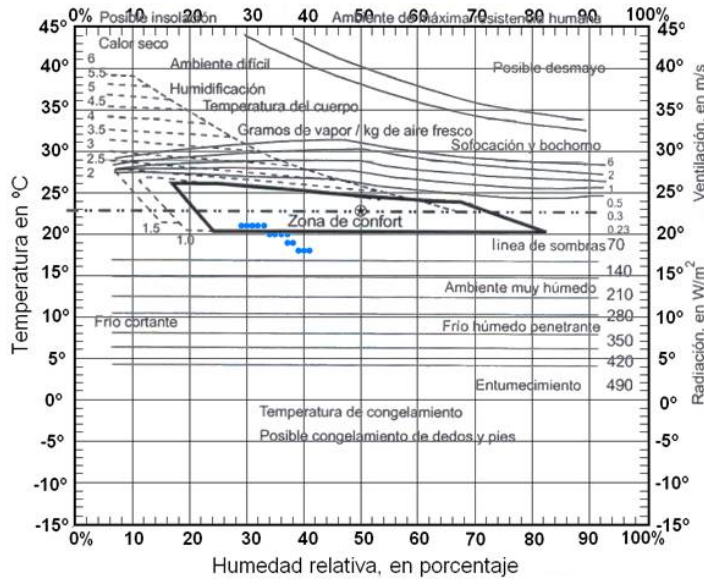
Salón  
Oriente



Tn=23°C

# ABRIL

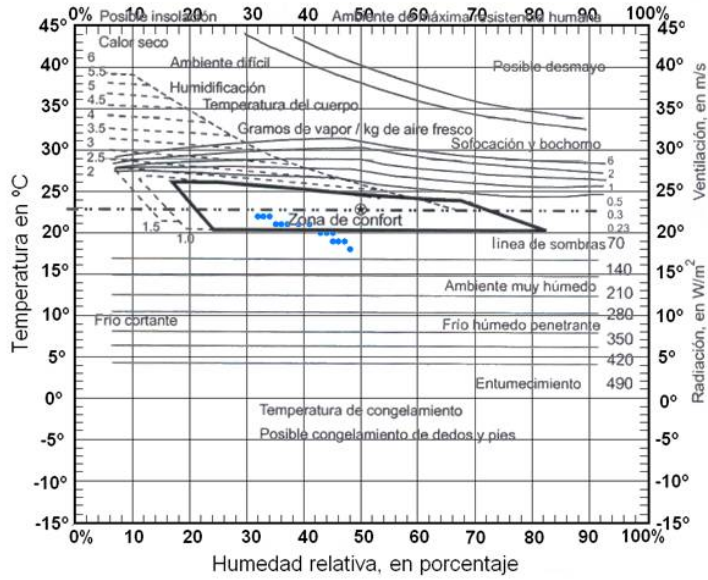
Salón  
Oriente



Tn=23°C

# MAYO

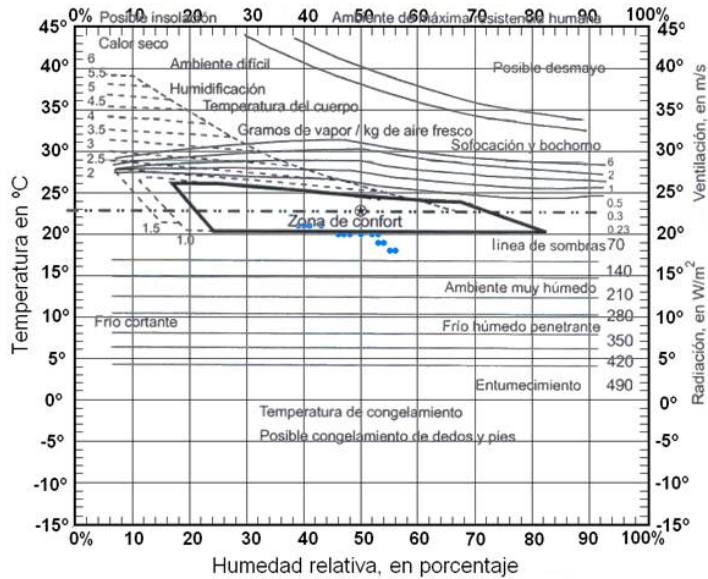
Salón  
Oriente



Tn=23°C

# JUNIO

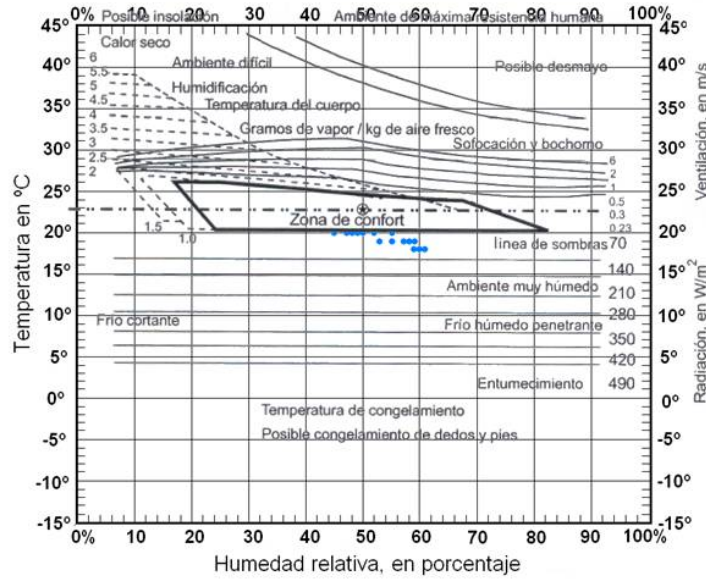
Salón  
Oriente



Tn=23°C

# JULIO

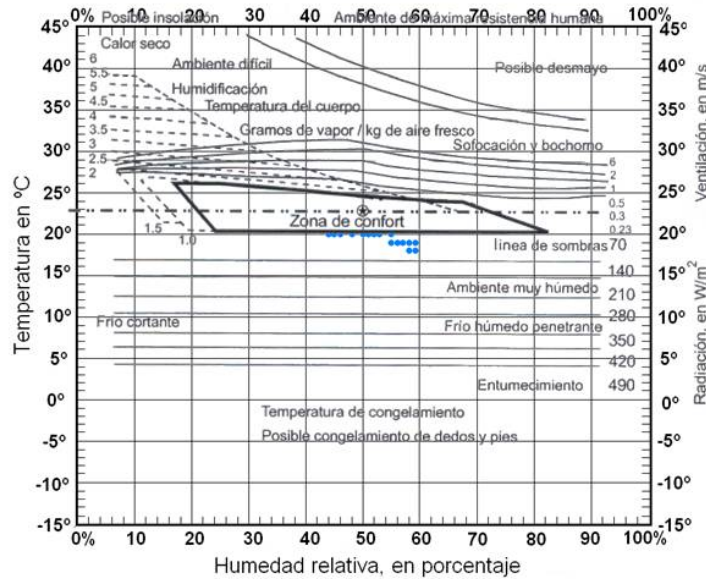
Salón  
Oriente



Tn=23°C

