



TRATAMIENTO DE DATOS CLIMÁTICOS DE LOCALIDADES DE URUGUAY PARA EVALUACIÓN TÉRMICA Y ENERGÉTICA DE PROYECTOS Y EDIFICIOS

Alicia Picción; Sara Milicua

Departamento de Clima y Confort en Arquitectura (DECCA)
Facultad de Arquitectura, Universidad de la República Oriental del Uruguay
Bulevar Artigas 1031 - 11200
Montevideo, Uruguay
Tel (5982) 400 11 06, Fax: (5982) 400 60 63
e-mail: apiccion@farq.edu.uy
e-mail: smilicua@farq.edu.uy

RESUMEN

En este artículo se expone la elaboración de bases de datos climáticas tratadas según diferentes metodologías, para su aplicación en las áreas de evaluación térmica y energética de edificios. Los programas de simulación para estos fines necesitan de bases de datos coherentes con un rango amplio de datos horarios y formas adicionales de selección. Estas metodologías de tratamientos de datos son aplicadas a seis ciudades de Uruguay: Colonia, Montevideo, Paso de los Toros, Rocha, Salto y Treinta y Tres, localizadas entre las latitudes 34°50' y 31°24' Sur. Además se propone caracterizar el clima de estas seis ciudades analizadas y generar para cada una de ellas sus Cartas Bioclimáticas, de forma de poder identificar las estrategias de proyecto más adecuadas para la adaptación del edificio al clima local.

ABSTRACT

This paper presents climatic data bases using different methodologies, in order to use in thermal and energy assessment. The simulation programs one can use need coherent data bases in a wide range of hourly data and additional ways for selection. These methodologies for treating climatic data are applied to six Uruguayan cities: Colonia, Montevideo, Paso de los Toros, Rocha, Salto and Treinta y tres. They are located between 34°50' a 31°24' South latitude. Additionally, the study develops the climatic characteristics of these six cities and brings their bioclimatic charts so as to identify the appropriate strategies to adapt building to local climate.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales metas de las investigaciones contemporáneas en física de los edificios es la de asegurar el uso racional de la energía y un clima interior confortable. Parte de estos conceptos son resumidos en normativas y pautas de diseño relacionadas a las características climáticas del sitio de proyecto. En los últimos años se evidencian cambios climáticos, existiendo indicadores de este fenómeno en los datos recientes. Debido a ello, los datos publicados por el Servicio de Climatología de la Facultad de Arquitectura (RIVERO, 1992), basados en el período 1950-69 deben ser revisados. Los datos horarios disponibles en la Dirección de Meteorología no están procesados para la aplicación en la evaluación de proyectos arquitectónicos. Para integrar los diferentes factores climáticos en todas las etapas de proyecto, se exigen tratamientos específicos de estos datos. Tratamientos estadísticos que transformen una gran cantidad de registros en herramientas prácticas de trabajo para los profesionales y los investigadores (GOULART, 1997). Se justifica así la necesidad del estudio estadístico de datos recientes, conteniendo eventos representativos de un período climático en grado y frecuencia y su

implicancia para distintas zonas del país. El período debe ser suficientemente largo como para contener magnitudes estadísticamente confiables y variaciones de año en año y suficientemente reciente para ser considerado representativo del clima ‘corriente’.

Los métodos para disponer de datos climáticos aparecieron con la evolución de los métodos computarizados para estudiar el ambiente artificial interior en que vive el ser humano. El uso de programas de simulación para la predicción de necesidades energéticas en edificios, hacen necesarias bases de datos coherentes y avaladas que deben contener un rango de datos horarios mayor que las disponibles actualmente y formas adicionales de selección (ADELAR et al, 2000). En la última década, un centenar de códigos de simulación fueron elaborados, pero sólo 10 generadores de datos climáticos fueron reconocidos, tales como los días típicos, el año de referencia (Test Reference Year TRY) o las secuencias extremas, extraídos de una base de datos existente, o datos generados artificialmente usando series de modelos preestablecidos, cuando no se dispone de una base de datos horarios en el sitio. En física de los edificios, Hui et al (1994) y Lam et al (1994) et al expresan que los datos horarios pueden ser usados, por ejemplo, en evaluaciones de consumo a largo plazo o para determinar criterios que eviten el sobrecalentamiento en verano de los edificios ventilados naturalmente – la mayoría en Uruguay - mientras que los datos extremos son usados en estudios de dimensionado de sistemas HVAC.

