

Sombreado de fachada como alternativa a instalación de aire acondicionado Aplicación en edificio E.T.S. de la Universidad de Santiago de Compostela

Fernando BLANCO SILVA

Ingeniero industrial y Director de la Oficina de Xestión de Infraestructuras
de la Universidad de Santiago de Compostela

oxestin@usc.es

Recibido: 13 de Mayo de 2009

Aceptado: 28 de Septiembre de 2009

RESUMEN

El Protocolo de Kyoto obliga a los países desarrollados a limitar sus emisiones de CO₂ y otros Gases de Efecto Invernadero, provocados en su mayoría por el consumo de energía de origen fósil (petróleo, gas natural o carbón) o en la producción de electricidad. En España este problema es especialmente grave porque es un país que no dispone de recursos energéticos.

Este artículo hace un análisis de una experiencia realizada en la Universidad de Santiago de Compostela, esta experiencia consiste en que se ha realizado una instalación de sombreado exterior en el edificio Escuela Técnica Superior de Ingeniería (E.T.S.I.) como alternativa a una instalación de aire acondicionado.

Palabras clave: Sombreado, recurso energético, gases de efecto invernadero, temperatura y edificio

The Shadow of walls like alternative to air conditioned, application
in building E.T.S. of the University of Santiago de Compostela

ABSTRACT

The Protocol of Kyoto forces to the countries developed to limit his emissions of CO₂ and other Greenhouse Gases, caused in his majority by the consumption of energy of origin fossil (oil, natural gas or coal) or in the production of electricity. In Spain this problem is more important because Spain does not have energetic resources

This paper makes an analysis of an experience realized in the University of Santiago of Compostela. This experience consists to realize an installation of shadow in the wall of the building Escuela Técnica Superior de Ingeniería like an alternative to an installation of air conditioned.

Keywords: Shadow, energetic source, Greenhouse Gases, temperature and building

Ombre de facade en alternative a l'installation de climatisation de demande dans le batiment STE Universidade de Santiago de Compostela

RESUMÉ

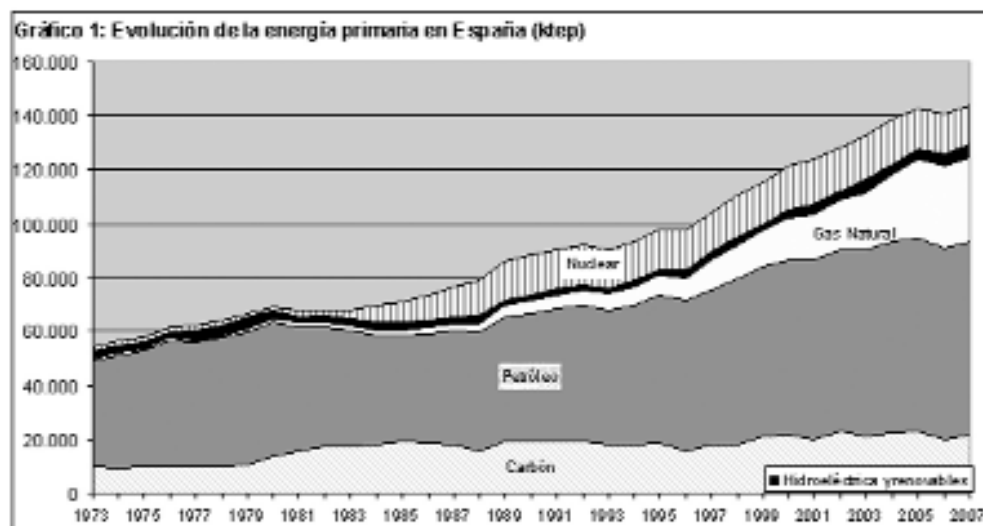
Le Protocole de Kyoto exige que les pays développés à réduire leurs émissions de CO₂ et autres gaz à effet de serre. Ces gaz sont causés par la consommation de combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel ou charbon) et la consommation d'électricité. Ce problème est particulièrement grave, car c'est un pays qui ne dispose pas de ressources énergétiques. Cet article fait une analyse d'une expérience menée à l'Université de Santiago de Compostela. L'expérience consiste en une ombre à l'extérieur du bâtiment en école d'ingénieur (ETSI) est une alternative à l'installation d'un climatiseur. Mots-clés: trame, l'utilisation de l'énergie, gaz à effet de serre, la température et de la construction

Mots clé: Shade, les ressources énergétiques, gaz à effet de serre, la température et de la construction.