# AGOSTO

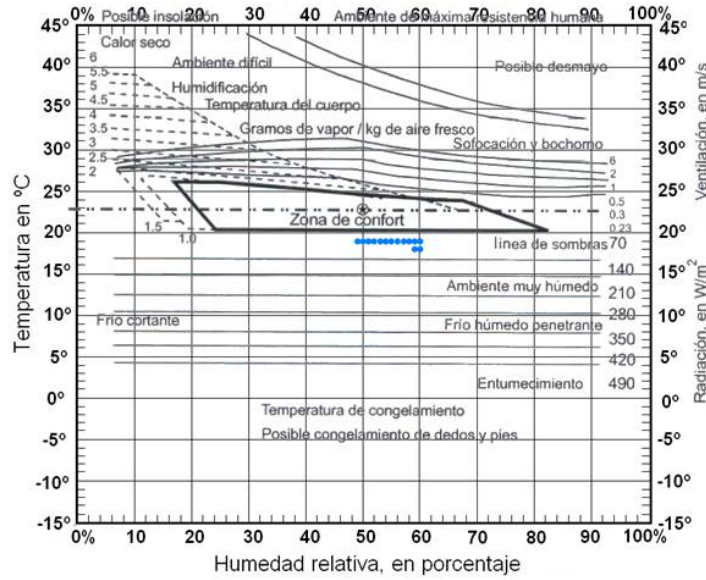
Salón  
Oriente



Tn=23°C

# SEPTIEMBRE

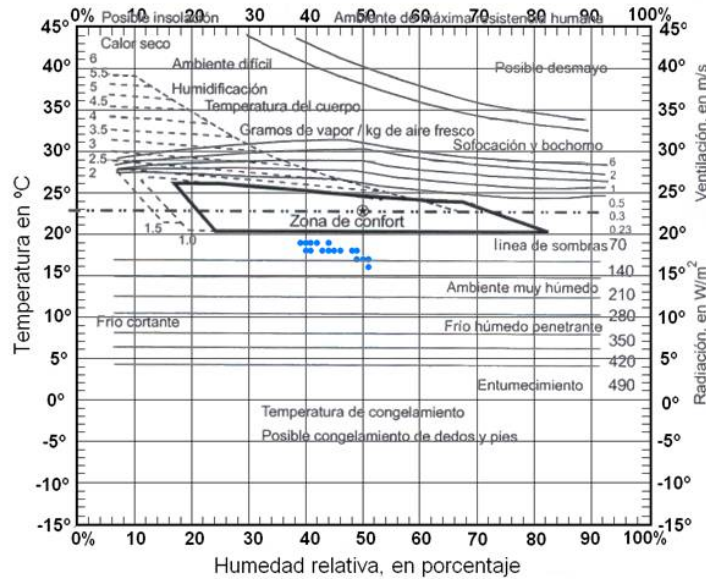
Salón  
Oriente



Tn=23°C

# OCTUBRE

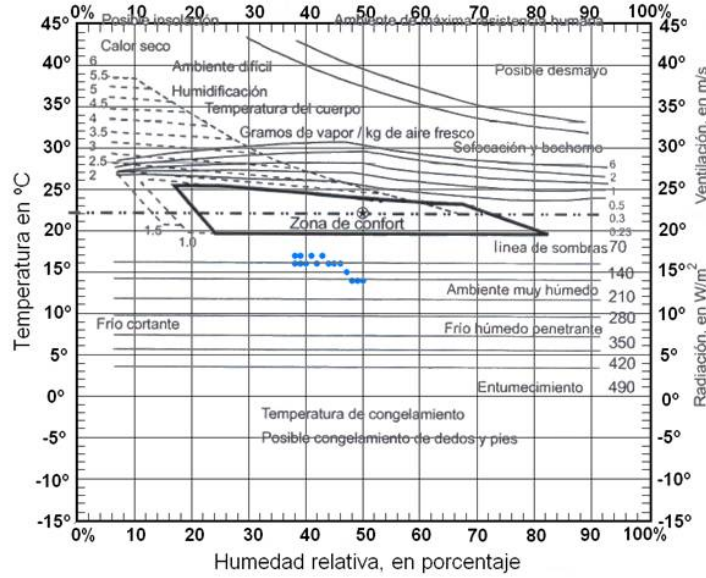
Salón  
Oriente



Tn=23°C

# NOVIEMBRE

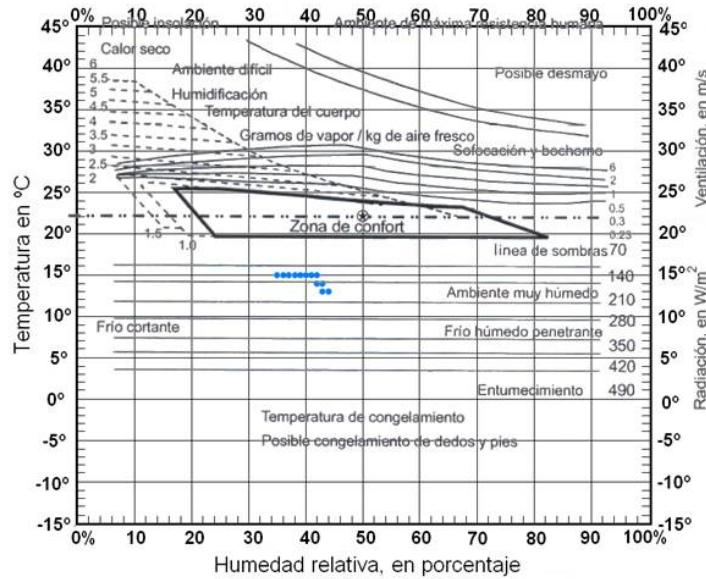
Salón  
Oriente



Tn=22°C

# DICIEMBRE

Salón  
Oriente

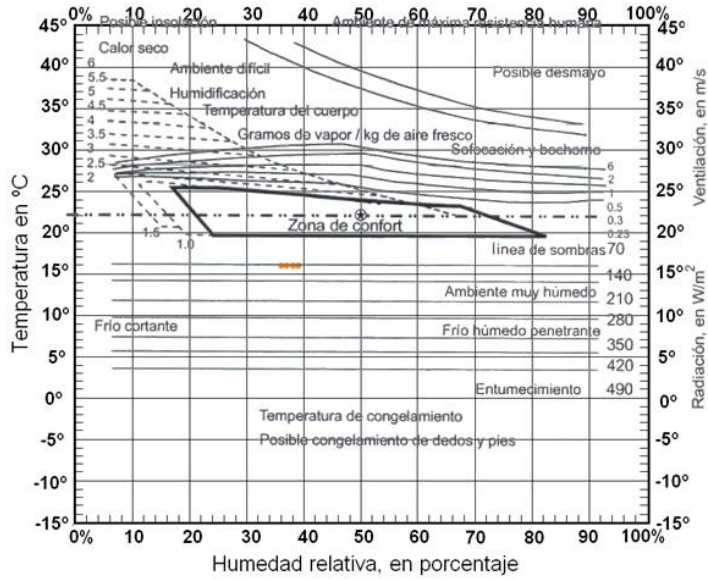


Tn=22°C



