

## **PONENCIA FORO CLIMA**

### **Comparativa del cálculo y de la demanda térmica entre las normativas de España, Francia, Italia y Portugal**

#### **AUTOR/ES:**

**Benjamín González Cantó  
Sara Mata Espinar**

#### **PONENTE/ES:**

**Benjamín González Cantó**

#### **EMPRESA/ORGANISMO:**

**CYPE Ingenieros, S.A.**

#### **Resumen**

El artículo describe una comparativa del cálculo de la demanda térmica propuesta por las diferentes normativas de España, Francia, Italia y Portugal. Para ello, se ha calculado la demanda de un edificio residencial ubicado en localidades de cada país con severidades climáticas equivalentes en tres tipos de climas diferentes:

- Mediterráneo: Barcelona, Génova, Niza y Lisboa
- Continental: Valladolid, Torino, Lyon y Bragança
- Oceánico: Oviedo, Brest y Porto

Para cada ubicación se han obtenido los resultados de la demanda térmica de calefacción y refrigeración del edificio definido como residencial unitario, de una sola planta, que cuenta con cuatro estancias básicas: salón-comedor, cocina, baño y dormitorio.

Esta demanda energética ha sido calculada en base a la normativa de cada país por lo que también se ha mostrado la verificación del cumplimiento de los requisitos o límites establecidos para el ahorro o eficiencia energética de cada uno. Así pues, además de visualizar las diferentes demandas de calefacción y refrigeración calculadas por los diferentes motores de cálculos, se ha expuesto el nivel de exigencia normativo de estos.

Con el fin de obtener unos resultados que únicamente varíen en función del método de cálculo de cada país y que no tuviera en cuenta las posibles diferencias climatológicas de un clima a otro, se ha establecido un coeficiente de corrección climática que elimina esta variable.

Los resultados obtenidos, y expuestos a través de tablas y gráficas, muestran grandes variaciones entre las demandas, tanto de calefacción como de refrigeración, en función de la metodología de cálculo. Las mayores diferencias se presentan en las versiones italiana y portuguesa, con métodos de cálculo

mensual y estacional respectivamente, siendo la demanda de refrigeración la más diferenciada. Sin embargo, las versiones española y francesa dan resultados finales bastante similares, basando ambas su cálculo en el método horario de la norma ISO-EN-13790.

## 1. Introducción

El presente artículo tiene como objetivo comparar los diferentes resultados del estudio térmico de diferentes países (España, Francia, Italia y Portugal) según la metodología de cálculo propuesta por las normas de cada uno. Los resultados permiten evaluar qué país es más estricto en relación a la eficiencia energética de edificios, tanto por los resultados obtenidos de la demanda térmica como por los requisitos normativos.

## 2.- Estudio climático. Determinación de las ciudades comparables

La comparación se ha realizado considerando un mismo edificio situado en los cuatro países, eligiendo ciudades con climas similares. Las ciudades de referencia serán las españolas en cada uno de los climas similares. Las ciudades de referencia serán las españolas en cada uno de los climas característicos de España.

Se han seleccionado las siguientes localidades de referencia:

- 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 del Departamento de energía de Estados Unidos [1], a su vez derivados de veinte fuentes diferentes, y servirán para establecer la severidad climática de invierno y de verano que determinarán la zona climática de la localidad extranjera según el CTE-DB HE 2006 [2] en sus tablas D2.a y D2.b respectivamente.

