

Estimación del consumo de energía primaria y de las emisiones de CO₂ de los edificios de viviendas de una ciudad de tamaño medio

Juan Manuel Hernández-Sánchez

Xavier Roca

Josep M^a Domènech

Daniel Garcia-Almiñana

Miquel Casals

Quirze Vilella

Marta Gangolells

Núria Forcada

Alba Fuertes

26/03/2010

Resumen

El sector de la construcción es uno de los grandes consumidores de energía y emisores de CO₂. El estudio que se presenta en esta comunicación está basado en un detallado análisis de más de 80000 viviendas de la ciudad de Terrassa, población de más de 211000 habitantes en la periferia de Barcelona, en el que se tiene en cuenta la demanda de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS) para hallar el consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂ asociados a esta demanda. Se presenta un método para estimar el consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂ de la ciudad a estudiar a partir de datos estadísticos y climáticos. Los resultados obtenidos se han validado con datos de consumo reales. Los edificios residenciales de la ciudad de Terrassa tienen una demanda energética de 410000 MWh de energía primaria y unas emisiones de más de 91500 toneladas de CO₂ al año. Si se rehabilitaran los edificios de manera que la fuente de energía para calefacción y ACS fuese gas se llegaría a ahorrar el 19,5% del consumo total y se reducirían las emisiones un 26,4%, equivalente a más de 24000 toneladas de CO₂ al año. Si la rehabilitación actuara sobre el aislamiento reduciendo la demanda de calefacción y refrigeración un 40% se ahorraría más del 28% tanto de energía primaria como de emisiones de CO₂.

1 Introducción

El sector de la edificación es responsable del consumo de una gran cantidad de recursos, que junto con el sector terciario suman más del 40% del consumo final de energía en la Comunidad Europea [1]. La gran mayoría de los recursos energéticos procede de combustibles fósiles que contribuyen al cambio climático y a otros impactos de contaminación atmosférica: acidificación y contaminación por ozono troposférico, calidad del aire, etc. La especificación técnica *ISO/TS 21931-1:2006* [2] publicada por la organización ISO incide en que los aspectos medioambientales más relevantes relacionados con los impactos medioambientales de la edificación son el cambio climático y la destrucción de la capa de ozono. Puesto que el uso de energía primaria también es relevante, debe ser incluido el aspecto medioambiental de destrucción de recursos no renovables.

PONENCIAS

Según EN 15217:2007 [3] el indicador de eficiencia energética de edificios puede representar energía primaria y emisiones de CO₂. La estimación del consumo energético y las emisiones asociadas proporcionan indicadores que permiten estudiar las repercusiones de posibles rehabilitaciones energéticas. Desde el ministerio de vivienda [4] se destaca la importancia en un futuro próximo de rehabilitaciones que permitan el ahorro y la eficiencia energética de las viviendas.

Se han realizado estudios que se centran en escala de tamaño ciudad, como París [5], Beijing, Shanghai y Nanjing [6], Osaka [7] y Turín [8]. La ciudad que se ha tomado como estudio tiene una superficie de 70,16 km² y una población en el año 2008 de 211 793 habitantes [9], siendo la vigesimosexta ciudad más grande de España. El ayuntamiento de Terrassa mediante el plan de acción de energía sostenible [10] prevé reducir las emisiones de CO₂-eq en 41 924 toneladas mediante actuaciones en control, implantación de sistemas y en la mejora de la eficiencia energética, tanto en sistemas pasivos como activos.

La calefacción, refrigeración y el suministro de ACS representan el 68% del consumo energético de una vivienda [11]. Para determinar el consumo energético y emisiones asociadas a la climatización y suministro de ACS de edificios de una determinada zona, sería deseable tanto obtener los datos y consumo reales de los equipos como las características arquitectónicas de estos edificios. Una solución es realizar simulaciones de edificios tipo para determinar las necesidades energéticas de una ciudad [5, 8], pero requiere encontrar un conjunto de edificios que representen las características urbanísticas, que son diferentes para cada ciudad y imposibilitaría la comparación entre diferentes ciudades. La solución aportada es un método sencillo de la estimación de consumo y emisiones, válido para cualquier ciudad del territorio español y que permite la comparación. La técnica de modelado utilizada es del tipo *bottom-up* [12], ya que el modelo explica el consumo de energía individual para usos finales y después se extrapola para representar toda la ciudad.

