

# HOTELES DE CONSUMO ENERGÉTICO CASI NULO. POTENCIALIDADES Y RESTRICCIONES PARA CUBA

Por M. Sc., Arq. Natalí Collado Baldoquín \*, Dr. C., Arq. Luis Alberto Rueda Guzmán \*\*,  
Dra. Cs., Arq. Dania González Couret\*\*\*

\*, \*\* y \*\*\* Facultad de Arquitectura, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae.  
E-mail: \*ncollado@arquitectura.cujae.edu.cu, \*\*rueda@tesla.cujae.edu.cu,  
\*\*\*dania@arquitectura.cujae.edu.cu

## Resumen

La concepción de *edificios de consumo de energía casi nulo* (nZEB) podría representar una aspiración más sostenible dentro de la política de construcción en Cuba. Esta definición europea ha sido muy poco analizada en el contexto nacional. En Cuba, el turismo es un sector clave en la economía que necesita ser cada día más rentable y con bajo impacto ambiental. El presente trabajo tiene como objetivo definir las principales potencialidades y restricciones para aplicar este enfoque en hoteles de ciudad. Los métodos empleados permiten discutir los elementos claves que definen estos tipos de edificaciones según la literatura internacional; analizar casos internacionales de edificios declarados con consumo casi nulo o de alta eficiencia energética, principalmente aquellos que se ubican en regiones cálidas-húmedas o que están destinados al alojamiento turístico; así como caracterizar una muestra de los hoteles en la ciudad de La Habana y principalmente su política energética.

Como principales resultados se definen las principales potencialidades y restricciones que se presentan en la actualidad para la aplicación en Cuba del enfoque nZEB. Los casos analizados muestran que es posible lograr nZEB en climas cálidos húmedos y en edificios altos consumidores como los hoteles, a partir de una optimización del diseño de la edificación apropiado a cada contexto urbano, el uso de tecnologías eficientes energéticamente y el empleo de fuentes renovables de energía. Los hoteles analizados en La Habana duplican los consumos de los referentes internacionales, lo que demuestra la necesidad de cambiar los estándares presentes de ahorro energético, puesto que no ha habido cambios sustanciales en los consumos de estos edificios.

**Palabras clave:** Hoteles de ciudad, edificios de consumo de energía casi nulo, eficiencia energética, fuentes renovables de energía.

---

## NEARLY ZERO ENERGY HOTELS. POTENTIALITIES AND RESTRICTIONS FOR CUBA

### Abstract

«Nearly Zero Energy Buildings» (nZEB) conception could represent a more sustainable aspiration within Cuban construction policy. This European definition has been widely discussed even though in the national context has been quite less analysed. Although tourism in Cuba is a key sector in the economy, it is needed to be more profitable and with a lower environmental impact. The aim of this paper is to define the main potentialities and restrictions for enforcing this international approach in the Cuban city hotels. To reach this goal, the key elements of the nZEB definition are discussed, as well as study cases of low energy hotels or low energy buildings in hot and humid climate are analysed. It is presented as well, a characterization of a sample of Havana Hotels, focussed mainly in its energy policies.

The study case prove that it is possible to achieve nZEB in warm and humid climates as well as in high consumer buildings such as hotels. The optimization of the building design being suitable to each urban context, the use of energy efficient technologies and the use of renewable sources of energy, it is considered

the main strategic resources to reach this goal. The hotels analysed in Havana double the consumption of the international referents, which demonstrates the need to change the current energy saving standards since there have been no substantial changes in the consumption of these buildings. The renewable energy sources are currently a profitable technique to implement, fundamentally the solar energy and energy cogeneration.

**Keywords:** *Hotels on cities, nearly Zero Energy Buildings, energy efficiency, renewable energy sources.*

## 1. Introducción

A pesar de ser Cuba un país pequeño con una economía en desarrollo, sus emisiones de CO<sub>2</sub> resultan altas en relación con el suministro total de energía primaria [IEA, 2017]. De acuerdo con SIER-OLADE [SIER, 2017], los principales consumos energéticos en el país ocurren en sectores muy vinculados con el ambiente construido como el residencial (49 %), el industrial (27 %), así como los servicios públicos y el comercio (20 %). Los hoteles cubanos constituyen parte de las edificaciones con mayores consumos energéticos y se considera que cuentan con casi el doble del costo energético con respecto a edificaciones similares en el ámbito internacional [Cabrera, 2016].