A continuación se enumeran las ciudades incluidas en el estudio:

Clima	LOCALIDADES			
	ESPAÑA Referencia	ITALIA	FRANCIA	PORTUGAL

<b>Mediterráneo</b>	Barcelona (Patrón)	Genova	Niza	Faro
		Nápoles	Marsella	Lisboa
		Cagliari	Montpellier	
		Genova	Niza	
<b>Tropical</b>	Las Palmas			Madeira
				Lajes
<b>Continental</b>	Valladolid	Milán	Dijon	Bragança
		Roma	Lyon	Évora
		Turín	Clermont-Ferrand	
<b>Montañoso</b>	Ávila			
<b>Oceánico</b>	Oviedo		Burdeos	
			Brest	Oporto
			Nantes	Coimbra
			Paris	

Tabla 1. Localidades con climas similares a comprobar

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:

Clima	LOCALIDADES							
	España	ZC	ITALIA	ZC	FRANCIA	ZC	PORTUGAL	ZC
<b>Mediterráneo</b>	Barcelona	C3	Génova	C4	Niza	C3	Lisboa	C3
<b>Tropical</b>	Las Palmas	A4	-		-		-	
<b>Continental</b>	Valladolid	E2	Turín	E3	Lyon	E2	Bragança	E2
<b>Montañoso</b>	Ávila	E1	-		-		-	
<b>Oceánico</b>	Oviedo	D1	-		Brest	D1	Oporto	C1

Tabla 2. Localidades comparables

Tras este estudio, se seleccionan las localidades que representan los tres climas característicos en los diferentes países y que son comparables con una desviación inferior a 0,3:

- Clima mediterráneo:
  - Barcelona
  - Niza
  - Lisboa
  - Génova
- Clima continental:

- Valladolid
- Lyon
- Turín
- Bragança
- Clima oceánico:
  - Oviedo
  - Brest
  - Oporto

No se ha encontrado ninguna ciudad equiparable a las de España en los climas montañoso y tropical, así como tampoco en clima oceánico ninguna ciudad italiana.

### 3.- Definición del edificio

El edificio unifamiliar cuenta con una sola planta de 3 metros 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 + 3m.

La forma geométrica en planta es rectangular, de dimensiones 15 x 8 metros, y estando su distribución de espacios interior definida según se muestra en la siguiente figura.

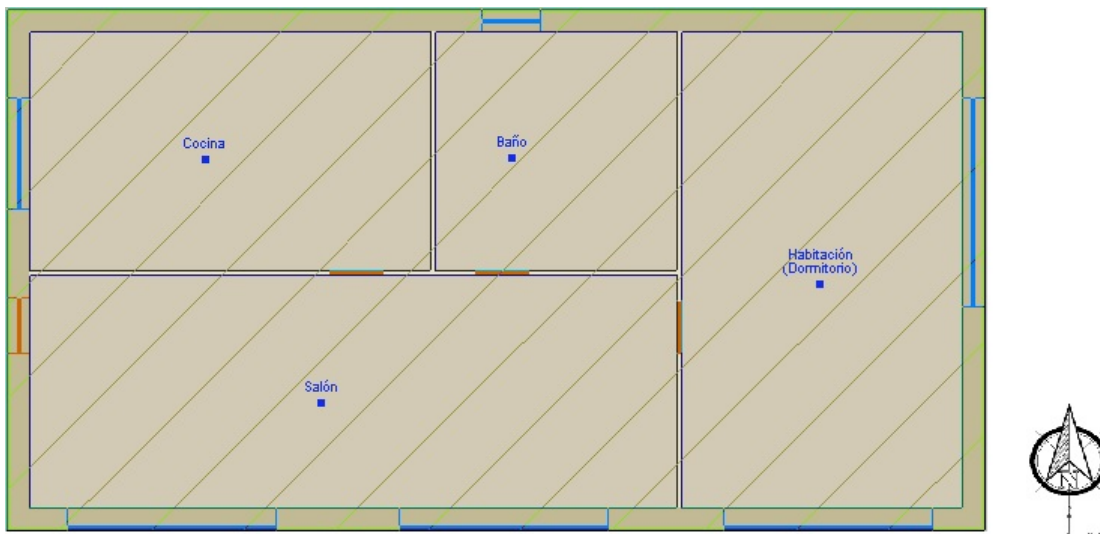


Figura 1. Planta con la distribución interior del edificio objeto de estudio

No se definen edificios próximos u otros obstáculos.

