

COMPARATIVA DE LA DEMANDA TÉRMICA DE EDIFICIOS RESIDENCIALES SEGÚN LAS NORMATIVAS DE PAÍSES DEL SUROESTE DE EUROPA

EL PRESENTE ARTÍCULO TIENE COMO OBJETIVO COMPARAR LOS DIFERENTES RESULTADOS DEL ESTUDIO TÉRMICO Y, EN CONCRETO, DE LA DEMANDA ENERGÉTICA, PROPORCIONADOS POR CYPETHERM, DE DIFERENTES PAÍSES SEGÚN LA METODOLOGÍA DE LAS NORMAS DE CADA UNO DE ESTOS. LOS RESULTADOS SERVIRÁN PARA CONOCER QUÉ PAÍS ES MÁS Estricto EN RELACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS, TANTO POR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CANTIDAD DEMANDADA DE ENERGÍA COMO POR LOS REQUISITOS NORMATIVOS. LAS VERSIONES QUE SE ESTUDIAN SON DE LOS SIGUIENTES PAÍSES: ESPAÑA, ITALIA, FRANCIA Y PORTUGAL.

Para ello primero se establecen las ciudades de cada uno de los cuatro países con climas comparables en cada tipo de clima característico: mediterráneo, continental, oceánico, etc. Una vez establecidas las ciudades que servirán de emplazamiento del edificio objeto de cálculo, se define este mismo en cada una de las cuatro versiones del software para proceder al cálculo de la demanda energética en cada emplazamiento elegido. El edificio en cuestión es de tipo residencial y vivienda unitaria.

En cada ciudad se obtienen los resultados de la demanda energética, tanto de refrigeración como de calefacción, del edificio, así como la verificación del cumplimiento de los requisitos o límites establecidos por cada país en sus diferentes normativas sobre el ahorro o eficiencia energética. Pudiendo observar entonces el nivel de exigencia de cada normativa.

Además, como los resultados de la demanda energética en los diferentes emplazamientos varían tanto por la metodología de cálculo establecida en cada país, como por las diferencias climáticas existentes, para poder comparar estos resultados exentos de la variable climática, se exporta el edificio a través de CYPCAD MEP a EnergyPlus™, calculando las demandas energéticas del mismo edificio en los diferentes climas a través de este último software. Los resultados sirven para eliminar la citada variable y poder comparar finalmente los resultados y sus variaciones en las versiones de los cuatro países.

Estudio climático: Determinación de las ciudades comparables

La comparación se hará posible en tanto que el edificio objeto se emplace en los cuatro países en unas ciudades con climas similares. Las ciudades de referencia serán las españolas en cada uno de los climas característicos de España, partiendo de un estudio anterior, se concluye que estas localidades son:

- Ávila: clima montañoso.
- Barcelona: clima mediterráneo.
- Las Palmas: clima tropical.
- Oviedo: clima oceánico.
- Valladolid: clima continental.

Para establecer ciudades equiparables climatológicamente a las de referencia, se estudia su severidad climática definida por el Código Técnico de la Edificación, a través de los parámetros de irradiancia y grados día mensuales. Estos datos climáticos están disponibles en la web de EnergyPlus, a su vez derivados de veinte fuentes diferentes, y servirán para establecer la severidad climática de invierno y de ve-

COMPARING THE THERMAL DEMAND OF RESIDENTIAL BUILDINGS ACCORDING TO THE REGULATIONS FOR SW EUROPEAN COUNTRIES

THE AIM OF THIS ARTICLE IS TO COMPARE THE DIFFERENT RESULTS OF THE THERMAL STUDY AND, SPECIFICALLY, THE ENERGY DEMAND, PROVIDED BY CYPETHERM, OF DIFFERENT COUNTRIES ACCORDING TO THEIR REGULATORY METHODOLOGY. THE RESULTS REVEAL WHICH COUNTRY IS THE STRICTEST IN RELATION TO THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS, BOTH DUE TO THE OUTCOME OBTAINED ON THE QUANTITY OF ENERGY DEMANDED AND DUE TO REGULATORY REQUIREMENTS. THE REGULATIONS STUDIED CORRESPOND TO SPAIN, ITALY, FRANCE AND PORTUGAL.