El análisis de los datos climáticos es importante además en la formulación de guías para el proyectista, en las que se presentan estrategias de diseño bioclimático (FANGER, 1972) (OLGYAY, 1973). Involucra tanto la presentación de patrones anuales de los principales factores climáticos que afectan el confort humano y el desempeño térmico de los edificios en varias formas - patrones horarios y mensuales de las temperaturas locales, humedad, velocidad y dirección del viento, nubosidad, radiación solar global y difusa, etc. – como las cartas bioclimáticas.

2. OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo general la elaboración de bases de datos coherentes y avaladas sobre la base de diferentes metodologías de tratamiento de datos climáticos, para su aplicación en las áreas de evaluación térmica y energética de edificios.

Los objetivos específicos planteados son:

- La aplicación de metodologías a cada una de las ciudades con datos meteorológicos disponibles, obteniéndose datos para el proyecto y la evaluación de los edificios.
- La caracterización climática de las ciudades analizadas a través de una descripción estadística de los datos analizados.
- La generación de Cartas Bioclimáticas para cada una de las ciudades analizadas, para identificar las estrategias de proyecto más adecuadas para la adaptación del edificio al clima local.

3. METODOLOGIAS

Las metodologías aplicadas son: Temperatura de Proyecto ASHRAE, Grados Día y Grados Hora, Temperatura Bin, Año Climático de Referencia, Día Típico de Proyecto y Cartas Bioclimáticas y en este artículo se presentan los resultados de su aplicación para la ciudad de Montevideo.

3.1 Temperatura de Proyecto Ashrae

De acuerdo a la Metodología ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), el método para seleccionar la temperatura de proyecto está basado en la suposición de que el nivel de frecuencia de una temperatura específica en un determinado período de tiempo se repetirá en el futuro. Se seleccionan las frecuencias de 1%, 2,5% y 5% para un intervalo de múltiples valores. Con esta información el profesional puede decidir el nivel de riesgo para su proyecto.

Para el período de invierno se definieron los niveles de frecuencia de ocurrencia de 99% y 97,5%, los que representan las temperaturas de bulbo seco que son igualadas o excedidas por dichos niveles. Los niveles fueron calculados con relación al número total de horas de los meses de junio, julio y agosto

del período de años considerados, que en nuestro caso es de 13 años, desde 1982 hasta 1994 inclusive. [(30+31+31) x 24 x 13]. Para el período de verano fueron definidos tres niveles de frecuencias de ocurrencia: 1%, 2,5% y 5% representando temperaturas de bulbo seco que son igualadas o excedidas por estos respectivos niveles. Análogamente son calculados los niveles sobre el total de horas de los meses de diciembre, enero, febrero y marzo del período considerado [(31+31+28+31) x 24 x 13]. Para cada temperatura de bulbo seco de proyecto de verano se encontró la temperatura de bulbo húmedo coincidente. Como la metodología indica se determinaron las temperaturas de bulbo húmedo de proyecto para el período de verano, calculando los niveles de frecuencia de ocurrencia de 1%, 2,5% y 5% y para el mes más caliente del período de verano (enero) se determinó la amplitud media. También se presenta informaciones relativas a los datos de viento para el período de invierno y el de verano. En el período de invierno se dispone de la dirección de viento predominante para el nivel de 97.5% y la velocidad media del viento para el mismo nivel de frecuencia de ocurrencia. Para el período de verano se encuentra la dirección del viento predominante para el nivel de frecuencia de ocurrencia de 2.5%.

En las tablas siguientes se muestran los valores de Temperatura de Proyecto para Invierno y Verano para la ciudad de Montevideo.

Tabla 1- Temperatura de Proyecto para el período de verano de la ciudad de Montevideo

| Nivel de Frecuencia | TBS Proy. (° C) | TBH Coinc. (° C) | TBH Proy. (° C) | Dirección Predominante | Segunda Dirección | Vel. Viento (m/s) | Am (° C) |
|---------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------------|-------------------|-------------------|----------|
| 1% | 32 | 22.5 | 26 | 360 | 320 | 6.3 | 9.1 |
| 2.5% | 30 | 22.0 | 24 | 340 | 300 | 6.0 | |
| 5% | 29 | 22.1 | 23 | 120 | 180 | 5.8 | |

Tabla 2- Temperatura de Proyecto para el período de invierno de la ciudad de Montevideo

| Nivel de Frecuencia | TBS Proy. (° C) | Dirección Predominante | Segunda Dirección | Vel. Viento (m/s) |
|---------------------|-----------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| 99% | 1 | 330 | 340 | 3.6 |
| 97.5% | 3 | 0 | 330 | 3.6 |

3.2 Grados Día y Grados Hora

Grados día es un método simplificado para realizar análisis de energía, ya que conociendo su valor durante todo el año se puede conocer la demanda anual de energía requerida para calefaccionar (o refrigerar) los ambientes interiores de acuerdo a niveles de confort adecuados a los requerimientos de habitabilidad. Su aplicación es apropiada si el uso de la edificación y la eficiencia del equipamiento de calefacción y/o refrigeración son constantes.