2 Metodología de trabajo

La metodología de trabajo se divide en tres grandes apartados, la adquisición y procesado de datos estadísticos, el cálculo de la demanda de energía y emisiones, y la validación de los resultados con datos reales.

La edificación residencial se ha dividido en dos tipologías de edificios: viviendas unifamiliares y bloques de viviendas. Tanto *Censos de Población y Viviendas 2001* del *Instituto Nacional de Estadística* [13] como los indicadores de comportamiento energético de referencia [20] hacen esta distinción de tipología de edificios. Si bien una caracterización pormenorizada del parque de edificios de viviendas representaría con más precisión la demanda, también añadiría complejidad y dificultad de encontrar estadísticas, y si esta caracterización es exclusiva para una ciudad, impediría una óptima comparación entre otras ciudades. Sin embargo, una caracterización más general, es más simple y se ajusta mejor con las estadísticas disponibles.

Para la adquisición de datos, se han consultado los *Censos de Población y Viviendas 2001* [13] que contienen datos hasta el 2001 y el anuario estadístico de la ciudad de Terrassa [9] que proporciona datos hasta el 2008.

La demanda de energía depende del tipo de vivienda y de la severidad climática de invierno y de verano. Se han tomado datos de *Institut Català d'Energia: ICAEN* [15] para el cálculo de las severidades climáticas y se ha aplicado la metodología de *Documento de condiciones de aceptación de Programas Informáticos Alternativos* [20] para encontrar los valores de referencia para las demandas de calefacción, refrigeración y ACS, tanto para las viviendas unifamiliares como plurifamiliares. Con esta demanda y los datos estadísticos es posible estimar cuál es la demanda de energía primaria y las emisiones asociadas a los edificios de viviendas de Terrassa.

Por último, los datos obtenidos se han validado con datos reales de consumo de fuentes de energía para la ciudad de Terrassa.

Los datos estadísticos posteriores a 2001 están totalmente agregados y no hacen distinción en la tipología del edificio, por lo que se supondrá que la proporción entre edificios unifamiliares y plurifamiliares es la misma que la calculada con los datos del censo hasta el 2001. Tampoco queda establecido el uso de la vivienda, si se trata de viviendas principales o de otro tipo, por lo que se supondrá que también existe la misma proporción entre viviendas principales y el total de viviendas que el censo.

Las licencias de derribo, unas 200 al año, proporcionan muy poca información cualitativa, ya que una licencia no se corresponde con un solo edificio, ni se especifica si es residencial, comercial o industrial. Tampoco facilita información cuantitativa sobre los m² que se derriban. Como el valor es muy bajo se desprecia su influencia y se supone que todos los edificios censados el 2001 continúan existiendo.

PONENCIAS

Sólo se tienen en cuenta las viviendas principales y no las viviendas secundarias, vacantes u otras, ya que es en las primeras donde se produce la actividad, que es en lo que al final influye en la energía operacional. Las viviendas vacantes, que son las que no tienen ningún tipo de actividad, ascienden al 87% de las viviendas no principales [13]. Las viviendas secundarias y el resto de viviendas no principales no llegan a ser el 3% del total de viviendas. Por tanto, se desestima la influencia del gasto energético y emisión de CO₂ de las viviendas no consideradas como principales. En las viviendas principales se considera toda la superficie útil como área habitable y acondicionada.

El tipo de combustible utilizado para la calefacción se establece a través de los datos del censo, considerando que los edificios nuevos también mantienen esta proporción. El tipo de combustible utilizado para el ACS se supondrá en la misma proporción que para la calefacción. El apartado de 'No es aplicable' corresponde a viviendas sin calefacción. No se ha tenido en cuenta para el cálculo de la demanda energética el rendimiento de los equipos.

