



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Cálculo de pérdidas de radiación solar debidas a sombras en la certificación energética de edificios existentes con CE3X.

Apellidos, nombre	Tort Ausina, Isabel ¹ (isatort@fis.upv.es) Oliver Faubel, Immaculada ² (inolfau@csa.upv.es) Monfort i Signes, Jaume ³ (jaumemonfort@csa.upv.es)
Departamento	¹ Dpto. Física Aplicada ² Dpto. Construcciones Arquitectónicas ³ Dpto. Construcciones Arquitectónicas
Centro	Universitat Politècnica de València



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo vamos a presentar el procedimiento para el cálculo de pérdidas de radiación solar debidas a sombras en la certificación energética de edificios existentes con el programa informático CE3X. Para ello, veremos primero una introducción, para entrar en la descripción del proceso que debemos seguir al utilizar el programa para definir los patrones de sombras, y terminaremos con un ejemplo.

2 Introducción

Para la Unión Europea, el fomento de la eficiencia energética en el ámbito de la edificación pasa por utilizar la calificación de la eficiencia energética de las edificaciones para concienciar a los usuarios de la importancia de utilizar, no solo equipos o instalaciones eficientes, sino que lo sean también los edificios en los que desarrollen sus funciones.

Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en la Directiva 2002/91/CE¹ se transpusieron en el Real Decreto 47/2007² Se aprobó con él un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. Sin embargo, y a pesar de que lo recogía dicha directiva, quedó en aquel momento pendiente de regulación la certificación energética de los edificios existentes.

La Directiva 2002/91/CE se modificó mediante la Directiva 2010/31/UE³ y volvió a quedar pendiente la transposición al derecho español de la certificación energética de edificios existentes.

Finalmente, y tras una llamada de atención en la Directiva Directiva/2012/27/UE⁴, se lleva a cabo esa transposición que refunde en una sola disposición lo válido de la norma de 2007, la deroga, la completa y, por fin, amplía su ámbito a todos los edificios, incluidos los existentes.

De esta forma, establece el Procedimiento Básico para la certificación energética de edificios existentes que debe cumplir la metodología de cálculo considerando aquellos factores que más incidencia tienen en su consumo energético. Este procedimiento básico, a su vez, se materializa en la utilización de una serie de Documentos Reconocidos por los ministerios implicados. Entre los cuales se encuentra el software CE3X.

¹ DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios

² REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción

³ DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)

⁴ DIRECTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.



3 Objetivos

Una vez leído con detenimiento este documento, el alumnado será capaz de:

- Calcular mediante el programa informático CE3X los patrones de sombras que determinan las pérdidas de radiación solar por sombras en edificios existentes
- Identificar correctamente los obstáculos que producen sombras sobre el edificio objeto de certificación, y caracterizarlos de manera que puedan ser introducidos en el citado programa informático mediante la opción simplificada
- Interpretar los resultados de los patrones de sombras en el perfil de trayectorias solares que proporciona el citado programa informático.

4 Cálculo de las pérdidas de radiación solar debidas a sombras

El certificado de eficiencia energética de edificios existentes debe emitirse según un documento reconocido⁵ que esté inscrito en el Registro general de la Secretaría de la Energía del Minetur.

Se trata de dos programas informáticos, de descarga libre a través de la página web del Minetur: CE3 y CE3X.

Aparte de ellos, y disponible en el mismo sitio web un documento informativo de aplicación para cuando se utilicen soluciones especiales no incluidas en los programas disponibles.

En este caso vamos a realizar el cálculo de pérdidas de radiación por sombras utilizando el programa CE3X. Para ello, es necesario haber introducido un caso de estudio en el citado programa, y haber completado previamente las pestañas de datos generales y datos administrativos.

Las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes (por ejemplo, edificios colindantes) vienen dadas por el porcentaje de la radiación solar global respecto de la que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir obstáculo alguno.

Para calcular las pérdidas por sombras, los pasos a seguir son:

- Localizar los obstáculos que afectan a la superficie objeto, en términos de sus coordenadas de posición acimut y elevación.
- Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura de trayectorias del sol a lo largo del año. La banda de trayectorias se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar, y positivas después de éste).

⁵ Documentos reconocidos son documentos técnicos, sin carácter reglamentario, que cuentan con el reconocimiento del o de los organismos oficiales correspondientes, en este caso del reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Energía y Turismo y del Ministerio de Fomento.