# ENERO

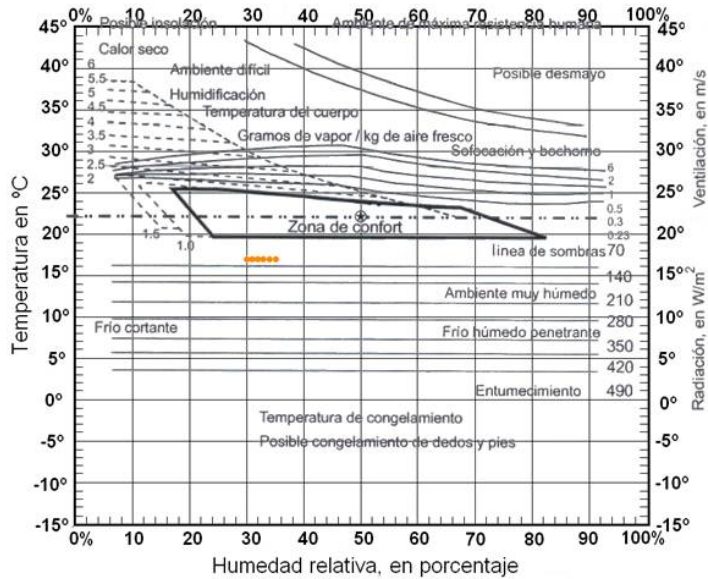
Salón  
Poniente



Tn=22°C

# FEBRERO

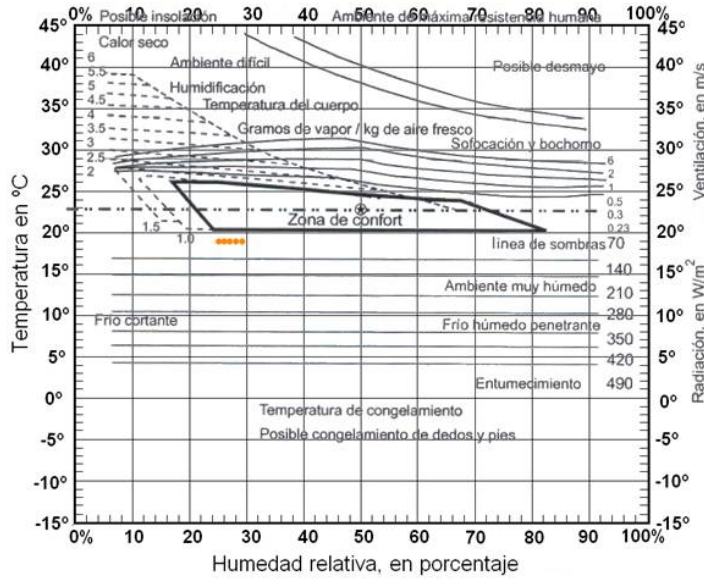
Salón  
Poniente



Tn=22°C

# MARZO

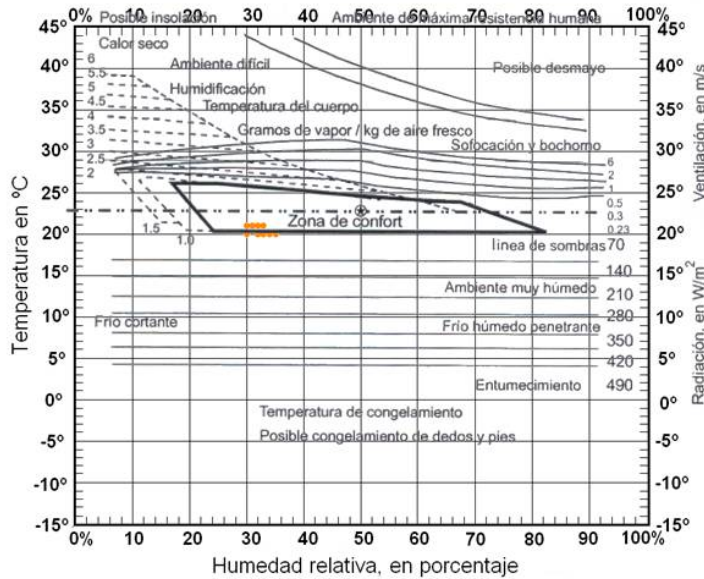
Salón  
Poniente



$T_n = 23^\circ\text{C}$

# ABRIL

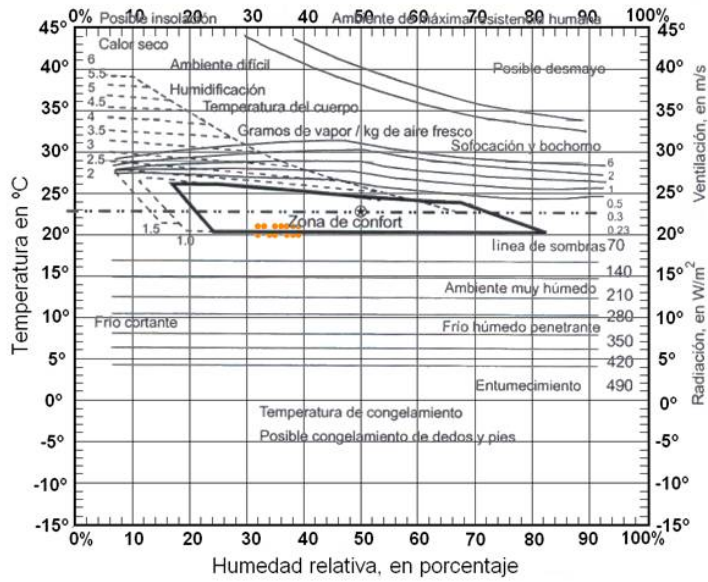
Salón  
Poniente



$T_n = 23^\circ\text{C}$

# MAYO

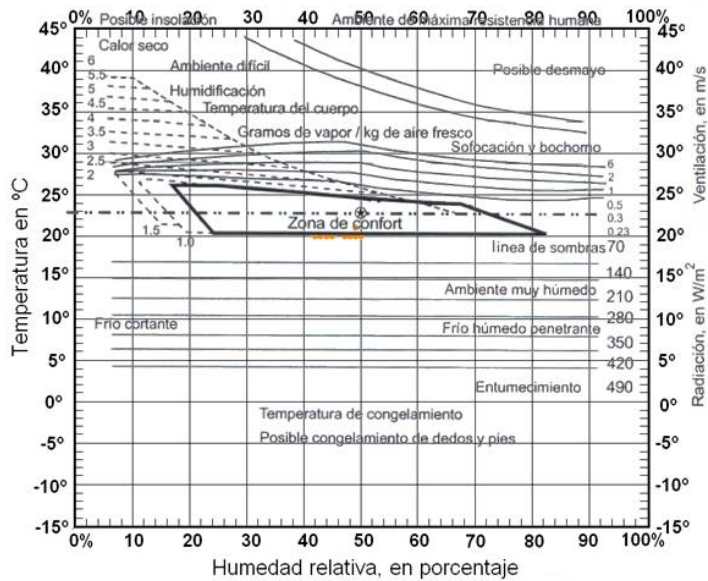
Salón  
Poniente