La refrigeración también se establece a través de los datos del censo, y aunque en los últimos años la tendencia a tener aire acondicionado ha aumentado ligeramente hasta llegar a un 24,8% en el 2007 [16] se ha decidido dejar los datos del censo con el 12% de la superficie total para facilitar una mejor comparación con otras ciudades que no dispongan de un estudio más reciente que el del censo.

Según el ayuntamiento de Terrassa [10] hay instalados a finales del 2007 unos 25000 m² de captadores solares térmicos de los que el 50% se estima que funcionan deficientemente por falta de mantenimiento. Según una producción media de 650 kWh/m²año se puede calcular que el 8,86% de la producción de ACS en el 2007 provino de energía solar térmica. Pero como es un dato difícilmente disponible en otros municipios no se ha incluido.

3 Datos estadísticos de las viviendas

Los *Censos de Población y Viviendas 2001* [13] proporcionan para la ciudad de Terrassa, el número de viviendas según su uso, la superficie útil, el combustible usado para la calefacción y el uso de refrigeración.

De todas las viviendas construidas, aproximadamente el 80% son principales, que son las que están en uso durante todo el año. El 80,57% de las viviendas principales forman parte de un edificio plurifamiliar y el 19,43% son edificios unifamiliares. La superficie útil total en el año 2001 de los edificios unifamiliares es 4 337 822 m² y la de los edificios plurifamiliares es 1 296 154 m².

Existe una diferencia notable en el tipo de combustible utilizado en la calefacción en las dos tipologías de edificios, por ejemplo, las viviendas unifamiliares utilizan 6 veces más petróleo y carbón que las viviendas plurifamiliares (tabla 1).

Tabla 1: Combustible usado para la calefacción

Tipo	Unifamiliar	Plurifamiliar
Gas	63,29%	71,97%
Electricidad	13,49%	17,74%
Petróleo	16,54%	2,72%
Madera	0,30%	0,10%
Carbón	1,19%	0,19%
Otros	0,16%	0,11%
No aplicable	5,03%	7,17%

Según los datos de *Censos de Población y Viviendas 2001* [13] algo más del 12% en superficie de las viviendas tienen refrigeración.

En la tabla 2 se recogen los datos sobre el número de viviendas y superficie construida del 2002 al 2008. Al ampliar estos datos con los del censo, se obtienen las tablas 3 y 4. Al existir sólo cifras del total anual de construcción de viviendas, sin haber distinción de la tipología de viviendas, se ha atribuido la misma proporción tanto en número de viviendas como en superficie que la existente en el 2001. Y también por falta

PONENCIAS

de datos se atribuye la misma proporción de tipos de combustible y refrigeración para cada una de las tipologías de edificios.

Tabla 2: Número de viviendas y superficie construida en Terrassa entre los años 2002 y 2008

Año	Unidades	Superficie [m ²]
2002	2 304	244 837
2003	1 888	178 958
2004	2 694	246 444
2005	3 658	321 988
2006	4 267	359 384
2007	4 145	330 506
2008	1 670	135 121
Total	20 626	1 817 238

Tabla 3: Censo de viviendas principales [nº de viviendas]

Año	≤2001	2002-2008	Total
Unifamiliar	12 254	3 454	15 708
Plurifamiliar	50 804	14 320	65 124
Total	63 058	17 774	80 832

Tabla 4: Superficie de las viviendas principales [miles m²]

Año	≤2001	2002-2008	Total
Unifamiliar	1 296	351	1 647
Plurifamiliar	4 338	1 175	5 513
Total	5 634	1 526	7 160

4 Cálculo de la demanda energética y de las emisiones

De una manera similar a la determinación de la zona climática del *Documento Básico: HE Ahorro de Energía* en el *Código Técnico de la Edificación* [17], tanto para valores tabulados de capitales de provincia y a partir de registros climáticos para otras poblaciones, se halla en el *Documento de condiciones de aceptación de Programas Informáticos Alternativos* [20] una metodología para encontrar los valores de referencia para las demandas de calefacción, refrigeración y ACS, tanto para las viviendas unifamiliares como plurifamiliares. Las capitales de provincia tienen estos valores tabulados y para las localidades que no son capitales de provincia se ha de aplicar unos coeficientes a las severidades climáticas de invierno y de verano y la tipología del edificio para obtener las demandas energéticas.