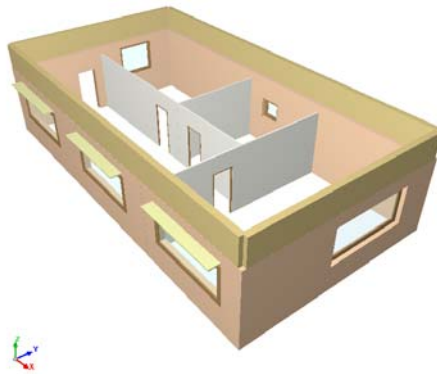


Figura 2. Vistas 3D sin forjados del edificio

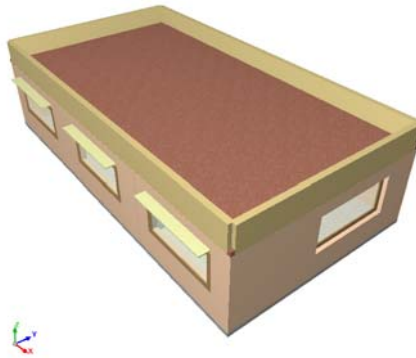


Figura 3. Vistas 3D con forjados del edificio

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 en Barcelona

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

#### **4.- Cálculo y cumplimiento normativo 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.

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.

## **5.- Resultados de la demanda energética**

A continuación se muestran los resultados de la demanda energética en las ciudades del clima mediterráneo.

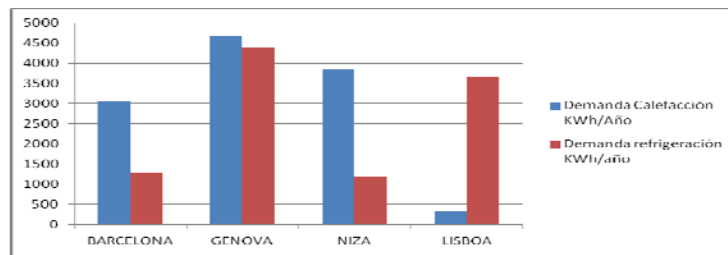


Figura 4. Comparativa de demandas energéticas en clima mediterráneo

A continuación se muestre una tabla resumen del cumplimiento de los requisitos de cada país y normativa:

<b>BARCELONA</b>			
Valor límite de la demanda energética			
(kWh/m <sup>2</sup> ·año)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>	29,21	29,8	1,98%
<b>Refrigeración</b>	11,94	15	20,40%
<b>Conjunto Edificio</b>			
<b>GÉNOVA</b>			
Indice di prestazione energetica parziale			
(kWh/m <sup>2</sup> ·año)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>			
<b>Refrigeración</b>	42,15	30	-40,50%
<b>Conjunto Edificio</b>			
<b>NIZA</b>			
% Bbio conventionnel en énergy du bâtiment			
(Points)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>			
<b>Refrigeración</b>			
<b>Conjunto Edificio</b>	91,9	42	-118,81%
<b>LISBOA</b>			
Valor límite de la demanda energética			
(kw/año)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>			
<b>Refrigeración</b>	27,03	11,49	-135,25%
<b>Conjunto Edificio</b>			

Tabla 3. Resumen demanda térmica normativa en clima mediterráneo

A continuación se muestran los resultados de la demanda energética en las ciudades del clima continental.