To undertake the study, cities in each of the four countries with comparable climates for each type of characteristic climate first had to be determined: Mediterranean, Continental, Oceanic, etc. Having established the cities in which the building the object of the calculation is situated, the building is defined for each of the four versions of the software so that energy demand for each selected location could be calculated. The building in question is a detached single-family house.

The results of the energy demand are obtained for each city, both for cooling and heating, as well as verifying their compliance with the requirements or limits established for every country by their respective standards on saving or energy efficiency. As such, the level of requirement can be demonstrated for each set of regulations.

In addition, the results of the energy demand at the different sites vary both in terms of the calculation methodology established for each country, and as a result of the existing climatic differences. To be able to compare these results excluding the climatic variable, the building is exported via the CYPCAD MEP to EnergyPlus™, a cutting edge software that allows the energy demands of the same building in the different climates to be calculated. This eliminates the above variable and the results and their variations for each of the four countries can be finally compared.

Climatic study: Determining comparable cities

The comparison is possible insofar as the building the object of the study is located in cities in the four countries with similar climates. The reference cities are Spanish for each of the characteristic climatic zones of Spain, and taking a previous study as a basis, the following localities are used:

- Avila: Mountainous climate.
- Barcelona: Mediterranean climate.
- Las Palmas: Tropical climate.
- Oviedo: Oceanic climate
- Valladolid: Continental climate.

To establish cities that are climatologically comparable to those of reference, their climate severity is studied as defined by the Technical Building Code (CTE) by means of the parameters corresponding to irradiancia and monthly degree-days. This weather data is available on the EnergyPlus website that is in turn derived from twenty different sources. It establishes the climate severity in winter and summer that will determine the

rano que determinarán la zona climática de la localidad extranjera según el CTE-DB HE 2006 en sus tablas D2.a y D2.b respectivamente:

Tabla 1. Severidad climática de invierno | Table 1. Winter climate severity index (SCI)

A	B	C	D	E
$SCI \leq 0,3$	$0,3 < SCI \leq 0,6$	$0,6 < SCI \leq 0,95$	$0,95 < SCI \leq 1,3$	$SCI > 1,3$
$SCI \leq 0,3$	$0,3 < SCI \leq 0,6$	$0,6 < SCI \leq 0,95$	$0,95 < SCI \leq 1,3$	$SCI > 1,3$

Tabla 2. Severidad climática de verano | Table 2. Summer climate severity index (SCV)

1	2	3	4
$SCV \leq 0,6$	$0,6 \leq SCV \leq 0,9$	$0,9 \leq SCV \leq 1,25$	$SCV \geq 1,25$
$SCV \leq 0,6$	$0,6 \leq SCV \leq 0,9$	$0,9 \leq SCV \leq 1,25$	$SCV \geq 1,25$

El cálculo de la severidad climática se establece también en la anterior norma, en su punto D2.2, definiéndose las severidades climáticas mediante la siguiente fórmula, válida para ambas severidades, si bien los coeficientes de las fórmulas varían de acuerdo con lo indicado a continuación:

$$SC = a \text{ Rad} + b \text{ GD} + c \text{ Rad GD} + d (\text{Rad})^2 + e (\text{GD})^2 + f$$

Severidad climática de invierno:

- GD: media de los grados-día de invierno en base 20 para los meses de enero, febrero, y diciembre. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24.
- Rad: media de la radiación global acumulada para los meses de enero, febrero, y diciembre (kWh/m^2).

Severidad climática de verano:

- GD: media de los grados-día de verano en base 20 para los meses de junio, julio, agosto, y septiembre. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24.
- Rad: media de la radiación global acumulada para los meses de junio, julio, agosto, y septiembre (kWh/m^2).

Una vez determinadas las severidades climáticas se establece una desviación máxima con las severidades climáticas de invierno y verano de 0,3, estableciéndose como válidas aquellas que cumplan en ambas severidades.