4.1 Localización de obstáculos mediante azimut y elevación

Como ya hemos visto, el primer paso a seguir es la identificación de los obstáculos que proyectan alguna sombra sobre el edificio objeto de la certificación (en adelante, edificio objeto), como pueden ser, por ejemplo, edificios adyacentes.

Una vez localizados, cada uno de ellos debe definirse según su azimut y elevación:

- **Azimut α** (grados): define el ángulo de desviación en el plano horizontal con respecto a la dirección sur (ver Imagen 1).

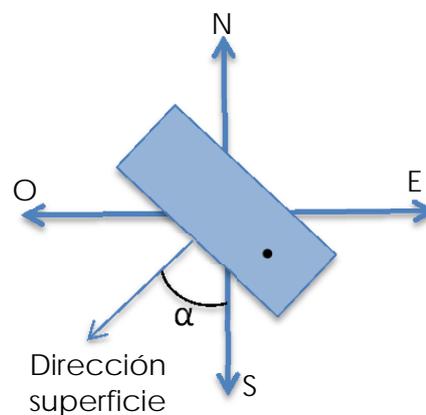


Imagen 1. Azimut (α)

- **Elevación β** (grados); define la altura de la sombra que produce el obstáculo sobre el edificio que se analiza mediante un ángulo, que es la inclinación con respecto al plano horizontal (ver Imagen 2).

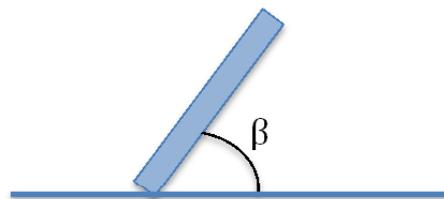


Imagen 2. Elevación

Para medir el azimut y elevación puede utilizarse un teodolito, pero este no es un procedimiento que resulte práctico en una toma de datos real, realizada para la práctica profesional de certificación de un inmueble. Por ello, se sustituirá la caracterización mediante azimut y elevación, por la caracterización simplificada que ofrece el programa CE3X.

4.2 Localización de obstáculos mediante el procedimiento simplificado

El programa CE3X ofrece una opción simplificada para la obtención del patrón de sombras, que resulta válida únicamente para obstáculos rectangulares (que será la situación más habitual en la práctica). El programa calcula las **sombras en el punto medio de la fachada objeto**. Para utilizarla, debemos seleccionar en el programa, dentro de la ventana de patrón de sombras, la opción de "Obstáculos rectangulares" (ver Imagen 3).

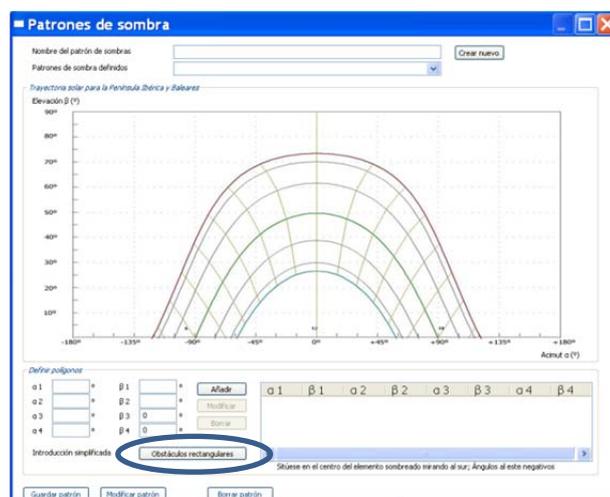


Imagen 3. Selección de opción "Obstáculos rectangulares"

Aparecerá entonces en la pantalla una nueva ventana (ver Imagen 4).

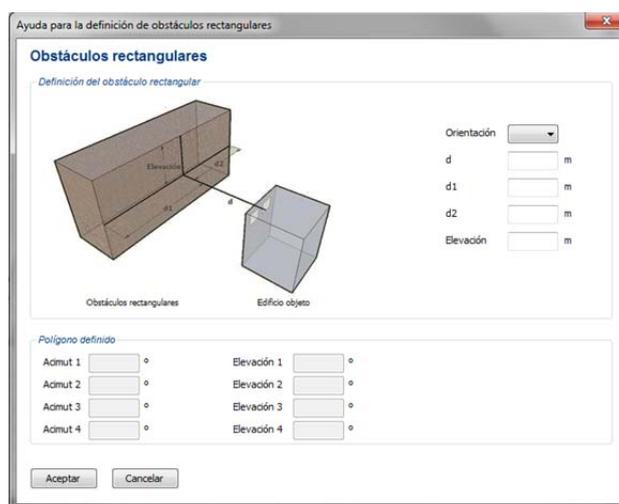


Imagen 4. Definición de obstáculos rectangulares

donde para la definición de los obstáculos rectangulares, debemos introducir para cada obstáculo los siguientes datos:

- **Orientación:** orientación del obstáculo vista desde el edificio objeto (al cual se le va a aplicar el patrón de sombra), es decir, orientación del vector "d".
- **d** (m): distancia de la línea perpendicular que une el plano del edificio objeto con el plano del obstáculo.
- **d₁** (m): situándose en el punto de cálculo del patrón de sombra del edificio objeto (su centro), d₁ es la distancia desde la proyección de dicho punto sobre el obstáculo remoto hasta el final del obstáculo hacia la izquierda.
- **d₂** (m): situándose en el punto de cálculo del patrón de sombra del edificio objeto (su centro), d₂ es la distancia desde la proyección de dicho punto sobre el obstáculo remoto hasta el final del obstáculo hacia la derecha.
- **elevación** (m): diferencia de cotas entre el punto de cálculo del patrón de sombra del edificio objeto (su centro) y la elevación total del edificio obstáculo, situado frente a él.

4.3 Ejemplo práctico

Supongamos que estamos certificando una vivienda situada en un edificio entre medianeras, cuya planta es la indicada en la imagen 5, donde se indica también el nombre dado a cada uno de los cerramientos verticales.

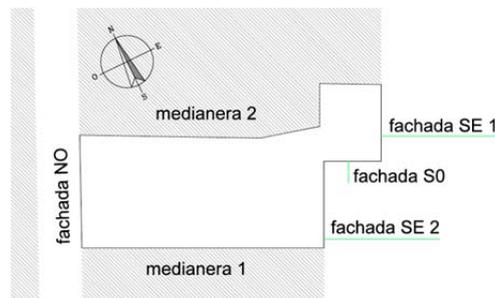


Imagen 5. Planta de la vivienda en bloque entre medianeras

Para el análisis de las sombras, debemos plantearnos en primer lugar cuántas fachadas objeto tenemos, puesto que para cada una de ellas debemos definir un patrón de sombras. En particular, en el ejemplo, las fachadas son:

- Fachada sureste 1
- Fachada sureste 2
- Fachada suroeste
- Fachada noroeste

Analicemos a modo de ejemplo el **patrón de sombras de la fachada sureste 1**, para lo cual nos situamos en su **punto medio**.

El primer paso es localizar aquellos obstáculos que puedan hacerle sombra, que en este caso (ver imagen 6) son (marcados en la figura en color granate):

- Muro 1
- Muro 2
- Edificio
- Muro 3

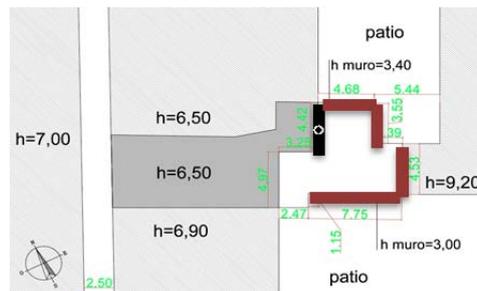


Imagen 6. Definición de los cuatro obstáculos rectangulares

El segundo paso es medir los parámetros necesarios para introducir en el programa, para cada uno de los obstáculos.

- Primer obstáculo: Muro1 (ver imagen 7): el vector d (flecha en verde) tiene orientación norte, por lo que el obstáculo no proyecta sombra.

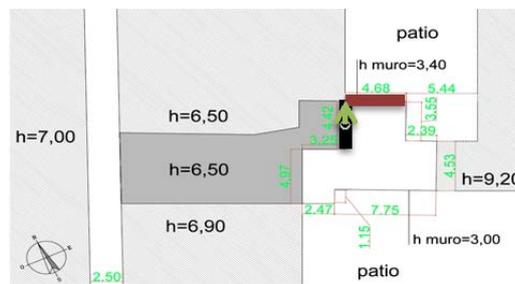


Imagen 7. Obstáculo muro 1

- Segundo obstáculo: Muro2 (ver imagen 8): el vector d (en verde) tiene orientación sureste.