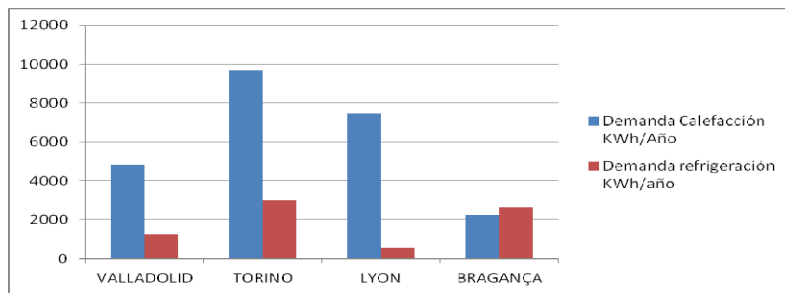


Figura 5. Comparativa de demandas energéticas en clima continental

A continuación se muestre una tabla resumen del cumplimiento de los requisitos de cada país y normativa:

<b>VALLADOLID</b>			
Valor límite de la demanda energética			
(kWh/m <sup>2</sup> -año)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>	47,22	46,5	-1,55%
<b>Refrigeración</b>	12,39	15	17,40%
<b>Conjunto Edificio</b>			
<b>TORINO</b>			
Indice di prestazione energetica parziale			
(kWh/m <sup>2</sup> -año)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>			
<b>Refrigeración</b>	28,82	30	4%
<b>Conjunto Edificio</b>			
<b>LYON</b>			
% Bbio conventionnel en énergie du bâtiment			
(Points)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>			
<b>Refrigeración</b>			
<b>Conjunto Edificio</b>	142,4	72	-97,78%
<b>BRAGANÇA</b>			
Valor límite de la demanda energética			
(kw/año)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>			
<b>Refrigeración</b>	25,99	10,6	-145,2%
<b>Conjunto Edificio</b>			

Tabla 4. Resumen demanda térmica normativa en clima continental



A continuación se muestran los resultados de la demanda energética en las ciudades del clima oceánico

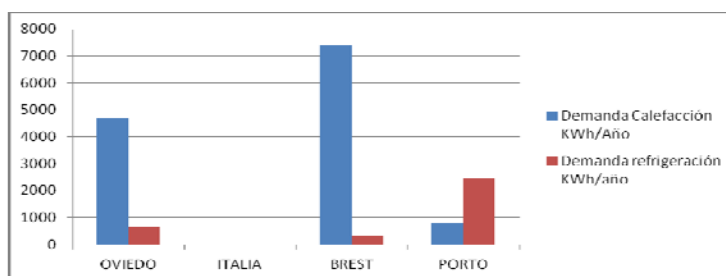


Figura 1. Comparativa de demandas energéticas en clima oceánico

A continuación se muestre una tabla resumen del cumplimiento de los requisitos de cada país y normativa:

<b>OVIEDO</b>			
Valor límite de la demanda energética			
(kWh/m <sup>2</sup> ·año)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>	45,42	46,5	2,32%
<b>Refrigeración</b>	5,94	15	60,40%
<b>Conjunto Edificio</b>			
<b>BREST</b>			
% Bbio conventionnel en énergie du bâtiment			
(Points)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>			
<b>Refrigeración</b>			
<b>Conjunto Edificio</b>	137	66	-107,58%
<b>PORTO</b>			
Valor límite de la demanda energética			
(kw/año)	<b>Valor</b>	<b>Límite (&lt;)</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Calefacción</b>			
<b>Refrigeración</b>	24,04	9,15	-162,7%
<b>Conjunto Edificio</b>			

Tabla 5. Resumen demanda térmica normativa en clima 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™.

Los cálculos obtenidos con EnergyPlus™ de la demanda energética son los que se muestran a continuación:

<b>CLIMA MEDITERRÁNEO</b>				
	<b>BARCELONA</b>	<b>GENOVA</b>	<b>NIZA</b>	<b>LISBOA</b>
<b>Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	17,1	32,12	19,93	9,32
<b>Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	84,14	78,57	92,61	99,12
<b>Total (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	101,24	110,69	112,54	108,44
<b>CLIMA CONTINENTAL</b>				
	<b>VALLADOLID</b>	<b>TORINO</b>	<b>LYON</b>	<b>BRAGANÇA</b>
<b>Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	44,08	71,78	60,62	36,55
<b>Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	58	61,31	58,2	64,48
<b>Total (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	102,08	133,09	118,82	101,03
<b>CLIMA OCEÁNICO</b>				
	<b>OVIEDO</b>	<b>ITALIA</b>	<b>BREST</b>	<b>PORTO</b>
<b>Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	31,51	-	45,25	16,58
<b>Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	38,38	-	27,77	64,6
<b>Total (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	69,89	-	73,02	81,18