Los Grados día pueden ser definidos como la sumatoria de la diferencia de temperatura cuando ésta se encuentra por debajo de una temperatura base (Tb). Análogamente los Grados hora se estiman tomando las temperaturas medias horarias en lugar de las temperaturas medias diarias.

La Norma Española NBE-CT-79 recomienda tomar la temperatura base (Tb) de 15°C para establecer los Grados día anuales para determinar la energía necesaria para calefaccionar; Szokolay (1987) adopta una temperatura base de 18°C para el cálculo del mismo índice, mientras que Evans (1988) en su trabajo sobre la determinación de las Zonas Ambientales para Argentina, muestra que los índices adoptados como límites de invierno para la zonificación, se basa en los grados día anuales con una temperatura base de 14°C para las temperaturas medias.

En nuestro caso para Uruguay establecimos los Grados día (Grados hora) mensuales y anuales para calefacción con diferentes temperaturas base: Tb = 14°C, 15°C, 16°C, 17° y 18°C para obtener más información con relación a la demanda de energía. Como el clima de Uruguay presenta dos períodos bien diferenciados, un período frío y un período caluroso también se determinaron los Grados día (Grados hora) para estimar la energía necesaria para refrigerar. Las temperaturas bases utilizadas para la determinación de estos índices son: Tb = 24°C, 25°C, 26°C, 27°C, 28°C, 29°C, 30°C, 31°C. Se eligieron estas temperaturas basadas en la zona de confort de ASHRAE y su posible ampliación con la utilización de distintas estrategias.

Se observa para la ciudad de Montevideo que los valores de grados día y grados hora anuales para calefacción resultan mayores que para refrigeración.

Tabla 3- Grados día mensuales y anuales para Calefacción de la ciudad de Montevideo

| Meses | Tb = 14 | Tb = 15 | Tb = 16 | Tb = 17 | Tb = 18 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Enero | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Febrero | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Marzo | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| Abril | 1,4 | 4,4 | 9,3 | 15,6 | 25,9 |
| Mayo | 49,8 | 66,8 | 86,3 | 107,2 | 128,6 |
| Junio | 80,4 | 106,6 | 134,5 | 163,6 | 193,6 |
| Julio | 142,9 | 172,9 | 203,8 | 234,8 | 265,8 |
| Agosto | 97,8 | 123,1 | 150,3 | 179,0 | 209,0 |
| Setiembre | 55,8 | 81,8 | 108,5 | 137,5 | 166,5 |
| Octubre | 14,4 | 25,7 | 39,4 | 56,1 | 75,5 |
| Noviembre | 0,0 | 0,9 | 5,0 | 14,1 | 26,0 |
| Diciembre | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,9 | 7,2 |
| Anual | 442,5 | 582,1 | 737,1 | 909,6 | 1099,2 |

Tabla 4- Grados hora mensuales y anuales para Calefacción de la ciudad de Montevideo

| Meses | Tb = 14 | Tb = 15 | Tb = 16 | Tb = 17 | Tb = 18 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Enero | 6,0 | 16,3 | 34,4 | 60,6 | 100,0 |
| Febrero | 0,0 | 6,4 | 19,0 | 40,8 | 98,8 |
| Marzo | 12,2 | 34,8 | 74,1 | 136,4 | 221,8 |
| Abril | 168,5 | 265,1 | 413,1 | 623,2 | 915,8 |
| Mayo | 1389,7 | 1775,4 | 2200,7 | 2682,1 | 3226,9 |
| Junio | 2092,6 | 2646,4 | 3269,5 | 3945,9 | 4650,8 |
| Julio | 3531,9 | 4231,8 | 4944,4 | 5665,1 | 6394,9 |
| Agosto | 2707,4 | 3284,8 | 3894,8 | 4542,4 | 5213,0 |
| Setiembre | 1704,8 | 2254,0 | 2843,1 | 3464,4 | 4110,8 |
| Octubre | 558,6 | 816,1 | 1159,5 | 1591,1 | 2076,0 |
| Noviembre | 20,5 | 84,0 | 242,9 | 500,9 | 835,8 |
| Diciembre | 68,9 | 111,9 | 178,3 | 275,7 | 422,7 |
| Anual | 12261,1 | 15527,0 | 19273,8 | 23528,6 | 28267,3 |