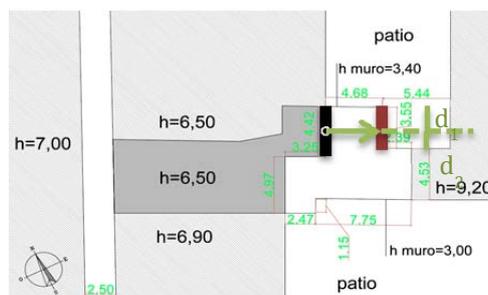


Imagen 8. Obstáculo muro 2

Los valores de las distancias son: $d = 4,68$ m; $d_1 = 2,21$ m y $d_2 = 1,34$ m, y la elevación es $e = 3,40 - (6,50/2) = 0,15$ m

- Tercer obstáculo: Edificio (ver imagen 9): el vector d (en verde) tiene orientación sureste.

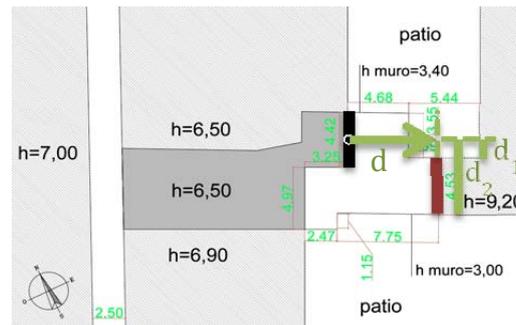


Imagen 9. Obstáculo edificio

Los valores de las distancias son: $d = 7,07$ m; $d_1 = -2,54$ m y $d_2 = 5,87$ m, y la elevación es $e = 9,20 - (6,50/2) = 5,95$ m

- Tercer obstáculo: Muro 3 (ver imagen 10): aunque visto el dibujo en planta nos parecía que este muro iba a ser un obstáculo, su altura (3 m) es menor que la del punto medio de la fachada objeto (3,25m), por lo que no proyecta sombra y no es, por lo tanto, un obstáculo a considerar.

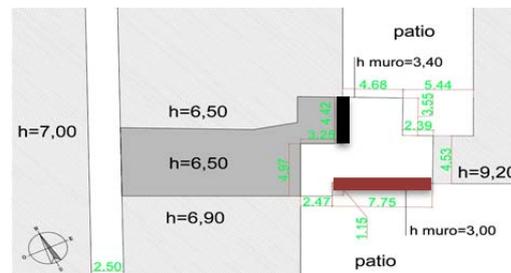


Imagen 10. Obstáculo muro 3

Resumiendo, de los cuatro que inicialmente nos parecía que teníamos, tan sólo hay dos obstáculos que proyecten sombra sobre la fachada sureste 1, y son por lo tanto los dos que introduciremos en el programa, tras lo cual obtendremos los polígonos que interceptan las horas de trayectoria solar tal y como se muestra en la imagen 11.

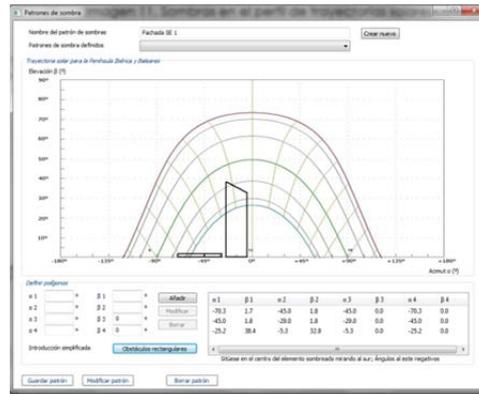


Imagen 11. Sombras en el perfil de trayectorias solares

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto el modo de trabajar con el programa CE3X para introducir los patrones de sombras, es decir, el efecto de pérdida de radiación solar por sombras. Es importante recordar que hemos trabajado con la simplificación de considerar los obstáculos como rectangulares, y calcular las sombras en el punto central de la fachada objeto.

6 Bibliografía

6.1 Normativa

DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición).

DIRECTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.

REAL DECRETO 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

6.2 Referencias de fuentes electrónicas

"Ministerio de Industria, Energía y Turismo."

<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Paginas/certificacion.aspx>

6.3 Otros

"Guía IDAE: Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X". Serie Calificación de Eficiencia Energética de Edificios. MIYABI y el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). Edita: IDAE. Madrid, julio 2012.