1. INTRODUCCIÓN: ESPAÑA, UNA ISLA ENERGÉTICA

España es un país con unos recursos energéticos muy escasos que se limitan a carbón de media calidad y la las fuentes de energía renovables (en particular hidráulica y eólica); así la estructura energética de España se caracteriza por una muy elevada dependencia del exterior, ya que todo el petróleo, gas natural y gran parte del carbón son de importación estando las importaciones en torno al 80% de la energía primaria consumida cada año.

Las Crisis del Petróleo 1973 y 1979 provocaron sendas crisis económicas, con aumento del paro y la inflación, y sobre todo que España descubrió que estaba indefensa ante situaciones similares; así a partir de los años ochenta todos los Planes Energéticos se centraron en el fomento de las fuentes de origen nacional (renovables en particular), disminución de la dependencia del petróleo y aumento de la eficiencia energética con objeto de blindarse ante nuevas crisis. En estos tres aspectos ha habido importantes avances pero la dependencia del exterior (en particular del petróleo) se mantiene debido a que no se han desarrollado combustibles alternativos (en particular en el transporte) y que el aumento sostenido en el consumo de energía hace imposible frenar esta dependencia (durante los últimos veinte años el consumo aumentó de forma imparable en torno al 3% anual).



El otro aspecto importante en la planificación energética es el Protocolo de Kyoto. En 1998 se firmó en Kyoto (Japón) un acuerdo entre los países desarrollados para disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, en particular de CO₂. Estas emisiones de CO₂ se deben fundamentalmente al consumo de energía fósil ya que cuando se realiza la combustión de combustibles fósiles como carbón o gas natural se desprende CO₂, estas combustiones pueden ser directas (transporte, combustiones industriales...) o indirectas (cuando se quema gas natural o carbón para producir energía eléctrica) por lo que todos los objetivos de reducción de las emisiones pasa por recortar la energía primaria consumida (aumento de la eficiencia energética) o emplear fuentes menos contaminantes (renovables, cogeneración o incluso energía nuclear).

Una vez presentadas las líneas generales de actuación de la política energética española debemos estudiar los esfuerzos gubernamentales para disminuir las emisiones de CO₂. A lo largo de los últimos años el Ministerio de Industria realizó un esfuerzo importante para recortar fomentar las energías renovables (aprobación del Plan de Fomento de las Energías Renovables 1998-2010 y del Plan de Fomento 2005-2010) así como para la mejora de la eficiencia energética. Entre esta última destacamos la Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012:E4, que es la trasposición de la Directiva 2002/91/CE en España y data de noviembre de 2003; la Estrategia E4 es un documento genérico pero que no concretaba actuaciones completas. Estas actuaciones se materializan en julio de 2005 con el Plan de Acción 2005-2007 con medidas en nueve campos de actuación distintos, entre los que destaco las actuaciones en edificación. En este sector el Plan de Acción propone la reducción del consumo de energía obligando a unos requisitos mínimos en eficiencia energética en envoltentes de edificios, aprovechamiento de luz solar, optimizar el rendimiento de las instalaciones térmicas, optimizar el alumbrado interior de los edificios... El Plan de Acción recoge que se convocarán ayudas y subvenciones pero

que la mayoría del esfuerzo inversor será realizado por particulares (familias, empresas, patronal, organismos públicos...). El esfuerzo inversor del Plan de Acción es de unos 8.000 millones de euros, de los que únicamente el 10% sería aportado por los fondos públicos mediante subvenciones.

Con intención de que los planes del Plan de Acción se lleven a la práctica existen subvenciones por parte de las administraciones públicas; estas subvenciones son sólo parciales ya que en ningún caso van a pagar una instalación completa sino que su intención es impulsar las actuaciones alternativas que optimicen el consumo de energía. Hasta 2007 las subvenciones eran convocadas por el Instituto de Diversificación y Ahorro Energético (IDAE) y las comunidades autónomas pero actualmente todos los fondos son gestionados íntegramente por los entes de la energía de las comunidades. En Galicia estas subvenciones son gestionadas por el Instituto Enerxético de Galicia con una convocatoria anual que incluye las actuaciones en eficiencia energética y en el fomento de las fuentes de energía renovables, es decir las actuaciones que buscan acercarnos a los objetivos del Protocolo de Kyoto. En Galicia esta convocatoria limita las subvenciones hasta una máximo de un 22% del importe a gastar, con la intención de conseguir que estas actuaciones sean económicamente viables (las actuaciones menos contaminantes suelen tener un pequeño sobre coste respecto a las tradicionales).