Los resultados obtenidos son las siguientes ciudades equiparables. No habiéndose encontrado ninguna ciudad equiparable a las de España en los climas montañoso y tropical, así como tampoco en clima oceánico ninguna ciudad italiana.

Tabla 4. Localidades comparables | Table 4. Comparable localities

Clima Climate	LOCALIDADES LOCALITIES							
	España Spain	ZC CZ	Italia Italy	ZC CZ	Francia France	ZC CZ	Portugal Portugal	ZC CZ
Mediterráneo Mediterranean	Barcelona	C3	Génova Geneva	C4	Niza Nice	C3	Lisboa Lisbon	C3
Tropical Tropical	Las Palmas	A4	-	-	-	-	-	-
Continental Continental	Valladolid	E2	Turín Turin	E3	lyon	E2	Bragança Braganza	E2
Montañoso Mountainous	Ávila Avila	E1	-	-	-	-	-	-
Oceánico Oceanic	Oviedo	D1	-	-	Brest	D1	Oporto	C1

Definición del edificio

Se define un edificio unifamiliar con una sola planta de 3 m de altura dividida en 4 recintos de uso. La cota interior de la planta está sobre la rasante y la planta de cubierta a una cota de 3 m. La forma geométrica en planta es rectangular, de dimensiones 15 x 8 m, y estando su distribución de espacios interior definida según se muestra en la siguiente figura. No se definen edificios próximos u otros obstáculos.

Los elementos constructivos que se han definido corresponden a los necesarios para cumplir según la Exigencia Básica HE-1 del Código Técnico de la Edificación para una vivienda unifamiliar situada

climatic zone of the foreign locality in accordance with the CTE-DB HE 2006 standard, as per tables D2.a and D2.b respectively:

The climate severity calculation is also established under the point D2.2 of the above-mentioned standard, defining the climate severities by means of the following formula, which is valid for both severities, however the coefficients of the formulae vary in line with the following conditions:

$$CS = a \text{ Rad} + b \text{ DD} + c \text{ Rad DD} + d (\text{Rad})^2 + e (\text{DD})^2 + f$$

Winter climate severity:

- DD: average of the degree-days in winter based on 20 corresponding to January, February and December. For each month these are calculated on an hourly basis and subsequently divided by 24.
- Rad: average accumulative overall irradiance for January, February and December (kWh/m^2).

Summer climate severity:

- DD: average of the degree-days in winter based on 20 corresponding to June, July, August and September. For each month these are calculated on an hourly basis and subsequently divided by 24.
- Rad: average accumulative overall irradiance for June, July, August and September (kWh/m^2).

Once the climate severities have been determined, a maximum deviation of 0.3 is established with the summer and winter climate severities, validating those that comply with both severities.

The results obtained are the following for the comparable cities. No city comparable to those in Spain was found with Mountainous and Tropical climates and no Italian city was found to have an Oceanic climate.

Building definition

The building is defined as a one storey, single-family house, 3 m high and divided into 4 different areas of use. The interior elevation of the storey is above ground and the roof floor is at a height of 3 m. The floor plan is in a rectangular geometrical shape, measuring 15 m x 8 m with the distribution of the interior spaces defined as shown in the following figure. No nearby buildings or other obstacles are defined.

The constructive elements defined correspond to those necessary to comply in accordance with the Basic Requirement HE-1 of the Technical Building Code for a single-family house located in Barcelona. The thermal area is defined for residential use in accordance with the provisions of the CTE-DB HE 1 standard.

Calculating and complying with the energy demand by country

To calculate the minimum demand required under Spanish regulations, a procedure has been used that performs an annual simulation of a zonal model of the building with thermal