Con los valores de el *Institut Català d'Energia: ICAEN* [15] se ha calculado que la severidad climática de invierno es 0,62 y la severidad climática de verano es 0,83, obteniendo como resultado las demandas energéticas por unidad de superficie mostradas en la tabla 5.

PONENCIAS

Tabla 5: Valores de referencia de la demanda energética en Terrassa [kWh/m²]

Demanda	Unifamiliar	Plurifamiliar
Calefacción	43,20	27,92
Refrigeración	12,73	8,57
Demanda ACS	17,40	12,80

Los valores de referencia de la demanda energética de Terrassa son muy similares a los de Barcelona (tabla 6), ya que se trata de dos poblaciones que están muy próximas (30 km) y tienen una altitud semejante.

Tabla 6: Valores de referencia de la demanda energética en Barcelona [kWh/m²]

Demanda	Unifamiliar	Plurifamiliar
Calefacción	43,40	28,30
Refrigeración	12,10	8,00
ACS	17,40	12,80

Al disponer de la demanda de calefacción, de refrigeración y de ACS de referencia por unidad de superficie, y de la superficie total para cada tipología de edificio, se puede estimar la energía final necesaria para calefactar, refrigerar y dotar de ACS a la totalidad de la ciudad de Terrassa (tabla 7). Cada tipología dispone de una proporción diferente de tipos de combustible para proporcionar esta demanda energética y tanto la energía primaria como las emisiones de CO₂ son diferentes para cada tipo de combustible.

Tabla 7: Demanda energía final desagregada [miles kWh]

Tipo	Unifamiliar	Plurifamiliar	Total
Gas	63 786	164 957	228 742
Electricidad	15 003	42 527	57 530
Petróleo	17 839	7 204	25 043
Carbón	1 112	443	1 555
Total	97 740	215 131	312 870

Para generar 1 kWh útil para el usuario cada tipo de combustible necesita una cantidad de energía y tiene unas emisiones asociadas. El *Documento de condiciones de aceptación de Programas Informáticos Alternativos* [20] incluye los factores de conversión que usa el programa CALENER de calificación energética de edificios para indicar sus resultados. En la tabla 8 se indica los factores de conversión de energía final a energía primaria y de emisión de CO₂ para gas natural, gasóleo, carbón y el mix eléctrico español.

Tabla 8: Factores de conversión de energía final a energía primaria y de emisiones de CO₂

Tipo de combustible	Factor de conversión	Emisiones [g CO ₂ /kWh]
Gas Natural	1,012	204
Gasóleo	1,082	287
Carbón	1,000	347
Electricidad	2,605	649

PONENCIAS

A partir de la demanda de energía final y aplicando los factores de conversión de energía final a energía primaria y de energía final a emisiones de CO₂ se obtiene la demanda de energía primaria (tabla 9) y emisiones de CO₂ (tabla 10) según la tipología de edificio y tipo de combustible.

Tabla 9: Energía primaria [miles kWh]

Tipo	Unifamiliar	Plurifamiliar	Total
Gas	64 551	166 936	231 487
Electricidad	39 083	110 783	149 866
Petróleo	19 302	7 795	27 097
Carbón	1 112	443	1 555
Total	124 048	285 957	410 005
[ktep]	10 666	24 588	35 254

Tabla 10: Emisiones [toneladas de CO₂]

Tipo	Unifamiliar	Plurifamiliar	Total
Gas	13 012	33 651	46 663
Electricidad	9 737	27 600	37 337
Petróleo	5 120	2 068	7 187
Carbón	386	154	540
Total	28 255	63 473	91 727

La demanda energética referente a la calefacción, refrigeración y ACS de los edificios residenciales de la ciudad de Terrassa requiere un total de 410 000 MWh anuales equivalentes a 35 000 ktep y emite un total de 91 500 toneladas de CO₂ al año.