La Universidad de Santiago de Compostela ha participado en 2007 y 2008 en la convocatoria anual de subvenciones del INEGA con diferentes proyectos. En el año 2007 se solicitaron seis actuaciones (entre ellas el sombreado de la Planta Tercera de la E.T.S.) de las que recibieron subvención cinco y la otra se descartó. En 2008 se solicitaron cinco actuaciones, entre las que destacamos el sombreado de las Plantas Primera y Segunda de la E.T.S.; en este momento (mayo de 2009) aún no ha sido resuelta la convocatoria por lo que en esta segunda fase del sombreado sólo contamos con una subvención estimada.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN EN LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería (E.T.S.E.) es un edificio que tiene unos seis años de antigüedad y desde su inauguración han existido quejas acerca de las elevadas temperaturas interiores que experimenta en el verano. Por su diseño se trata de un edificio muy eficiente en invierno (orientación al Sur, alto aislamiento térmico, calidad en cerramientos...) pero el funcionamiento en verano es deficiente, alcanzándose temperaturas muy altas.

La primera opción planteada fue una gran instalación de aire acondicionado para todo el edificio. Los sistemas de climatización completos tienen su lógica en edificios nuevos que experimenten sobretensiones por fuentes internas (laboratorios, maquinaria, tareas experimentales...) y en los que se puede aprovechar el funcionamiento en invierno de una bomba de calor; en la E.T.S.I. no existen grandes fuentes de calor internas y debido a que la instalación de calefacción ya estaba en funcionamiento no es recomendable una modificación para adaptarle una bomba de calor. Por estos dos motivos se descartó la opción de la instalación de aire acondicionado.

La Oficina de Arquitectura y Urbanismo y el Vicerrectorado de Infraestructuras de la USC eligieron como alternativa a la instalación de aire acondicionado una instalación de sombreado, siendo los motivos un impacto ambiental sensiblemente menor (materiales reciclables, no necesita equipos frigoríficos...) y no consume electricidad. Entre las desventajas nos encontramos que no consigue recortar totalmente las altas temperaturas y aún así se registran temperaturas del orden de 30° C en el verano los días más cálidos en los espacios comunes (no en despachos). Para eso la consultora IDOM redactó un Proyecto consistente en la colocación de una celosía de aluminio, tipo Gradpanel-120 de Gradhermetic formada por lamas de aluminio lacado en color blanco, tal y como se puede ver en las fotografías.

Sobre la comparación económica es difícil de hacer porque se debe concretar cuál sería la zona que abarcaría la instalación de aire acondicionado. Este edificio se caracteriza porque tiene unas zonas comunes de gran volumen (escaleras, claustro interior, vestíbulos...) que no es imprescindible climatizar aunque en el caso de climatizar sólo la zona de despachos esta sería una fuente de calor muy importante, así el coste de la instalación de aire acondicionado es muy difícil de estimar sin el proyecto completo.

Esta actuación tuvo dos plazos; en el año 2007 se realizó la primera etapa, consistente en realizar el sombreado de la Planta Tercera (la que experimenta mayores temperaturas) mientras que en el año 2008 se hizo la segunda etapa, el sombreado de la Planta Primera y Segunda. Debemos citar que en el sombreado de las Plantas Primera y Segunda es conjunto (es decir que se instalaron placas que abarcaban los dos pisos; además es importante citar que las rejillas tienen ángulos variables, algunas deben moverse a mano mientras que otras van motorizadas. En las tablas siguientes se puede ver las dimensiones de las fachadas.

Fachada	Largo (m)	Alto (m)	Superficie total (m2)
Norte	28,50	3,20	91,2
Este	17,85	3,20	57,12
Oeste	17,85	3,20	57,12
Sur	28,50	3,20	91,2
Total	92,7	3,20	296,64

Tabla 1: Dimensiones de la instalación de sombreado en la Planta Tercera de la E.T.S.E. Son rejillas móviles por parte de los usuarios que protegen cada despacho