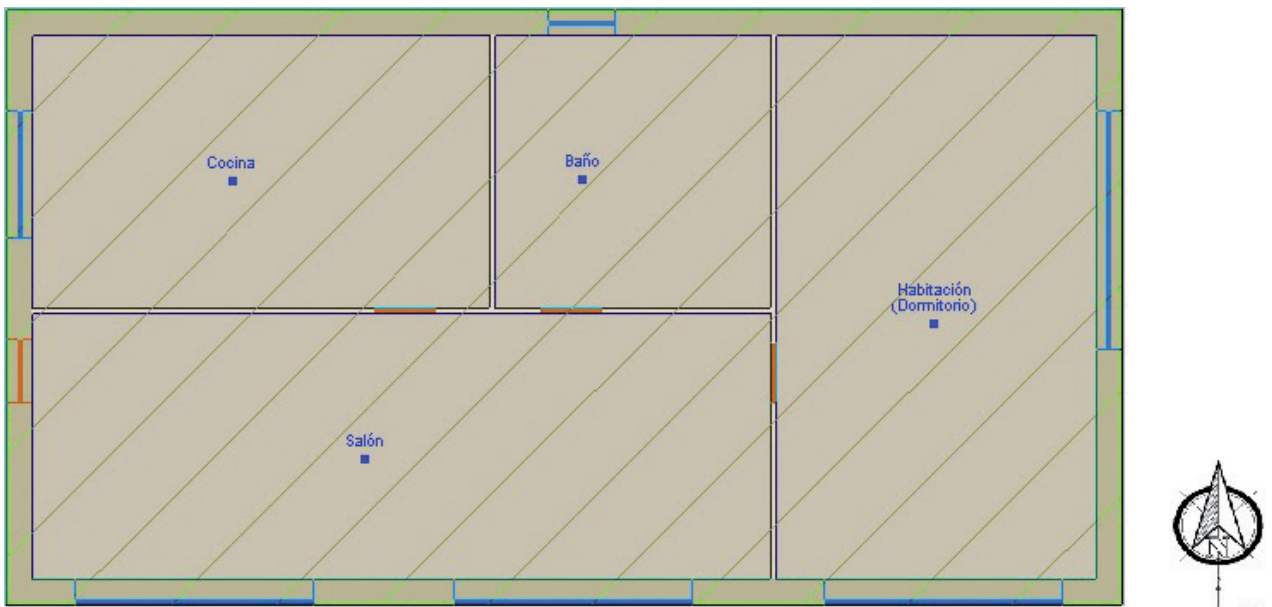


Figura 1. Planta con la distribución interior del edificio objeto de estudio | Figure 1. Floor plant showing the interior distribution of the building the object of the study



Figura 2. Vistas 3D sin forjados del edificio
Figure 2. 3D views without building floor structures

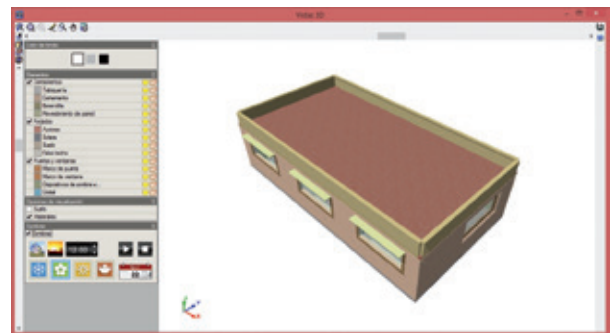


Figura 3. Vistas 3D con forjados del edificio
Figure 3. 3D views with building floor structures

en Barcelona. La zona térmica se define para uso residencial según lo establecido en la norma CTE-DB HE1.

Cálculo y cumplimiento de la demanda energética por países

Para calcular la demanda mínima exigida por la normativa española se ha utilizado un procedimiento que realiza una simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011.



coupling between zones, by means of the full simplified dynamic hourly method as described in UNE-EN ISO 13790:2011.

This calculation procedure uses an equivalent resistance-capacitance (R-C) model with three hourly nodes. This model distinguishes between the indoor air temperature and the average temperature radiating from the interior surfaces (the building's casing), thereby allowing it to be used to compare thermal comfort. It also increases accuracy as it takes into account radiating and convective elements from solar, lighting and internal gains.

The Italian regulations as regards efficiency and energy saving are established under Legislative Decree No. 192 of 19/08/2005 modified and extended by a range of legislation such as Presidential Decree No. 59/2009 that includes the calculation methodology or its latest amendment in 2013 under Decree 63/2013. This regulation is in turn governed by other thermal standards including the technical regulation UNI/TS 11300 which is divided into four parts. The first part of this regulation has been used for this study:

- UNI/TS 11300-1: Thermal energy requirements of the building for winter and summer temperature control.

Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.

La normativa italiana en relación a la eficiencia y ahorro energético se establece por el Decreto Legislativo n.192 del 19/08/2005 que ha sido modificado o ampliado por diversos decretos, como el D.P.R. n. 59/2009 contenedor de la metodología de cálculo, o siendo su última modificación en 2013 con el decreto 63/2013. Esta normativa se rige a su vez por otras normas térmicas, entre la que destaca la norma técnica UNI/TS 11300 que se divide en cuatro partes y de la cual se ha utilizado para este estudio la primera:

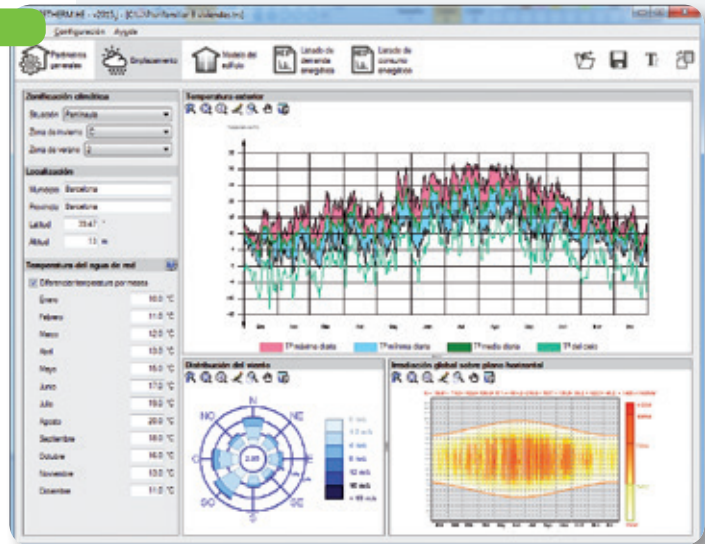
- UNI/TS 11300-1: Requisitos de energía térmica del edificio para la climatización de invierno y verano.
- Esta norma técnica basa el cálculo de la demanda en la norma EN-ISO 13790 y la metodología de cálculo mensual.

La norma francesa, “Réglementation thermique 2012”, establece también una limitación de la energía útil necesaria a nivel de zona. Por su parte, la metodología de cálculo se establece en “La méthode de calcul Th-BCE 2012”. En el caso de la normativa francesa la demanda se define a través del parámetro Bbio, “Besoin Bioclimatique” o “Besoin bioclimatique conventionnel en énergie du bâtiment”, que se define como la suma de las demandas mensuales siguientes ponderadas:

- Bbio chauffage (demanda de energía para calefacción)
- Bbio refroidissement (demanda de energía para refrigeración)
- Bbio éclairage (demanda de energía para iluminación artificial)

El parámetro Bbio se calcula como la suma de la demanda o necesidad de energía para la calefacción, refrigeración y la iluminación artificial definida mediante puntuación.

La normativa portuguesa en relación a la eficiencia y ahorro energético de edificios residenciales se establece por el “Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)”. En esta norma se regulará la demanda energética de los edificios. La norma portuguesa se basa en la norma EN-ISO-13790 para definir la demanda de refrigeración y calefacción, considerando todo el edificio como una misma zona y utilizando el método estacional para el caso de edificios residenciales.



- This technical standard bases the calculation of demand on the EN-ISO 13790 standard and the monthly calculation methodology.

The French standard “Réglementation thermique 2012” (RT 2012 Regulation), also establishes a limitation on the useful energy needed at zone level. Its calculation methodology is established under “La méthode de calcul Th-BCE 2012”, the Th-BCE 2012 calculation method. In the case of the French regulations, demand is defined via the Bbio factor, “Besoin Bioclimatique” (Bioclimatic need) or “Besoin bioclimatique conventionnel en énergie du bâtiment”, (conventional bioclimatic energy need of the building) that is defined as the sum of the monthly weighted demands as follows:

- Bbio chauffage (energy demand for heating)
- Bbio refroidissement (energy demand for cooling)
- Bbio éclairage (energy demand for artificial lighting)

The Bbio factor is calculated as the sum of the demand or need for energy for heating, cooling and artificial lighting expressed through a number of points.