Tabla 5- Grados día mensuales y anuales para Refrigeración de la ciudad de Montevideo

| Meses | Tb = 24 | Tb = 25 | Tb = 26 | Tb = 27 | Tb = 28 | Tb = 29 | Tb = 30 | Tb = 31 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Enero | 31,4 | 19,4 | 10,1 | 4,5 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Febrero | 2,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Marzo | 4,5 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Abril | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Mayo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Junio | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Julio | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Agosto | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Setiem. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Octubre | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Noviembre | 3,5 | 1,5 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Diciembre | 4,7 | 2,1 | 1,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Anual | 46,3 | 23,4 | 11,4 | 4,6 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Tabla 6- Grados hora mensuales y anuales para Refrigeración de la ciudad de Montevideo

| Meses | Tb = 24 | Tb = 25 | Tb = 26 | Tb = 27 | Tb = 28 | Tb = 29 | Tb = 30 | Tb = 31 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Enero | 1202,8 | 910,1 | 665,1 | 470,9 | 323,7 | 213,1 | 132,9 | 73,1 |
| Febrero | 446,1 | 277,1 | 157,1 | 76,8 | 26,0 | 4,3 | 0,0 | 0,0 |
| Marzo | 572,9 | 389,9 | 251,3 | 143,3 | 69,8 | 26,5 | 6,3 | 0,4 |
| Abril | 125,2 | 75,8 | 44,4 | 23,8 | 11,0 | 2,8 | 0,2 | 0,0 |
| Mayo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Junio | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Julio | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Agosto | 3,8 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Setiem. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Octubre | 159,3 | 111,5 | 72,5 | 40,3 | 17,7 | 6,3 | 1,3 | 0,0 |
| Noviembre | 260,0 | 188,5 | 130,7 | 89,8 | 60,0 | 34,8 | 15,6 | 5,4 |
| Diciembre | 512,1 | 373,8 | 263,4 | 171,5 | 104,7 | 60,9 | 33,3 | 16,3 |
| Anual | 3282,2 | 2327,1 | 1584,5 | 1016,4 | 612,9 | 348,7 | 189,6 | 95,2 |

3.3 Temperatura BIN

Para obtener mejores resultados en el cálculo del consumo anual de energía se puede utilizar el método BIN que propone evaluar separadamente diferentes intervalos de temperaturas y periodos del día. La temperatura BIN toma en cuenta el número de horas en que la temperatura exterior se encuentra dentro de un intervalo (bin). Dichos intervalos son usualmente de 3°C y pueden ser reunidos en tres o más periodos diarios.

Los valores de Temperaturas Bin (Anual y para cada mes) fueron calculados para el Año Climático de Referencia (TRY) que en el caso de la ciudad de Montevideo corresponde al año 1993. Aquí se presenta sólo la tabla con los valores anuales, subdividiendo el día en cuatro periodos diarios de seis horas cada uno.

Tabla 7- Temperaturas Bin - ANUAL- para la ciudad de Montevideo

| TBS | Hora 1-6 | Hora 7-12 | Hora 13-18 | Hora 19-24 |
|---------|----------|-----------|------------|------------|
| 20 a 22 | 258 | 299 | 320 | 341 |
| 23 a 25 | 36 | 214 | 280 | 174 |
| 26 a 28 | - | 148 | 191 | 31 |
| 29 a 31 | - | 51 | 90 | 2 |
| 32 a 34 | - | 48 | 17 | - |

3.4 Año Climático de Referencia

El TRY, “Test Reference Year”, elaborado por el National Climatic Center, es un tipo de año climático de referencia definido para una localidad dada, caracterizado por una serie de 8760 datos horarios de cada parámetro climático. El procedimiento utilizado para determinar el Test Reference Year es el de Stamper (1977). Las diferencias en el microclima de ciertas regiones del país, nos lleva a plantear la necesidad de definir varios años típicos que representen cada una de estas regiones. Son diferenciables cuatro regiones:

- Región norte, con características casi “tropicales”
- Región central de tipo continental
- Costa Platense
- Costa Atlántica