Tabla 7. Demandas calculas con EnergyPlus™

Una vez calculadas las demandas en EnergyPlus™, se calcula el coeficiente corrector climático (en adelante también llamado CCC) con referencia a España y mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Coeficiente corrector de calefacción "localidad"} = \frac{\text{Demanda de calefacción de "localidad"}}{\text{Demanda de calefacción de la localidad española del mismo clima}}$$

$$\text{Coeficiente corrector refrigeración "localidad"} = \frac{\text{Cargas de refrigeración "localidad"}}{\text{Demanda de refrigeración de la localidad española del mismo clima}}$$

Para cada localidad obtendremos un coeficiente de corrección climática para la demanda de calefacción y para la demanda de refrigeración.

## COEFICIENTE DE CORRECCIÓN CLIMA MEDITERRÁNEO

	BARCELONA	GENOVA	NIZA	LISBOA
<b>Calefacción</b>	1	1.8784	1.1655	0.5450
<b>Refrigeración</b>	1	0.9338	1.1007	1.1780
<b>COEFICIENTE DE CORRECCIÓN CLIMA CONTINENTAL</b>				
	VALLADOLID	TORINO	LYON	BRAGANÇA
<b>Calefacción</b>	1	1.6284	1.3752	0.8292
<b>Refrigeración</b>	1	1.0571	1.0034	1.1117
<b>COEFICIENTE DE CORRECCIÓN CLIMA OCEÁNICO</b>				
	OVIEDO	ITALIA	BREST	PORTO
<b>Calefacción</b>	1		1.4361	0.5262
<b>Refrigeración</b>	1		0.7236	1.6832

Tabla 7. Coeficiente de corrección del clima mediterráneo

Los resultados corregidos se obtendrán tras dividir cada demanda (de refrigeración y calefacción) anteriormente calculada entre el coeficiente corrector:

$$Demanda\ corregida = \frac{Demanda\ calculada}{Coeficiente\ Corrector\ Climático}$$

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas:

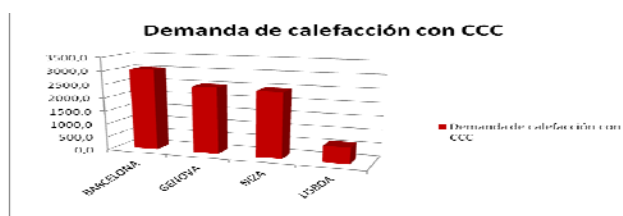


Figura 7. Comparativa resultados demanda de calefacción corregida en clima mediterráneo

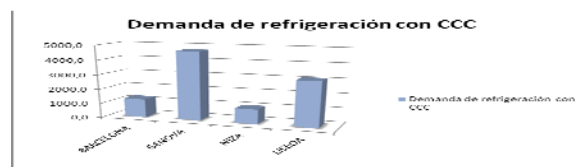


Figura 8. Comparativa resultados demanda de refrigeración corregida en clima mediterráneo