The Portuguese regulations in relation to the efficiency and energy saving of residential buildings is established by the “Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)”, the Regulation on the Energy Performance of Residential Buildings. This standard regulates the energy demand of buildings. The Portuguese regulation is based on the EN-ISO-13790 standard to define the cooling and heating demand, taking the entire building as one zone and using the seasonal method in the case of residential buildings.

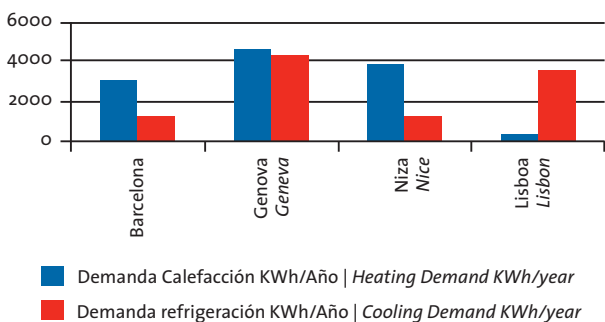


Figura 4. Comparativa de demandas energéticas en clima mediterráneo
Figure 4. Comparison of energy demands in a Mediterranean climate

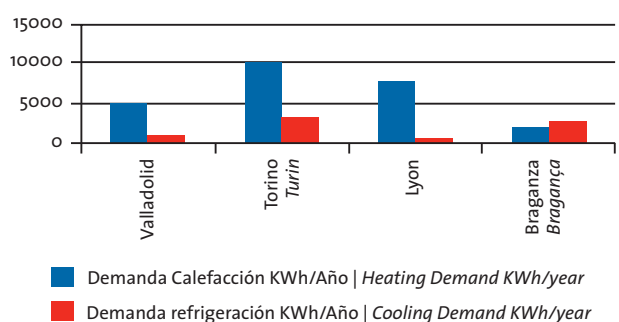


Figura 5. Comparativa de demandas energéticas en clima continental
Figure 5. Comparison of energy demands in a Continental climate.

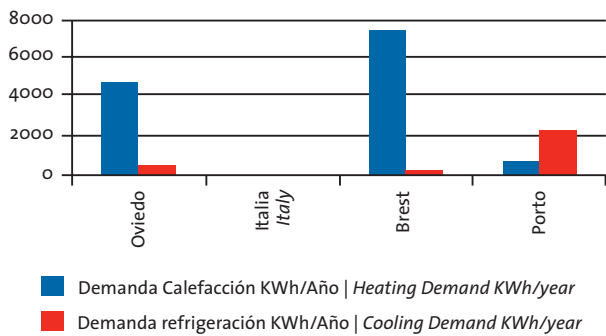


Figura 6. Comparativa de demandas energéticas en clima oceánico
Figure 6. Comparison of energy demands in an Oceanic climate.

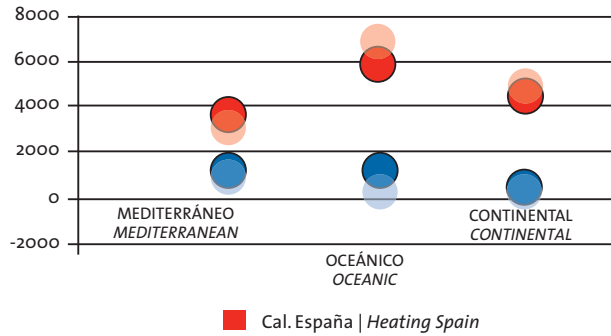


Figura 7. Comparación de resultados entre Francia y España
Figure 7. Comparison of results between France and Spain