Se seleccionaron estaciones meteorológicas representativas del microclima de cada región y de las que fue posible conseguir registros completos de no menos de 10 años y de un período de años relativamente reciente. Se consideró un período de 13 años comprendido entre los años 1982 y 1994 para seis localidades de Uruguay (Colonia, Montevideo, Paso de los Toros, Rocha, Salto y Treinta y Tres). La secuencia de meses en el orden de importancia para la determinación del TRY es la siguiente:

Tabla 8- Secuencia de meses para la determinación del TRY para la ciudad de Montevideo

| | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. ENERO más caliente | 13. ENERO más frío |
| 2. JULIO más frío | 14. JULIO más caliente |
| 3. FEBRERO más caliente | 15. FEBRERO más frío |
| 4. JUNIO más frío | 16. JUNIO más caliente |
| 5. DICIEMBRE más caliente | 17. DICIEMBRE más frío |
| 6. AGOSTO más frío | 18. AGOSTO más caliente |
| 7. MARZO más caliente | 19. MARZO más frío |
| 8. SETIEMBRE más frío | 20. SETIEMBRE más caliente |
| 9. NOVIEMBRE más caliente | 21. NOVIEMBRE más frío |
| 10. MAYO más frío | 22. MAYO más caliente |
| 11. ABRIL más caliente | 23. ABRIL más frío |
| 12. OCTUBRE más frío | 24. OCTUBRE más caliente |

Para este período de años (13) fueron obtenidos los siguientes años como Años Climáticos de Referencia para las localidades elegidas:

Tabla 9- Año Climático de Referencia para cada localidad estudiada

| CIUDAD | AÑO |
|----------------------------|------|
| Colonia | 1985 |
| Montevideo (Est. Carrasco) | 1993 |
| Paso de los Toros | 1993 |
| Rocha | 1986 |
| Salto | 1986 |
| Treinta y Tres | 1986 |

Una vez determinados los años, se tabulan los valores horarios de los parámetros climáticos determinantes.

Tabla 10- Datos climáticos del Año de Referencia -1993- de Montevideo

| | Enero | Feb. | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Set. | Octub. | Nov. | Dic. | Anual |
|-----------------------------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------|--------|------|------|-------|
| Tbs m (°C) | 24,1 | 22,4 | 22,1 | 19,0 | 14,5 | 11,9 | 9,7 | 11,9 | 12,8 | 16,5 | 19,0 | 21,2 | 19,0 |
| Tbh m (°C) | 19,5 | 19,2 | 18,7 | 16,0 | 12,1 | 9,7 | 7,6 | 8,7 | 10,0 | 13,9 | 15,8 | 17,1 | 14,0 |
| Txm (°C) | 28,4 | 25,8 | 26,4 | 22,4 | 17,5 | 15,2 | 12,9 | 16,3 | 15,8 | 19,8 | 21,9 | 25,3 | 20,6 |
| Tnm (°C) | 18,7 | 17,5 | 16,9 | 14,5 | 10,5 | 7,7 | 5,8 | 6,2 | 8,5 | 12,5 | 15,0 | 15,8 | 12,5 |
| A m (°C) | 9,7 | 8,3 | 9,5 | 7,9 | 7,0 | 7,5 | 7,1 | 10,1 | 7,3 | 7,3 | 6,9 | 9,5 | 8,2 |
| H.R. (%) | 72,1 | 80,5 | 79,2 | 81,9 | 82,4 | 85,1 | 82,3 | 78,9 | 80,8 | 82,3 | 80,7 | 74,2 | 80,0 |
| D.V. (grados) | 143 | 130 | 146 | 147 | 159 | 197 | 180 | 177 | 163 | 137 | 197 | 161 | 161 |
| V.V. (m/s) | 6,1 | 6,9 | 4,7 | 6,8 | 6,2 | 5,8 | 5,9 | 5,2 | 6,7 | 7,0 | 7,7 | 6,1 | 6,3 |
| R. S. (MJ/m ² m) | 25,2 | 21,6 | 18,6 | 11,6 | 8,6 | 6,8 | 7,7 | 11,2 | 13,7 | 16,0 | 20,1 | 21,2 | 15,9 |

Los datos climáticos del Año de Referencia son ploteados sobre una **Carta Bioclimática**, lo que permite visualizar las estrategias más adecuadas para adaptar el edificio al clima local. Estas cartas asocian informaciones sobre la zona de confort térmico, el comportamiento climático local y las estrategias del proyecto indicadas para cada período del año. Estas estrategias pueden ser naturales (sistemas pasivos) o artificiales (sistemas activos).