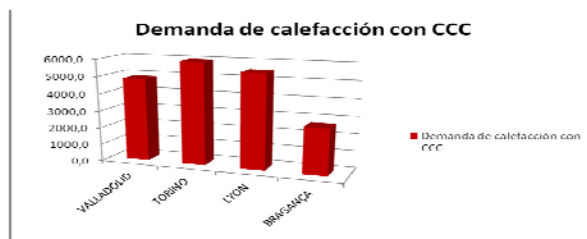


Figura 9. Comparativa resultados demanda de calefacción en clima continental

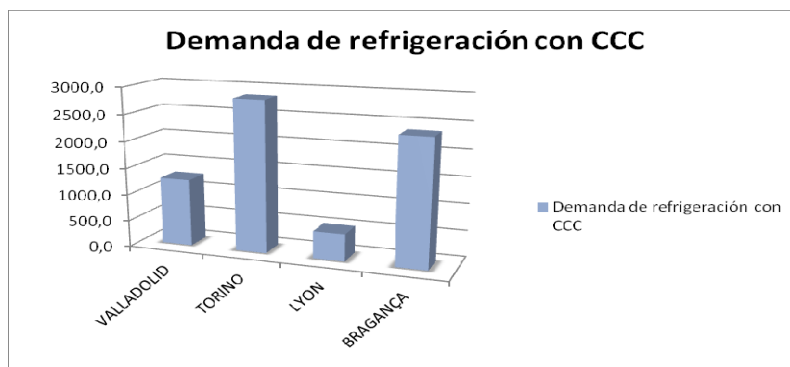


Figura 10. Comparativa resultados demanda de refrigeración en clima continental

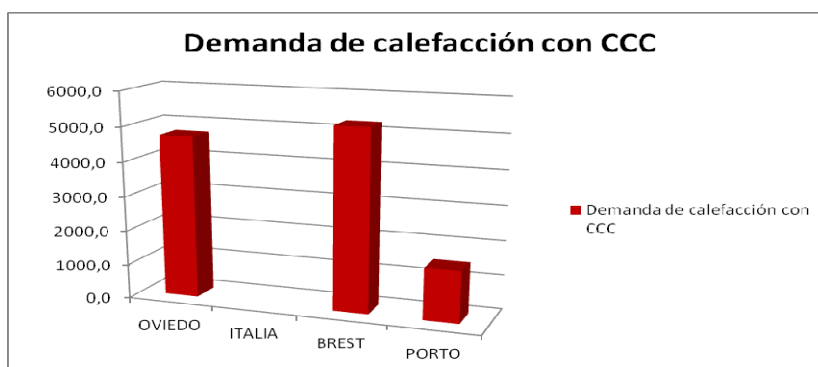


Figura 11. Comparativa resultados demanda de calefacción en clima oceánico

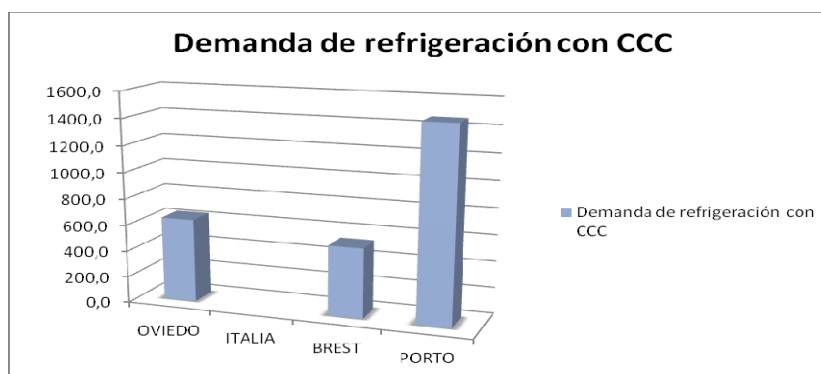


Figura 12. Comparativa resultados demanda de refrigeración de clima oceánico

## 6.- Análisis de resultados por tipo de clima

Como se observan en los siguientes 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.