Tn=23°C

# JUNIO

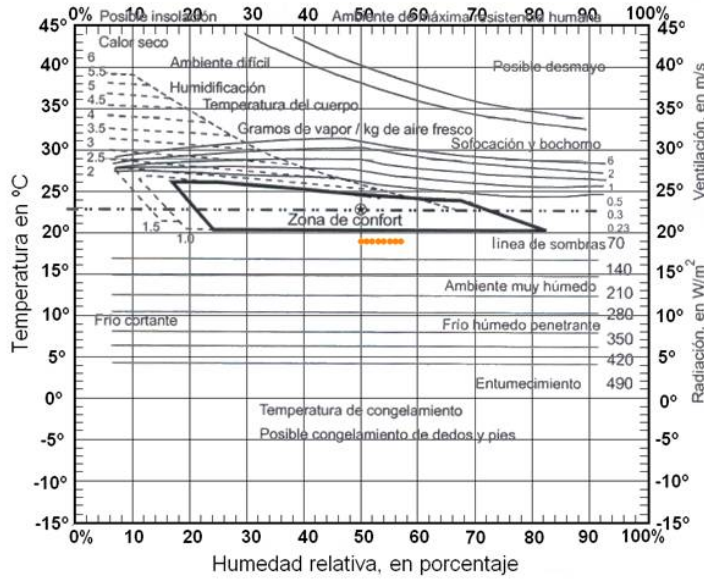
Salón  
Poniente



Tn=23°C

# JULIO

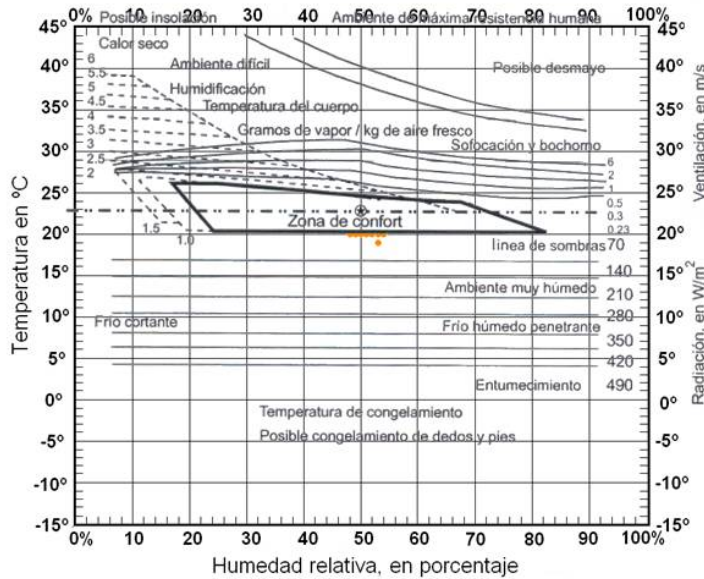
Salón  
Poniente



Tn=23°C

# AGOSTO

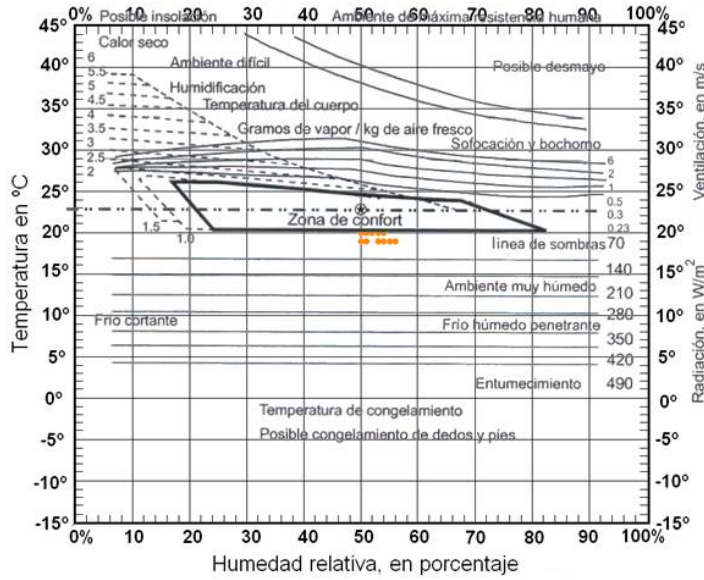
Salón  
Poniente



Tn=23°C

# SEPTIEMBRE

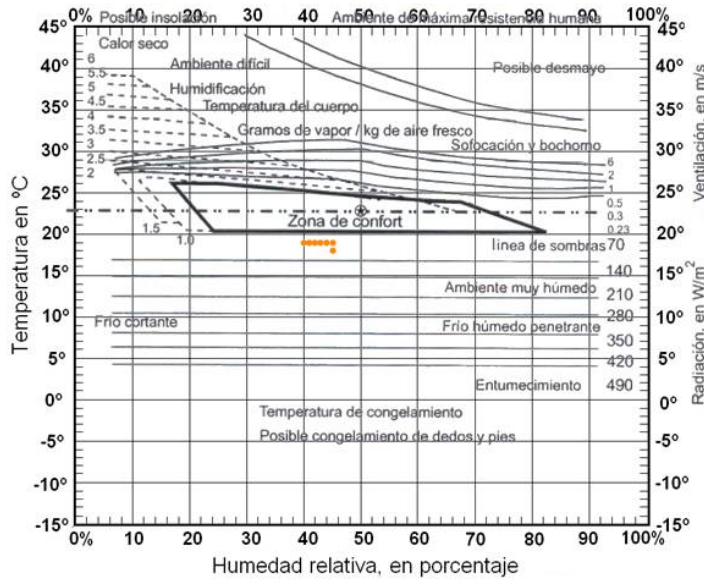
Salón  
Poniente



Tn=23°C

# OCTUBRE

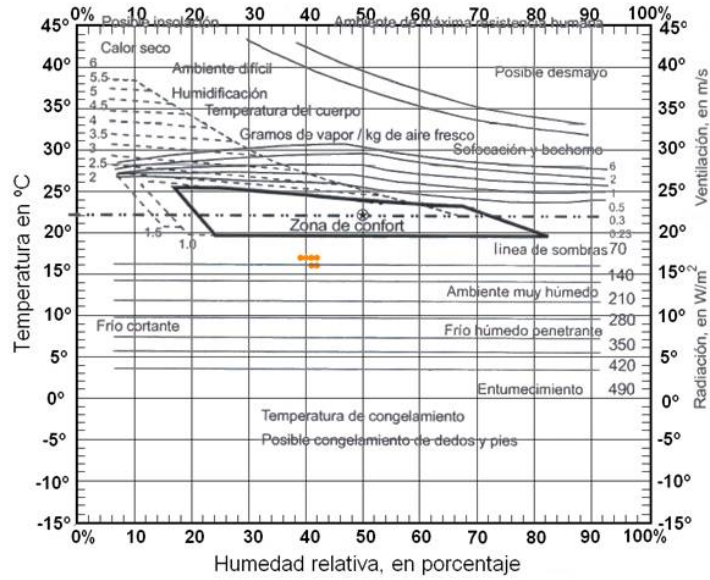
Salón  
Poniente



Tn=23°C