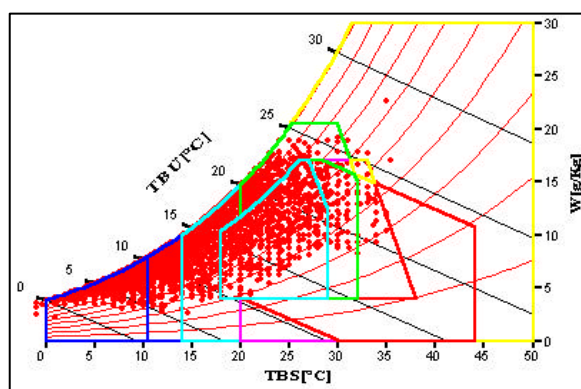


Figura 1- Carta Bioclimática del TRY Montevideo (1993)

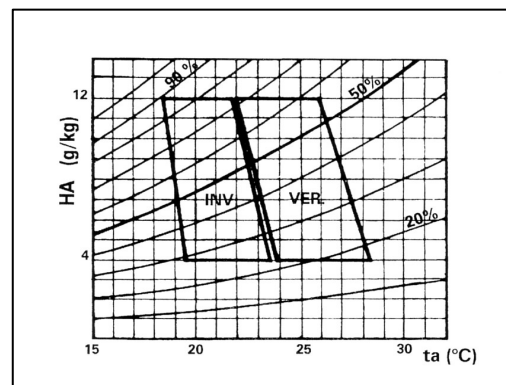


Figura 2- Zona de Confort de Montevideo

Tabla 11- Estrategias Bioclimáticas

| | | | | |
|------------|-------|-------|---------------|-------|
| CONFORT | | | | 20,9% |
| DISCONFORT | | | | 79,1% |
| DISCONFORT | CALOR | 14,5% | V | 14,0% |
| | | | MR | 2,3% |
| | | | RE | 2,3% |
| | | | A.A | 0,1% |
| | | | M.T. | 29,2% |
| | FRIO | 64,6% | C.S.P. | 15,6% |
| | | | C.A | 19,9% |
| | | | H | 0,0% |
| | | | SOMBREAMIENTO | 31,1% |

| | |
|-----|----------------------------|
| V | Ventilación |
| MR | Masa para refrescamiento |
| RE | Refrescamiento evaporativo |
| AA | Aire acondicionado |
| MT | Masa térmica |
| CSP | Calentamiento solar pasivo |
| CA | Calentamiento artificial |
| H | Humidificación |

Las figuras 1 y 2 muestran la similitud entre la zona de confort de la Carta Bioclimática adaptada considerando el factor de aclimatación y la zona de confort definida por el Profesor Aroztegui (1995) para la ciudad de Montevideo.

3.5 Día Típico de Proyecto

Tal como lo explicita la metodología que aplica Sattler (1989), se calcula la temperatura media diaria para cada uno de los días del período considerado, en nuestro caso 13 años (1982-1994), las que son ordenadas en forma creciente. Se selecciona aproximadamente el 15% del número total de días, tanto para los días de temperatura media más elevados, como para los días de temperatura media más fría, para encontrar los períodos que comprenden los días calientes y los fríos, respectivamente. Como disponemos de 13 años de datos, se encuentra un conjunto de 650 días con temperaturas medias diarias más elevadas y 650 días con temperaturas medias más bajas.

Para la ciudad de Montevideo los días calurosos están comprendidos entre el 23 de noviembre y el 30 de marzo o sea 127 días, como el período considerado es de 13 años ($13 \times 127 = 1651$) nos da un total de 1651 días calientes. Análogamente los días fríos para la ciudad de Montevideo son 238, como el período considerado es de 13 años ($13 \times 238 = 3094$) nos da un total de 3094 días fríos. A continuación son reordenadas las temperaturas medias correspondientes a los días de los dos períodos definidos anteriormente y determinados los niveles de 1%, 2,5%, 5% y 10% tanto para los días calurosos, como para los días fríos.

Para cada nivel son seleccionados los días cuyas temperaturas medias se encuentran inmediatamente encima o debajo de la temperatura media del día de referencia y dentro de un intervalo representado por el 1% del número total de días del conjunto. En nuestro caso para el período caliente por ejemplo, se seleccionaron 16 días ($1651 \times 0,01$) tomando 8 días encima del día de referencia y 8 días debajo. Para el período frío se seleccionaron 31 días ($3094 \times 0,01$), 16 días encima y 15 días debajo del día de referencia. Finalmente se calculan las medias horarias características de los días situados en estos intervalos para cada nivel siendo definidos los días típicos de verano y los días típicos de invierno.