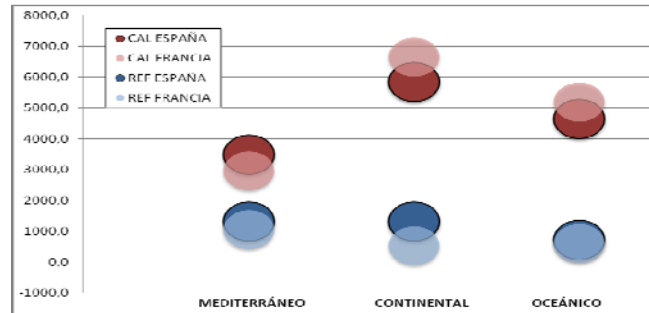


Figura 13. Comparación de resultados entre Francia y España

A continuación se muestra una tabla con las variaciones de los resultados de Portugal e Italia con respecto a los de España.

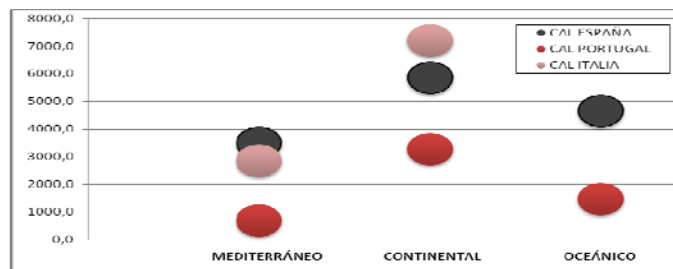


Figura 14. Comparación de resultados de calefacción entre España, Portugal e Italia

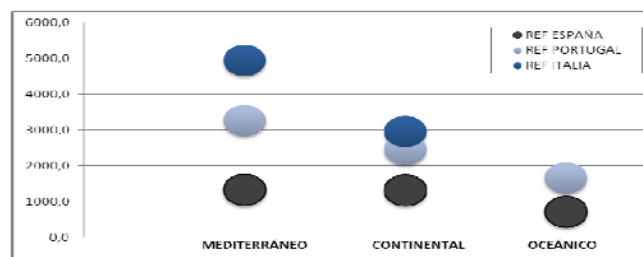


Figura 15. Comparación de resultados de refrigeración entre España, Portugal e Italia

## 7.- Conclusiones

Se concluye que las demandas de calefacción y refrigeración del mismo edificio varían en gran cantidad en función del motor de cálculo de la versión del país. Además, para un mismo edificio y zona climática similar, la normativa española todavía está muy lejos de la normativa de los países vecinos.

Los resultados en España varían poco respecto la media en lo que se refiere a la demanda de calefacción, la cual es muy similar a la demanda calculada en la versión francesa, superando levemente en los tres climas la media de los resultados en las diferentes versiones. En lo que respecta a la refrigeración, sucede lo contrario, varía por debajo de la media, aunque esto se debe básicamente a que tanto en la versión italiana como en la portuguesa esta demanda se estima mucho mayor.

Los resultados de Italia muestran un cálculo de demanda de calefacción no demasiado desviada de la de España y de la media, siendo la cifra calculada más cercana a esta de las cuatro versiones. Pero en refrigeración se desvía significativamente, siendo la versión que más demanda de refrigeración calcula por una gran diferencia, llegando a desviarse de los resultados españoles en más de un 270%.

En la versión francesa las cifras son muy parecidas a las calculadas por la versión española. La principal diferencia se encuentra en la demanda de refrigeración, instalación poco común en este país, estimándose en los tres casos una demanda menor que en el resto de países

En la versión portuguesa sucede lo opuesto a Francia, se calcula una demanda mucho mayor de refrigeración en contra de la calefacción. Siendo la versión que más desviación negativa, respecto a la media y la versión española, sufre en calefacción.

## 8.- Referencias

- [1] [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata\\_about.cfm](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_about.cfm)
- [2] Documento Básico HE. Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación
- [3] UNE EN ISO13790 Eficiencia energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios.
- [4] UNI/TS 11300-1: Requisitos de energía térmica del edificio para la climatización de invierno y verano.
- [5] [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)
- [6] [www.adene.pt](http://www.adene.pt)
- [7] <http://www.rt-batiment.fr/>
- [8] <http://www.cti2000.it/>