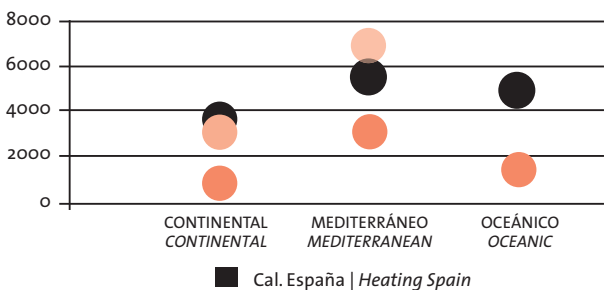


Figura 8. Comparación de resultados de calefacción entre España, Portugal e Italia
Figure 8. Comparison of heating results between Spain, Portugal and Italy

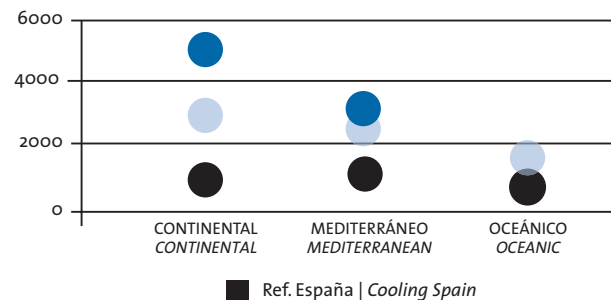


Figura 9. Comparación de resultados de refrigeración entre España, Portugal e Italia
Figure 9. Comparison of cooling results between Spain, Portugal and Italy

Resultados de la demanda energética

En la parte superior se muestran los resultados de la demanda energética en las ciudades del clima mediterráneo, continental y oceánico.

Con el fin de conseguir valores más aproximados en la comparativa, se elimina la variable climática. Para ello se define un coeficiente, en adelante coeficiente de corrección climática, haciendo que las diferencias climáticas que puedan existir entre las localidades escogidas en un mismo clima se corrijan, comparando de esta forma la metodología de cálculo. Para establecer este coeficiente, primero se calcula la demanda energética en cada uno de los emplazamientos con un motor de cálculo de reconocido prestigio como EnergyPlus™.

Una vez calculadas las demandas en EnergyPlus™, se calcula el coeficiente corrector climático (en adelante CCC) con referencia a España. Para ello se dividen respectivamente las demandas de calefacción y refrigeración de la localidad entre las demandas de calefacción y refrigeración de la localidad española del mismo clima. Obteniéndose así para cada localidad un coeficiente de corrección climática para la demanda de calefacción y para la demanda de refrigeración. La demanda corregida se obtiene tras dividir cada demanda (de refrigeración y calefacción) anteriormente calculada entre el coeficiente corrector.

Comparativa y análisis de resultados

Como se observan en los anteriores gráficos, las variaciones en las localidades de un mismo clima varían significativamente. En general se observa que Portugal e Italia tienden a demandar más refrigeración en detrimento de la calefacción. Por su parte, Francia y España tienden a valores similares.



Benjamín González Cantó
Director de Desarrollo Corporativo de CYPE Ingenieros
Director of Corporate Development, CYPE Ingenieros

Results of the energy demand

The above charts illustrate the results of the energy demand in cities with Mediterranean, Continental and Oceanic climates.

With the aim of achieving more accurate values for the comparison, the climatic variable is eliminated. For this, a factor is defined, hereinafter the climate correction factor (CCF), that corrects the climatic differences existing between the different chosen localities with the same climate, then comparing the calculation methodology. To establish this factor, the energy demand is first calculated for each of the sites using the highly-regarded calculation engine EnergyPlus™.

Once the demands have been calculated in EnergyPlus™, the CCF is calculated with reference to Spain. For this the heating and cooling demands of the locality are divided respectively between the heating and cooling demands of the Spanish locality with the same climate. A CCF is obtained for each locality for the heating demand and for the cooling demand. The corrected demand is obtained by dividing each of previously calculated demands (for cooling and heating) between the corrective factor.

Comparison and analysis of results

As can be seen from the above charts, the variation between the localities with the same climate varies significantly. In general terms, Portugal and Italy tend to demand more cooling to the detriment of heating, whereas France and Spain have roughly similar values.