A través de tablas se listan los valores horarios de temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo húmedo (TBH), humedad relativa (HR), nubosidad (TN), dirección (DV), velocidad (VV) de vientos para cada día típico, además de estimar la radiación solar (Re).

En este artículo se presentan sólo las tablas con los valores horarios del día típico de invierno y de verano correspondientes al nivel 1% de Montevideo.

Tabla 12- Valores horarios de las características del Día Típico de Montevideo.
Período de Invierno – Nivel 1% - Día de Referencia: 04/08

| Horas Solar | TBS (°C) | TBU (°C) | HR % | DV (grados) | VV (m/s) |
|-------------|----------|----------|------|-------------|----------|
| 02:00 | 3,6 | 3,4 | 97 | 70 | 3,1 |
| 03:00 | 3,0 | 1,7 | 81 | 50 | 3,6 |
| 04:00 | 2,0 | 2,0 | 100 | 10 | 3,1 |
| 08:00 | 3,8 | 3,4 | 94 | 30 | 3,1 |
| 11:00 | 9,6 | 7,2 | 71 | 90 | 3,6 |
| 14:00 | 7,8 | 6,6 | 84 | 140 | 4,1 |
| 15:00 | 8,0 | 7,0 | 87 | 90 | 5,1 |
| 16:00 | 8,0 | 7,0 | 87 | 100 | 4,1 |
| 17:00 | 7,4 | 6,6 | 90 | 60 | 4,1 |
| 18:00 | 6,0 | 5,5 | 93 | 360 | 3,1 |
| 20:00 | 7,0 | 5,6 | 81 | 110 | 4,1 |
| 23:00 | 4,8 | 4,0 | 88 | 60 | 3,1 |

Tabla 13- Valores horarios de las características del Día Típico de Montevideo.
Período de Verano – Nivel 1% - Día de Referencia: 09/02

| Horas Solar | TBS (°C) | TBU (°C) | HR % | D V (grados) | V V (m/s) |
|-------------|----------|----------|------|--------------|-----------|
| 00:00 | 32.0 | 30.0 | 35 | 40 | 10.3 |
| 01:00 | 30.0 | 28.1 | 29 | 40 | 8.2 |
| 02:00 | 28.4 | 26.8 | 35 | 40 | 10.3 |
| 03:00 | 28.0 | 26.6 | 40 | 40 | 8.8 |
| 04:00 | 27.0 | 25.9 | 50 | 40 | 10.3 |
| 05:00 | 26.2 | 25.1 | 50 | 20 | 8.2 |
| 06:00 | 26.0 | 24.9 | 50 | 40 | 10.3 |
| 07:00 | 25.0 | 24.1 | 54 | 20 | 9.3 |
| 08:00 | 25.8 | 24.8 | 51 | 300 | 2.6 |
| 09:00 | 24.0 | 23.7 | 86 | 140 | 4.1 |
| 10:00 | 26.0 | 25.3 | 68 | 90 | 5.1 |
| 11:00 | 28.0 | 26.7 | 46 | 60 | 3.1 |
| 12:00 | 29.0 | 27.6 | 43 | 0 | 0.0 |
| 13:00 | 29.0 | 27.7 | 47 | 90 | 7.2 |
| 14:00 | 30.8 | 29.1 | 39 | 90 | 5.1 |
| 15:00 | 29.0 | 27.5 | 40 | 80 | 6.2 |
| 16:00 | 26.0 | 25.1 | 58 | 90 | 5.1 |
| 17:00 | 28.0 | 27.0 | 59 | 90 | 6.2 |
| 18:00 | 28.0 | 27.1 | 64 | 90 | 4.1 |
| 19:00 | 28.0 | 27.1 | 64 | 90 | 5.1 |
| 20:00 | 27.2 | 26.6 | 73 | 120 | 5.1 |
| 21:00 | 25.0 | 25.2 | 80 | 230 | 5.1 |
| 22:00 | 24.0 | 23.7 | 86 | 210 | 5.1 |
| 23:00 | 31.2 | 29.5 | 42 | 40 | 5.1 |

4. CONCLUSIONES

El tratamiento de datos climáticos según diversas metodologías es un tema importante del cual no había antecedentes completos y recientes en el país. Para trabajar en ese sentido se formula un proyecto, del cual en este artículo se presenta la etapa recién concluida que ha sido la elaboración de las bases de datos, siendo la etapa posterior el trabajo de análisis comparativo y evaluación de las distintas metodologías que permita la caracterización climática de cada localidad.