# NOVIEMBRE

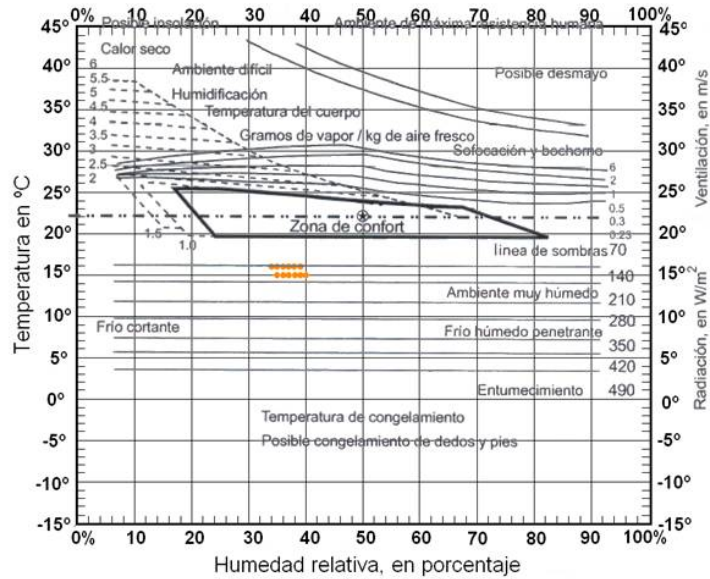
Salón  
Poniente



Tn=22°C

# DICIEMBRE

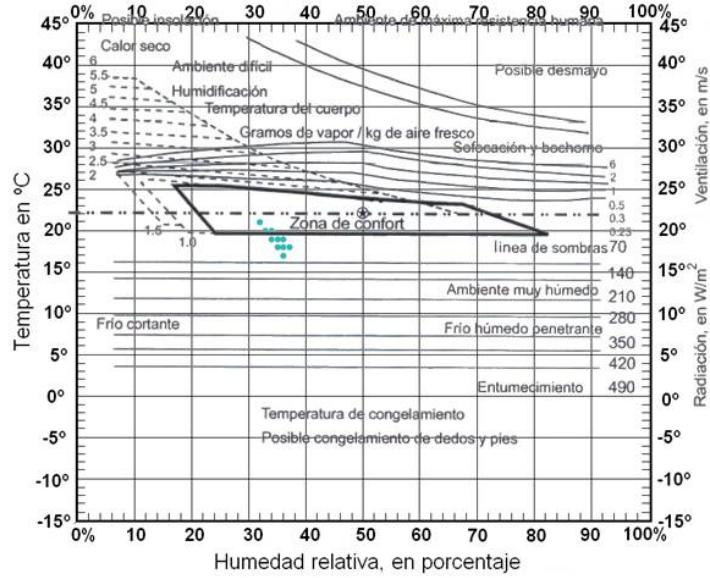
Salón  
Poniente



Tn=22°C

# ENERO

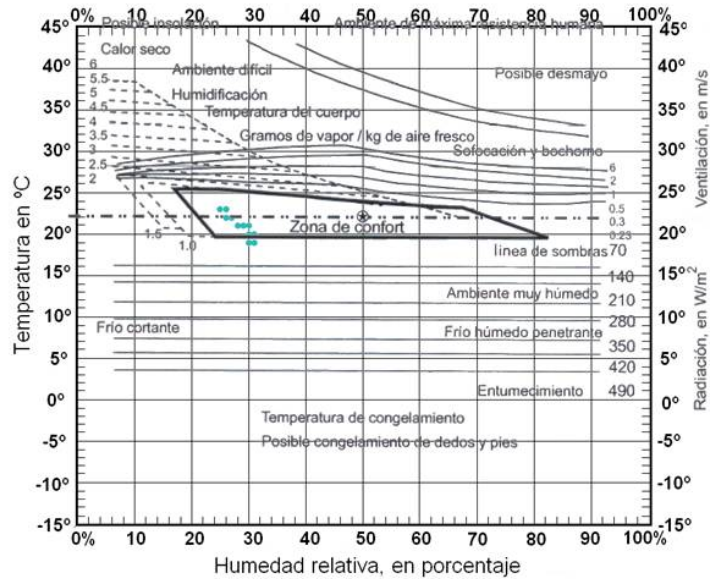
Diana



Tn=22°C

# FEBRERO

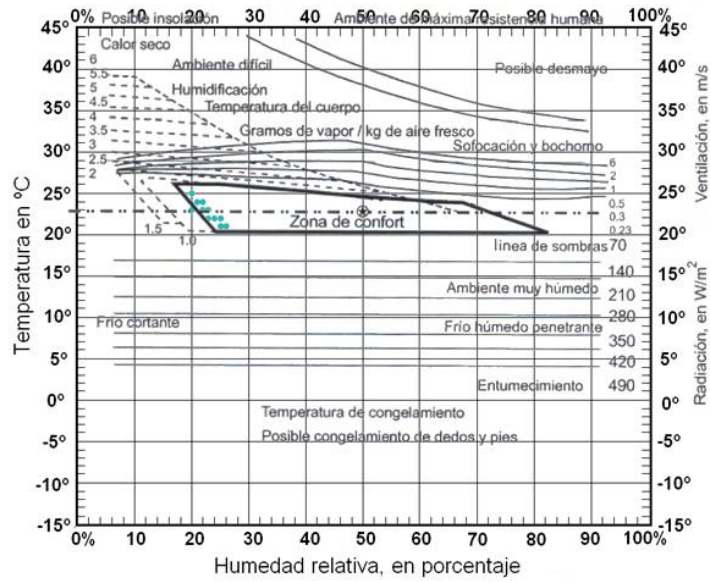
Diana



Tn=22°C

# MARZO

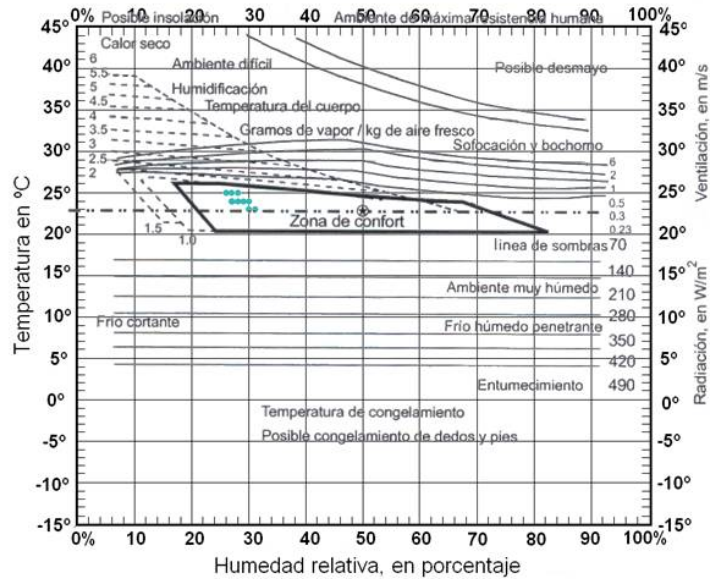
Diana



Tn=23°C

# ABRIL

Diana