5 Validación de los resultados

Para poder comparar los resultados con otros datos y estudios, es necesario tener en cuenta la demanda energética total de la vivienda y para ello se ha de tener en cuenta la energía final de iluminación y electrodomésticos. En la *Guía práctica de la energía* de IDAE [11] se estima que un hogar medio consume 4 000 kWh/año, y que el porcentaje del consumo eléctrico para iluminación y electrodomésticos es del 81%. La demanda de energía final de electricidad se incrementa en 261 900 MWh, que junto con la estimación de 57 530 MWh suman un total de 319 430 MWh. Agregando todos los tipos de combustible se obtiene un total de 574 770 MWh. La energía primaria aumentaría en 682 238 MWh sumando un total de 1 092 243 MWh (93 916 ktep). Análogamente las emisiones de CO₂ aumentarían 169 970 toneladas sumando un total de 261 697 toneladas de CO₂.

Los datos del *Informe de conjuntura de Terrassa* [9] indican que el consumo del año 2008 para los sectores residencial/comercial fue de 389 958 MWh de electricidad y 204 971 MWh de gas. Según los consumos energéticos de los sectores comercial y residencial del *Proyecto INDEL de Red Eléctrica de España* [18] ha sido posible determinar que el sector comercial contribuye aproximadamente un 23% a la agregación residencial/comercial. El consumo del sector residencial para el 2008 fue de 300 268 MWh de electricidad y 157 828 MWh de gas.

Los datos del consumo de gas a partir del año 2003 no son útiles para validar la demanda estimada, ya que la liberación del mercado energético en 2003 ha provocado que los datos facilitados al ayuntamiento de la ciudad no tengan la suficiente información de quién es el usuario final. Para solucionar esta indeterminación se ha decidido utilizar la proporción de los 5 años anteriores a la liberación. Del 1998 al 2002 el 42% del

PONENCIAS

consumo de gas pertenece al sector doméstico/comercial, y al ser el 23% del sector comercial [18], se obtiene que el consumo del sector residencial es el 32,5% del consumo total. Con esta proporción, para el 2008 el consumo de gas natural resultó 236642 MWh para el sector residencial.

Mediante el documento de la *Guía práctica de la energía de IDAE* [11] se puede deducir que el porcentaje del consumo eléctrico de una vivienda para la calefacción, refrigeración y ACS es del 19% sobre el total. El consumo estimado del sector residencial para el 2008 referente a la calefacción, refrigeración y ACS es de 57051 MWh de electricidad.

El error de la demanda estimada de energía final respecto al consumo estimado real es de menos de un 1% para la electricidad y del 4% para el gas natural.

Un estudio sobre el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para el municipio de Terrassa [19] estima un consumo energético para el sector residencial de 69157 ktep para el año 2008, y unas emisiones de 221259 toneladas de CO₂-eq. Los valores de la estimación propuesta en esta comunicación son del orden de un 20% mayores que los de este estudio.

6 Análisis de sensibilidad

Para saber el efecto que tendría la rehabilitación de edificios en el conjunto de viviendas de la ciudad de Terrassa, se ha hecho el análisis de sensibilidad sobre las variables energía primaria y emisiones de CO₂ si se actuase sobre el tipo de combustible para la calefacción y sobre el aislamiento de las viviendas.

El gas natural tiene un factor de conversión de energía final a energía primaria próximo a la unidad y es el tipo de combustible que emite menos CO₂ por kWh consumido por el usuario (tabla 8), por tanto es la propuesta idónea para reducir tanto el consumo de energía primaria como las emisiones de CO₂.