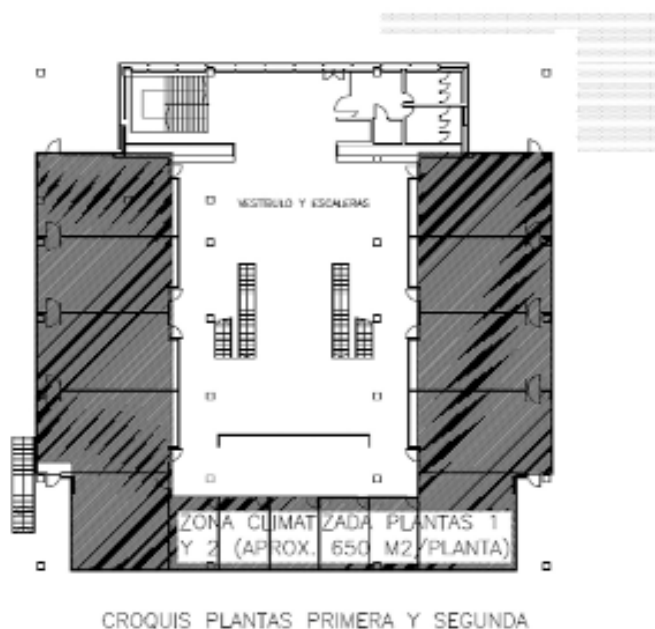
Posición	Unidades	Largo (m)	Alto (m)	Superficie sombreado (m2)	Unidades motorizadas no accesibles
Fachada norte	16	2,22	8,4	298,37	8
Fachada sur	10	2,35	8,4	197,4	6
	6	2,11	8,4	106,34	
Fachada este	9	2,22	8,4	167,83	8
	1	1,5	8,4	12,6	
Fachada oeste	5	2,11	8,4	88,62	10
	5	2,07	8,4	86,94	

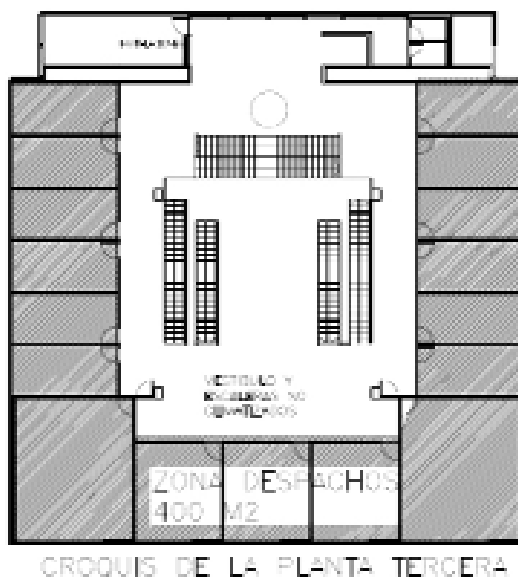
Tabla 2: Dimensiones de la instalación de sombreado en las plantas Primera y Segunda

El coste de la obra fue de unos 70.000 euros la primera fase y de unos 230.000 euros la segunda fase, en ambos casos incluyendo el Impuesto del Valor Añadido. En el primer caso el Instituto Enerxético de Galicia concedió una subvención de 13.469,17 euros mientras que en el segundo está pendiente de ser concedida; en caso que se estime la solicitud la cantidad concedida será de unos 30.000 euros.

3. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Para poder optar a estas subvenciones es necesario presentar un cálculo de las emisiones ahorradas. Este cálculo es complejo, en particular hemos supuesto que esta instalación es alternativa a otra de aire acondicionado que abarcase sólo los despachos; haciendo una ratio consideramos que cada metro cuadrado de superficie necesita unos 80 W de potencia frigorífica en la planta Primera y Segunda mientras que en la planta Tercera (de menor superficie) la ratio considerada es de unos 100 W/m². En la planta Tercera la superficie que climatizaríamos sería de unos 400 m² mientras que en las plantas Primera y Segunda la superficie a climatizar sería de unos 1300 m² (unos 650 m² por planta); de esta forma suponemos que el sombreado de la planta Tercera equivale a una instalación de aire acondicionado de unos 40 kWtcos mientras que la Segunda Fase equivale a unos 100 kWtcos; suponiendo un coeficiente de operación de 2,8 tenemos que la instalación de la Planta Tercera es equivalente a una instalación de potencia de unos 14 kWeléctricos mientras que la de la Primera y Segunda equivaldría a unos 35 kWeléctricos. En los siguientes cuadros podemos ver la superficie aproximada que se incluirían en las tres plantas.