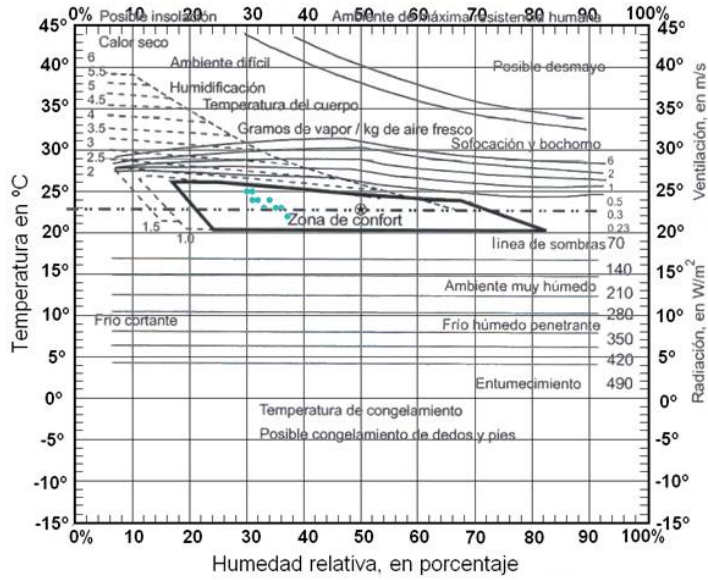


Tn=23°C



# MAYO

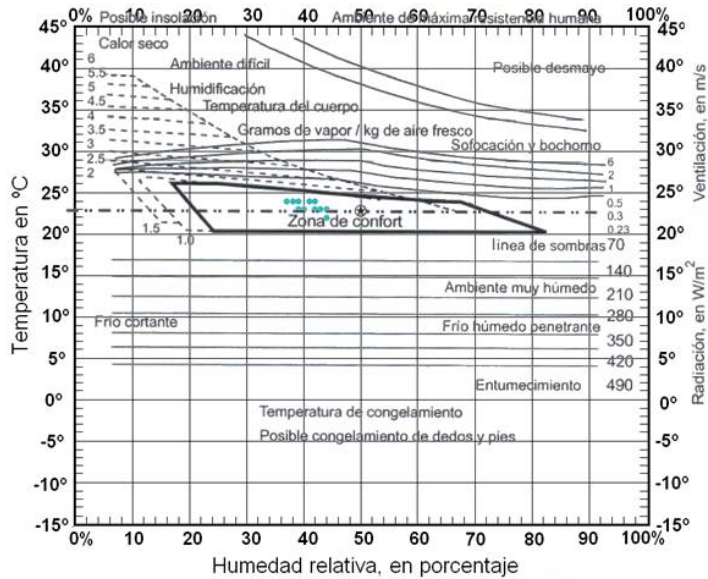
Diana



Tn=23°C

# JUNIO

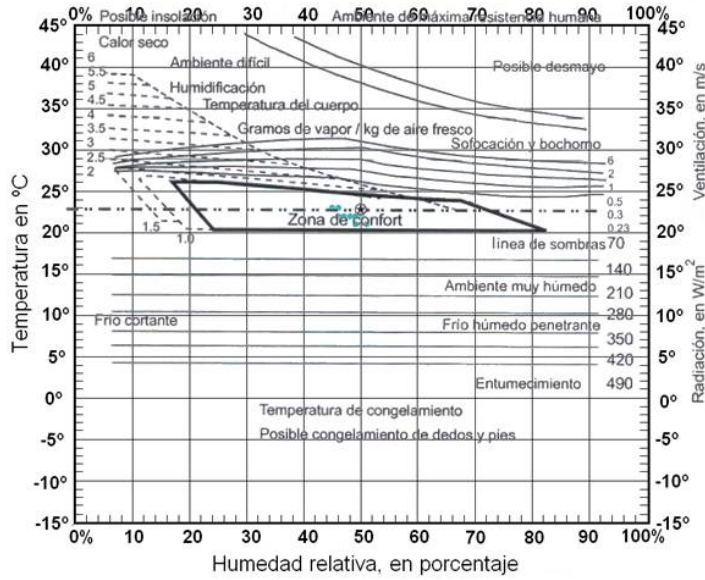
Diana



Tn=23°C

# JULIO

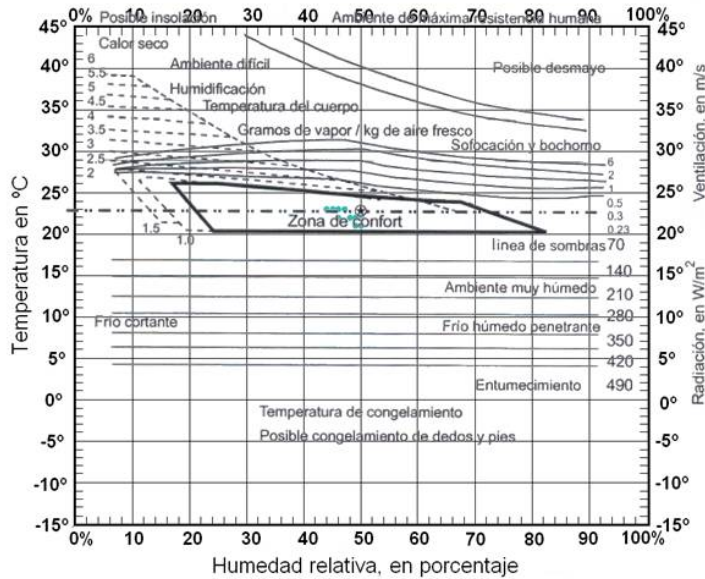
Diana



Tn=23°C

# AGOSTO

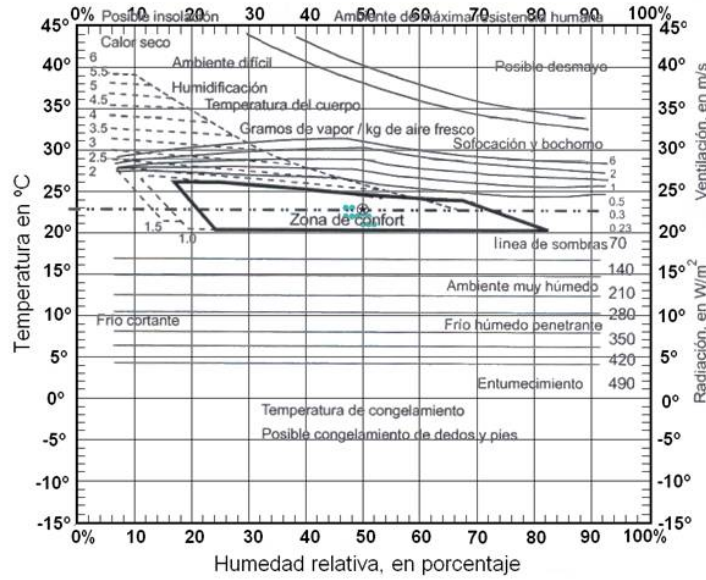
Diana



Tn=23°C

# SEPTIEMBRE

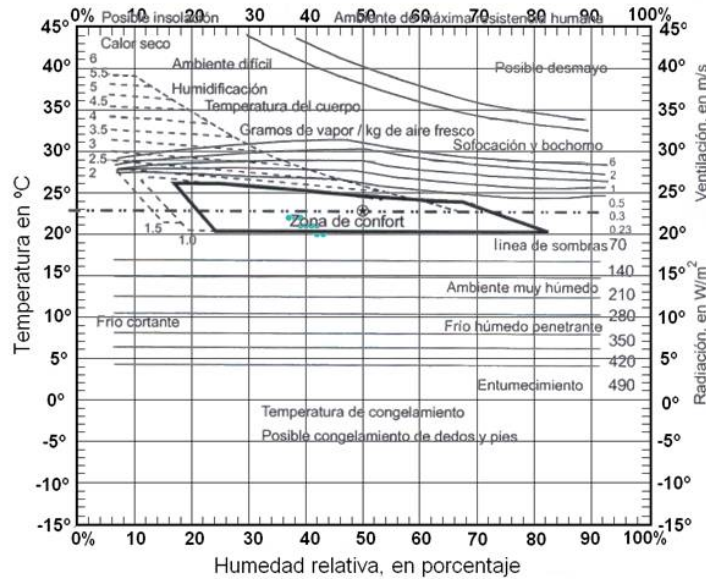
Diana



Tn=23°C