El 20% de los edificios plurifamiliares y el 31% de los edificios unifamiliares usan otros combustibles para la calefacción que no son gas natural. En el caso que se rehabilitaran estas viviendas y se cambiara el equipo de calefacción por uno que usara gas natural se llegaría a ahorrar casi 7000 ktep de energía primaria al año, equivalente al 19,5% del consumo total. También se dejarían de emitir más de 24000 toneladas de CO₂ al año, equivalente a una reducción del 26,4%. Como se puede ver en la tabla 11 la actuación es más acentuada en el caso de las viviendas plurifamiliares, ya que éstas tienen una proporción mayor de calefacción mediante electricidad que las viviendas unifamiliares.

Tabla 11: Ahorro de energía primaria y CO₂ si el tipo de combustible fuese gas

Ahorro	Unifamiliar	Plurifamiliar	Total
Energía primaria	16,88%	20,70%	19,54%
CO ₂	25,28%	26,87%	26,38%

Otra posible actuación de rehabilitación sería cambiar los acristalamientos y/o el aislamiento de fachadas y tejados reduciendo así la demanda energética tanto de calefacción como de refrigeración. En el caso que esta reducción fuese del 40% se ahorraría más del 28% tanto de energía primaria como de emisiones de CO₂. En la tabla 12 se puede ver que el ahorro es parejo tanto en la tipología de edificios como en la energía primaria y CO₂. El ahorro sería de 10000 ktep de energía primaria y de 26000 toneladas de CO₂.

Tabla 12: Ahorro de energía primaria y CO₂ si el aislamiento redujese la demanda energética de calefacción y refrigeración un 40%

Ahorro	Unifamiliar	Plurifamiliar	Total
Energía primaria	29,15%	28,08%	28,40%
CO ₂	29,21%	28,16%	28,48%

PONENCIAS

7 Discusión

No se tiene en cuenta la tipología de edificios más allá de la diferencia entre unifamiliar y plurifamiliar, ni las tecnologías constructivas, ni los equipos de climatización, ni el comportamiento energético de los habitantes. Todos estos factores hacen que la eficiencia energética de un edificio en concreto pueda variar sensiblemente.

Por otra parte los datos del consumo real están muy agregados, y obliga a usar suposiciones que afectan a la precisión de la validación de los datos: el sector doméstico forma parte del agregado doméstico/comercial tanto para la electricidad como el gas natural; la electricidad que se consume en el sector doméstico incluye muchos usos diferentes al de calefacción, refrigeración y ACS; la liberación del mercado energético en el caso del gas natural a partir del año 2003 no hace diferencias entre usuarios domésticos, comerciales o industriales [9]; y finalmente no hay datos disponibles de consumo del resto de combustibles (madera, carbón, gasoil y otros).

En el plan de acción de energía sostenible de Terrassa [10] se presentan unas medidas orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en más del 20% para el año 2020 mediante la mejora de la eficiencia energética y la producción de energías renovables. Cuatro de estas acciones están destinadas al sector doméstico con un potencial de reducir las emisiones en 41 924 toneladas de CO₂-eq tomando como año base de referencia el año 2005. Las medidas (Tabla 13) consisten en implantar sistemas de seguimiento y control de las instalaciones de energía solar térmica existentes, promover la implantación de sistemas de energía solar térmica en el parque existente de edificios de viviendas y promover la mejora de la eficiencia energética en el sector doméstico mediante la aplicación tanto de sistemas pasivos como activos.

Tabla 13: Expectativa de reducción de CO₂-eq (Tn/año)

Medida	Reducción
Implantar sistemas de seguimiento y control de las instalaciones de energía solar térmica existentes en el municipio	2 422
Promover la implantación de sistemas de aprovechamiento de energía solar térmica en el parque existente de edificios de viviendas y actividades del municipio	7 332
Promover la mejora de la eficiencia energética en el sector doméstico mediante la aplicación de sistemas pasivos	16 682
Promover la mejora de la eficiencia energética en el sector doméstico mediante la aplicación de sistemas activos	15 488
Total	41 924

8 Conclusiones

La principal conclusión es que partiendo de datos climatológicos, del número de edificios unifamiliares y plurifamiliares y de los tipos de combustible utilizados para la calefacción y ACS, se puede llegar a estimar la aportación de CO₂ y la demanda de recursos primarios de los edificios de viviendas de una ciudad de tamaño medio. La validación de resultados muestran que éstos se ajustan a los datos de electricidad y del gas natural.