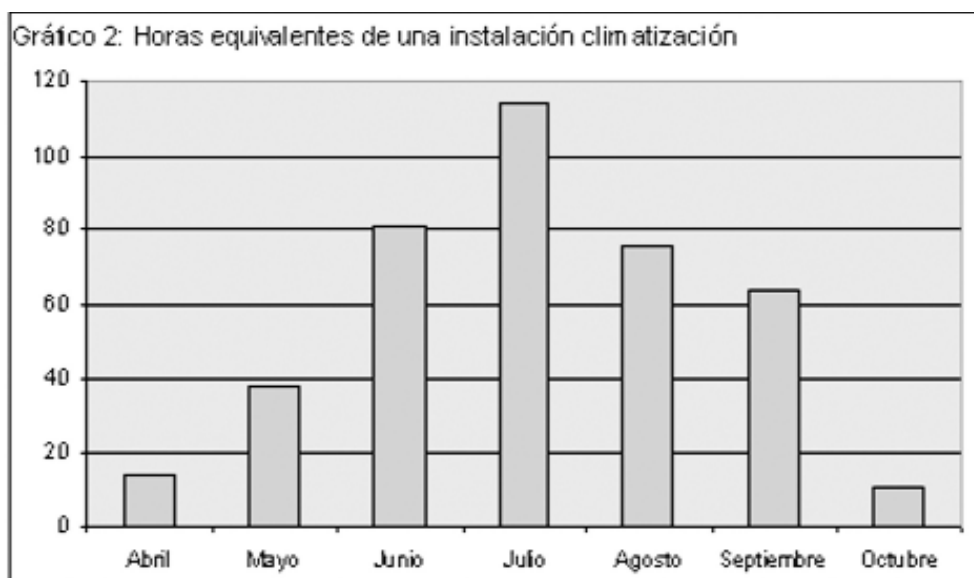
El rendimiento frigorífico del sombreado no es el mismo que el de la instalación de aire acondicionado; para la instalación de aire acondicionado hemos calculado que el número de horas equivalentes al año es de unas 400, tal y como se puede ver en la Tabla 3. Se puede ver a continuación la estimación de las horas equivalentes de funcionamiento cada mes. Denominamos horas equivalentes de funcionamiento al valor:

$$H_{equivalente} = \frac{Energía_consumida_ (kWh)}{potencia_eléctrica_ (kW)}$$

se denomina coeficiente de equivalencia a la relación las horas equivalentes con las horas de funcionamiento.

	Días laborables/ mes	Días utilización mes	Horade funcionamiento/día	Coeficiente de equivalencia (horas equivalentes/horas funcionamiento)	Horas equivalentes mensuales
Abril	19	8	7	0,25	14
Maio	19	12	8	0,4	38,4
Xuño	22	18	9	0,5	81
Xullo	21	19	10	0,6	114
Agosto	19	18	6	0,7	75,6
Setembro	20	16	8	0,5	64
Outubro	22	6	7	0,25	10,5
				Total equivalentes	397,5

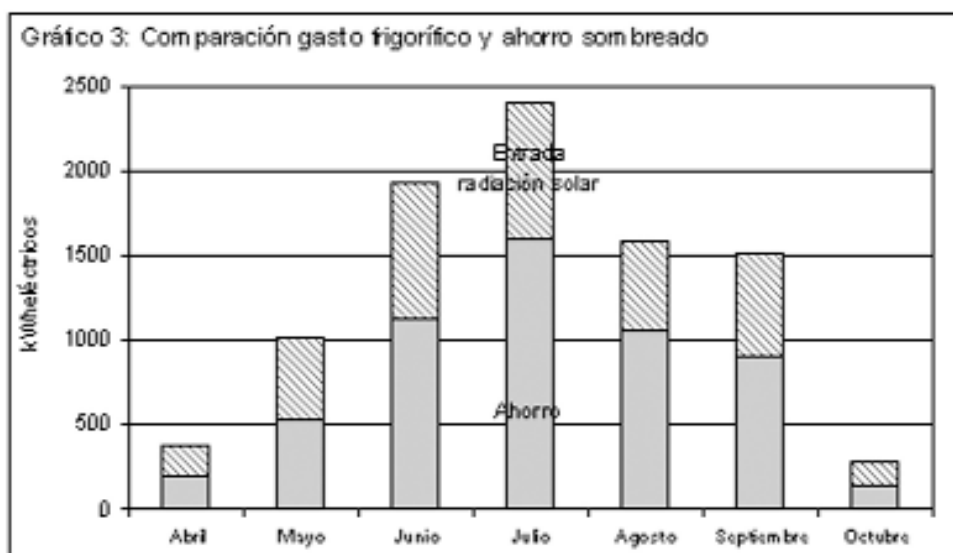
Tabla 3: Cálculo de horas equivalentes de funcionamiento anual en instalación de climatización