# OCTUBRE

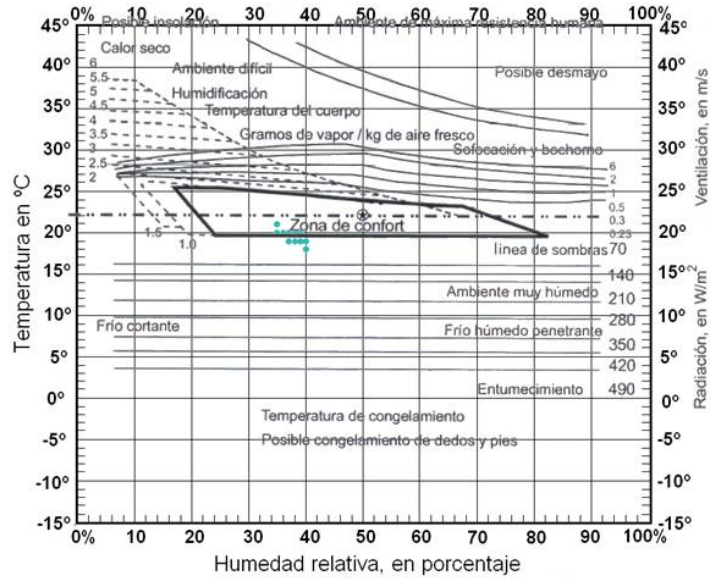
Diana



Tn=23°C

# NOVIEMBRE

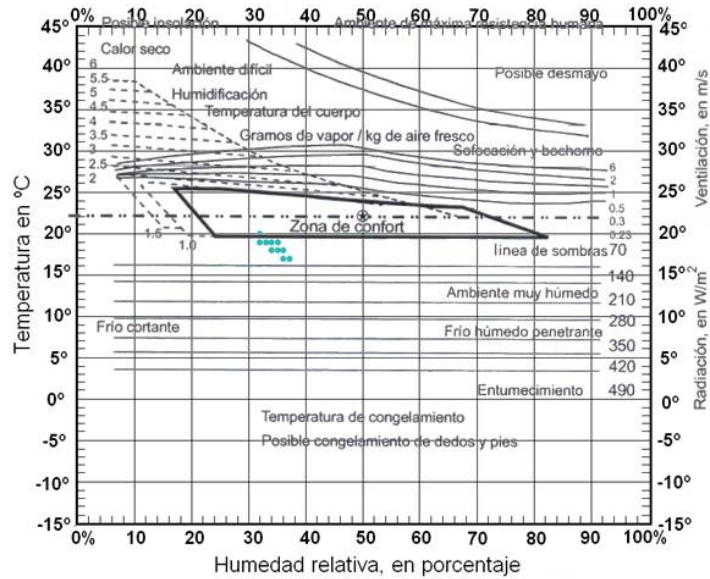
Diana



Tn=22°C

# DICIEMBRE

Diana



Tn=22°C

### PRIMER PISO

h/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6												
7	<b>Frio</b>											
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16					<b>Confort</b>							
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