La rehabilitación de equipos de calefacción repercute directamente en un ahorro de energía primaria y en un cese de emisiones de CO₂, si se cambiaran todas las fuentes de energía a gas natural permitiría un ahorro de un 19,5% de energía primaria y más de un 26% de emisiones de CO₂. Si se mejorara la envolvente térmica de manera que la demanda fuese un 40% menos, se ahorraría más del 28% tanto de energía primaria como de emisiones de CO₂.

Un aspecto medioambiental de relevancia relacionado con cuestiones medioambientales es el uso de energía primaria renovable [2]. En España en el 2008, las renovables fueron responsables del 20,5% de la producción eléctrica neta [20]. Por lo tanto, del consumo de electricidad, 11 794 MWh procedieron de fuentes de energía renovables.

PONENCIAS

Referencias

- [1] Directive 2002/91/CE. *Energy performance of buildings*. Diciembre 2002.
- [2] ISO/TS 21931-1:2006. *Sustainability in building construction. Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works. Part 1: Buildings*. 2006.
- [3] EN 15217:2007. *Energy performance of buildings. Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings*. Junio 2007.
- [4] el Economista. *Corredor: "El futuro de la construcción se sitúa en la rehabilitación y la eficiencia energética"*. Julio 2009. (3/07/2009).
- [5] Atelier Parisien d'Urbanisme. *Consumptions d'énergie et émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales parisiennes*. Diciembre 2007.
- [6] D.Z. Li, Eddie C.M. Hui, Barbara Y.P. Leung, Q.M. Li, and X. Xu. A methodology for eco-efficiency evaluation of residential development at city level. *Building and Environment*, 45(3):566–573, Marzo 2010.
- [7] Yoshiyuki Shimoda, Takahiro Asahi, Ayako Taniguchi, and Minoru Mizuno. Evaluation of city-scale impact of residential energy conservation measures using the detailed end-use simulation model. *Energy*, 32(9):1617–1633, Septiembre 2007.
- [8] Ilaria Ballarini and Vincenzo Corrado. Application of energy rating methods to the existing building stock: Analysis of some residential buildings in turin. *Energy and Buildings*, 41(7):790–800, Julio 2009.
- [9] Ajuntament de Terrassa. *Anuari estadístic de Terrassa 2009*. 2009.
- [10] Ajuntament de Terrassa. *Pla d'acció d'energia sostenible de Terrassa*. Noviembre 2009.
- [11] IDAE. *Guia pràctica de l'energia: Consum eficient i responsable*. Diciembre 2007.
- [12] Lukas G. Swan and V. Ismet Ugursal. Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8):1819–1835, Octubre 2009.
- [13] Instituto Nacional de Estadística. *Censos de Población y Viviendas 2001*. Madrid, MARzo 2001.
- [14] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Documento de condiciones de aceptación de Programas Informáticos Alternativos*. 2007.
- [15] Institut Català d'Energia. *Els graus-dia de calefacció i refrigeració a Catalunya: resultats a nivell municipal*. Número 14 en *Estudis monogràfics*. 1a edició, Noviembre 2008.
- [16] IDESCAT. Terrassa. *habitatges segons disponibilitat d'aigua calenta, calefacció i refrigeració*, 2007.
- [17] Ministerio de Vivienda. *Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE Ahorro de Energía*. Abril 2009.
- [18] Red Eléctrica de España. *Proyecto INDEL - Atlas de la demanda eléctrica española*. 1998.
- [19] CIMAS Innovación y Medio Ambiente and Factor CO₂. *Inventari d'emissions de gasos d'efecte hivernacle del municipi de Terrassa*. 2009.
- [20] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Balace energético 2008 y perpectivas 2009*. Abril 2009.