Tal y como se espera el trabajo de la instalación de climatización se centra en los meses de junio, julio y agosto, siendo el funcionamiento en los meses de abril y octubre mucho menor. Este cálculo es el realizado para una instalación de climatización, pero sabemos que el sombreado de la fachada no es el mismo; consideramos que esta instalación es capaz de evitar la entrada del 70% del calor que entraría en condiciones normales, por lo que el ahorro equivalente es de 280 horas anuales a plena potencia. Para calcular el ahorro de electricidad multiplicamos este tiempo por la potencia eléctrica equivalente por el número de horas equivalentes al año; a esto le añadimos un 25% por consumos indirectos (fabricación de las máquinas, consumibles y emisiones debidas al mantenimiento). En el caso en la primera fase el ahorro eléctrico es de unos 4 MWh (que consideramos 3 MWh de electricidad y otro de consumos indirectos) mientras que para las plantas Primera y Segunda el ahorro de energía es de unos 12 MWh (unos 9 MWh eléctricos y los 3 restantes de indirectos). El ahorro anual que provoca este sombreado es de unos 2 toneladas de CO₂ para la Planta Tercera y de 6 toneladas para el Sombreado de las Plantas Primera y Segunda. En la Tabla 4 se puede ver las emisiones estimadas de G.E.I. y el ahorro económico

	Ahorro eléctrico (MWh)	Ahorro económico (€)	Ahorro de CO ₂ (ton)	Ahorro de NO _x (kg)	Ahorro de SO ₂ (kg)
Planta Primera y Segunda	4	400	2	3,2	4
Planta Tercera	12	1200	6	10	12
Coefficientes	1	100	0,5	0,8	1

Tabla 4: Estimación del ahorro de energía en la Escuela Técnica Superior



En las dos fotografías siguientes se puede ver el sombreado de la planta tercera en dos momentos distintos. En la primera fotografía vemos que para un día nublado los usuarios han desplazado los paneles con el fin de mantener la escasa radiación solar entrante mientras que en la segunda fotografía se puede ver que en un día intermedio dos usuarios tienen ángulos de inclinación distintos.





En la siguiente fotografía se puede ver una foto de la fachada exterior durante la obra, así como después de finalizada ésta. Debe comentarse que el día en el que se sacaron las fotos estaba nublado, por lo que las láminas estaban abiertas. También puede observarse que en la planta Baja y Sótano 1 no existe sombreado.





4. BIBLIOGRAFÍA

- BLANCO SILVA, Fernando (2005): *Guía para entender el Protocolo de Kioto*. Santiago de Compostela: Club Universitario Dínamo
- COMISIÓN EUROPEA (1997): *Libro Blanco para una estrategia y plan de acción comunitario*. Bruselas: Comisión Europea.
- FORO NUCLEAR (2006): *Anuario energía 2006*. ANUARIO ENERGÍA. Madrid: Foro Nuclear.
- JUTGLAR, Luís (2004): *Energía solar*. Barcelona: Ediciones CEAC.
- TOBAJAS VÁZQUEZ, Manuel (2002): *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: CEYSA, Editorial Técnica
- UNESA (2003), Asociación Española de la Industria Eléctrica *La Electricidad en España: 313 preguntas y Respuestas*, Madrid: UNESA.

4.1 DOCUMENTOS OFICIALES DE APLICACIÓN

- Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética en los edificios
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el *Código Técnico de la Edificación*
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*
- Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E-4) para 2004-2012, aprobada por el Consejo de Ministros el 28 de noviembre de 2003
- Plan de Acción 2005-2007 de Ahorro y Eficiencia Energética*, aprobado por el Consejo de Ministros el 8 de julio de 2005
- Resolución de 26 de abril de 2007 por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión, en régimen de concurrencia competitiva, de las subvenciones y ayudas a proyectos de ahorro y eficiencia energética y proyectos de energías renovables correspondientes al ejercicio 2007 (D.O.Ga de 30 de marzo de 2007)
- Resolución de 6 de junio de 2008 por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión, en régimen de concurrencia competitiva, de las subvenciones y ayudas a proyectos de ahorro y eficiencia energética y proyectos de energías renovables correspondientes al ejercicio 2008 (D.O.Ga de 8 de septiembre de 2008)