Los datos meteorológicos obtenidos por las distintas metodologías de tratamiento de datos meteorológicos posibilitan a arquitectos e ingenieros la realización de análisis térmicos para evaluaciones energéticas de proyectos y edificios.

Por tanto, en este trabajo estudiamos tanto métodos simplificados como complejos. Dentro de los primeros se presentan los **grados día** y los **grados hora** que permiten estimar las cargas de refrigeración y de calefacción mensual y anual; la metodología de la **temperatura Bin** para una aproximación al consumo anual de energía separando diferentes intervalos de temperatura en varios períodos del día, los datos de **temperatura de proyecto** obtenidos por la metodología de ASHRAE que se pueden utilizar para el cálculo de las cargas de refrigeración en los edificios, el dimensionado de los sistemas de aire acondicionado y de refrescamiento evaporativo, y los **días típicos** de proyecto que son insumos para programas sencillos de simulación térmica de edificios como el Arquitrop que utiliza estos datos de entrada.

Dentro de los códigos complejos, la determinación del **Año Climático de Referencia** permite la simulación de las características térmicas de los edificios hora a hora por distintos softwares, también complejos, como Confie, Doe o Esp y por tanto la obtención de resultados más precisos del consumo de energía de los mismos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADELARD, L.; BOYER, H.; GARDE, F.; GATINA, J. (2000) "A detailed weather data generator for building simulations". Energy & Buildings 31-1, 2000.
- ASHRAE (1993) "Fundamentals Handbook", Energy estimating methods. American Society of Heating, Ventilating and Air-Conditioning Engineers. New York.

- ASHRAE (1993) "Fundamentals Handbook", Weather data and design conditions. American Society of Heating, Ventilating and Air-Conditioning Engineers. New York.
- GOULART, S. (1993) Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Catarina, Florianópolis, BRASIL.
- DAY, A.; KARAYIANNIS, T. (1999) "A new degree-days model for estimating energy demand in buildings. Proceedings Of Building Service Engineering Research and Technology, 20-4,1999.
- ERBS et al (1983) Estimation of degree days and ambient temperature bin data from average temperature. American Society of Heating, Ventilating and Air-Conditioning Engineers. New York.
- EVANS, J. (2004) Zonificación bioambiental en Latinoamérica para una arquitectura sustentable. Avances de Energías renovables y Medio ambiente, ASADES- 2004, Formosa.
- FANGER, P. (1972) "Thermal Comfort – Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill Book Company. New York.
- GIVONI, B. (1992) "Comfort, climate analysis and building design guidelines". Energy and Buildings 18, 1992.
- GOULART, S.; BARBOSA, M.; PIETROBON, C.; BOGO, A.; PITTA, T. (1994) Bioclimatología aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico. Núcleo de Pesquisa em Construção, Florianópolis, BRASIL.
- GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINOS, S. (1997) Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras. Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC Santa Catarina, BRASIL.
- HUI, S.; CHEUNG, K. (1997) Multi Year (MY) buildings simulation: is it useful and practical? IBPSA Congress Proceedings, Prague.
- LAM, J.; HUI, S. (1994) A statistical approach to the development of a typical year for Hong Kong. Architectural Sci. Rev.39.
- LUND, H. (1974) The Reference Year, a set of climatic data for environmental engineering. Symposium on the use of computers for environmental engineering.
- OLGYAY, V. (1973) Design with climate-bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton University Press.
- RIVERO, R. (1992) Datos del clima para cálculos térmicos. Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura. Montevideo, URUGUAY.
- SATTLER, M. (1989) Días climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre. CIENTEC, Porto Alegre, BRASIL.
- STAMPER, E. (1977) Weather data, ASHRAE Journal, New York.
- WATSON, D. (1983) Climate design: Energy-efficient building principles and practices. MacGraw-Hill Book Company. New York.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación no se hubiera podido realizar sin la colaboración del profesor Roberto Lamberts de la Universidad Federal de Santa Catarina, quien aportó una base de datos climáticos almacenados de las ciudades uruguayas con la que se trabajó. Este material contiene datos meteorológicos horarios de las seis ciudades, registradas en las estaciones meteorológicas respectivas entre los años 1982 y 1994. Asimismo nos facilitó el software ANALISIS 1.5 con el cuál se realizaron las Cartas Bioclimáticas de cada una de las ciudades estudiadas.