### TERCER PISO

h/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6												
7	<b>Frio</b>											
8												
9												
10												
11												
12												
13						<b>Calor</b>						
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24					<b>Confort</b>							
1												
2												
3												
4												
5												

SEXTO PISO

h/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

TERRAZA:

h/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

### SALON ORIENTE

h/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6												
7	<b>Frio</b>											
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

### SALON PONIENTE

h/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6												
7	<b>Frio</b>											
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

## DIANA

h/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6												
7												
8												
9	Frio				Confort							
10												
11												
12												
13												
14												
15			Calor									
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente los mapas de Isorrequerimientos muestran el comportamiento bioclimático de la Torre de Ingeniería. De la interpretación de resultados el sexto piso tiene un mayor confort respecto a los otros; en Enero, Octubre, Noviembre y Diciembre solo durante 5 de las 24 horas del día la temperatura promedio está por debajo de la deseada. Caso contrario los salones de usos múltiples, que en los meses de Abril, Mayo y Junio presentan escasas zonas de confort esto se puede explicar por la ubicación dentro del inmueble, la radiación solar es menor que en cualquier área de la Torre de Ingeniería.

El resultado esperado se encontró al mostrar el comportamiento de la Torre durante las 24 horas del día durante el año, teniendo así las herramientas necesarias para poder mejorar el confort térmico de la Torre de Ingeniería.

Para obtener mejores y homogéneos resultados se recomienda instalar un mayor número de sensores para así poder monitorear todos los pisos.

El siguiente paso es el diseño de dispositivos para activar de forma autónoma ventilas o conductos en especificas horas del día con el fin obtener el mejor confort dentro de la Torre de Ingeniería. Teniendo a fin una ventilación Híbrida.



## DIANA

h/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6												
7												
8												
9	Frio				Confort							
10												
11												
12												
13												
14												
15			Calor									
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
1												
2												
3												
4												
5												

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente los mapas de Isorrequerimientos muestran el comportamiento bioclimático de la Torre de Ingeniería. De la interpretación de resultados el sexto piso tiene un mayor confort respecto a los otros; en Enero, Octubre, Noviembre y Diciembre solo durante 5 de las 24 horas del día la temperatura promedio está por debajo de la deseada. Caso contrario los salones de usos múltiples, que en los meses de Abril, Mayo y Junio presentan escasas zonas de confort esto se puede explicar por la ubicación dentro del inmueble, la radiación solar es menor que en cualquier área de la Torre de Ingeniería.

El resultado esperado se encontró al mostrar el comportamiento de la Torre durante las 24 horas del día durante el año, teniendo así las herramientas necesarias para poder mejorar el confort térmico de la Torre de Ingeniería.

Para obtener mejores y homogéneos resultados se recomienda instalar un mayor número de sensores para así poder monitorear todos los pisos.

El siguiente paso es el diseño de dispositivos para activar de forma autónoma ventilas o conductos en especificas horas del día con el fin obtener el mejor confort dentro de la Torre de Ingeniería. Teniendo a fin una ventilación Híbrida.

## GLOSARIO

**Bioclima:** Es la asociación de los elementos meteorológicos de un lugar que influyen en la sensación de bienestar higrotérmico del humano. Estos elementos son principalmente temperatura del aire (bulbo seco), humedad (relativa, específica, absoluta o presión de vapor), radiación solar (duración, cantidad de flujo o irradiancia y calidad), viento (dirección, velocidad y frecuencia) y temperatura de radiación (la del entorno físico interior).

**Bioclimático:** Término propuesto en los años cincuenta por Olgay para describir el diseño de edificios basado en el análisis de elementos meteorológicos.

**Bioclimática, Arquitectura:** Acción de proyectar o construir, considerando la interacción de los elementos meteorológicos con la construcción, a fin de que sea esta misma la que regule los intercambios de la materia y energía con el ambiente exterior y propicie las condiciones que determinan la sensación de bienestar térmico del humano en interiores.

**Clima:** Es el comportamiento estadístico de las variaciones y combinaciones del estado del tiempo (fenómenos meteorológicos) durante un largo periodo, por varias décadas.

**Climatización:** Conjunto de operaciones que crean y mantienen determinadas condiciones de temperatura, humedad, ventilación y calidad del aire, La climatización es sinónimo de acondicionamiento climático del ambiente.

**Confort:** Placer de bienestar físico condiciones o calidad de estar confortable.

**Confortable:** Satisface, proporciona o propende a dar tranquilidad, placer y agrado.

**Fluctuación**<sup>10</sup>: Aumentar y disminuir alternativamente.

**Isorrequerimiento:** Diagrama, producto del análisis de los datos y las condiciones de confort para un lugar determinado, en el cual se aprecian condiciones de sensación de confort para un periodo de tiempo determinado.

**Termofisiología:** Estudia las funciones de los seres orgánicos específicamente lo relacionado con la temperatura dando sentido a aquellas interacciones de los elementos básicos de un ser vivo con su entorno y explicando el porqué de cada diferente situación en que se puedan encontrar estos elementos.

**Tiro:** Espacio de un edificio por donde se desplaza un elevador

**Zona de Confort:** Intervalo de temperaturas y humedades en las cuales el humano presenta el mínimo esfuerzo para disipar el calor que genera. La zona de confort se ha considerado fija, los márgenes de confort al presentarse como universales no tomaba en consideración el factor de aclimatación que como la práctica cotidiana indica, puede modificar considerablemente la ubicación de la zona de confort.

---

<sup>10</sup> <http://www.hipocampo.org/glosariof.asp>

## BIBLIOGRAFIA.

- Bioclimática (Sistemas pasivos de climatización)". David Morillón; 1994.
- "Atlas de bioclimática de México". David Morillón; 2004
- Imagen de la tesis "Diseño, simulación y optimización del sistema de ventilación natural de la Torre de Ingeniería", Instituto de Ingeniería, UNAM México DF"
- "Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene",  
[www.hacienda.gob.cr/centro/datos/Articulo](http://www.hacienda.gob.cr/centro/datos/Articulo)
- Manual práctico de la ventilación industrial estática o natural (Libro, Español 2000)
- Principles of Hybrid Ventilation <http://www.ecbcs.org/>
- Gloria Cruceta -Calidad ambiental en el interior de los edificios -Novedades normativas- Asociación Catalana de Empresas Especialistas en Síndrome del Edificio Enfermo -Octubre 2000