Cuba ha ido desarrollando acciones encaminadas a mitigar el calentamiento global y a garantizar la seguridad energética. Dentro de las últimas decisiones se encuentra la aspiración oficialmente establecida desde el 2016 en el «Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030», de cubrir 24 % de la demanda energética nacional (eléctrica) mediante fuentes renovables de energía (FRE). También desde 2014 se estableció la aplicación de licencias energéticas destinadas a controlar y promover soluciones más eficientes. Actualmente, el decreto-ley «Desarrollo de energía renovable y eficiencia energética» se encuentra en discusión, lo que permitiría incrementar la generación a partir de FRE mediante productores individuales o institucionales. No obstante, las principales acciones todavía se encuentran a nivel discusión o solución a escala de país, y todavía no se ha exigido un cambio importante en los principales consumidores, como son las edificaciones.

Dentro de las medidas adoptadas internacionalmente para solventar este problema se encuentran las regulaciones para establecer «Edificios de consumo energético casi nulo» (nZEB según sus siglas en inglés). Estas normas definen que las edificaciones deben tener un adecuado diseño pasivo, aprovechando los recursos naturales como la iluminación y ventilación natural, tienen que contar con equipamientos altamente eficientes y deben poseer tecnologías para generar energía a partir de fuentes renovables [Directiva..., 2002 y 2010]. Estas directivas del bloque europeo han sido lo suficientemente imprecisas para que cada región o país especifique los requerimientos que deben cumplir las edificaciones de acuerdo con sus condiciones particulares de clima, infraestructura, tradiciones, entre otras [Sartori *et al.*, 2012].

Este enfoque internacional podría ser el paso que todavía no se ha asumido en el país para disminuir el consumo

de una importante parte de los consumidores energéticos. No obstante, si bien sería necesario cuestionarse las soluciones actuales de eficiencia energética de las edificaciones en Cuba, también habría que replantearse parte de las aspiraciones que se promueven desde contextos foráneos, con el fin de lograr soluciones endógenas.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar las principales potencialidades y restricciones con que se cuenta hoy para establecer este enfoque en los hoteles, tomando como caso de análisis una muestra de los que se encuentran en la ciudad de La Habana. Para ello se discuten los elementos clave que establece esa directiva europea, y se analizan cómo se han implementado en casos de estudios. También se presenta una caracterización de la situación actual de los hoteles en La Habana y se discuten algunas de las acciones que actualmente se consideran como parte de la política energética de estas instituciones.

## 2. Materiales y métodos

El presente trabajo parte de discutir la definición de los «Edificios de consumo energético casi nulo» según la directiva europea de eficiencia energética de las edificaciones, a partir de una investigación teórica y el análisis documental. Para ello se analizan los elementos claves identificados en el estudio bibliográfico: el rango de consumo establecido, los sectores considerados en el balance energético, el indicador y el monto de la cobertura generada mediante fuentes renovables de energía (FRE), la normalización de las mediciones, los factores de ponderación y los métodos de cálculo del balance energético.

Como segunda etapa se consideran y evalúan las buenas prácticas y ejemplos reconocidos que han cumplido con esta directiva en contextos cálidos húmedos como el de Cuba o en hoteles. El consumo energético de una muestra de hoteles en La Habana es posteriormente caracterizado a partir de la información recopilada, con el fin de discutir la situación actual de estas edificaciones en relación con los referentes internacionales. Los casos son analizados fundamentalmente en tres aspectos determinantes en los consumos: el diseño pasivo de la edificación, los equipamientos y el uso de sistemas de generación a partir de FRE.

La tercera etapa consiste en discutir los resultados previos, identificando los problemas y potencialidades que hoy pudiera representar para Cuba establecer estándares similares a los definidos en la directiva europea.

### 3. Resultados

#### Enfoque de edificios de consumo energético casi nulo

Los edificios de consumo energético casi nulo (nZEB, según sus siglas en inglés) quedan regulados de acuerdo con las directivas nacionales o regionales que definen requisitos preestablecidos de las edificaciones, fundamentalmente de la envolvente, y metodologías para determinar el balance energético de los espacios. De forma general se calcula la cantidad de energía primaria consumida en un año, a la cual se le sustrae el monto de generación a partir de fuentes renovables de energía (FRE) en el mismo período y el resultado debe cumplir el rango establecido (kWh/m<sup>2</sup>/año) [D'Agostino, 2015]. Este valor puede variar entre países, por ejemplo, en la definición nZEB de Estonia, a un edificio residencial se le permite un máximo de energía primaria entre 50 y 100 kWh/m<sup>2</sup> (incluyendo electrodomésticos), mientras que en Rumanía rango admitido se encuentra entre 93 y 217 kWh/m<sup>2</sup> (sin considerar los electrodomésticos) [Ecofis..., 2015].

Esto también demuestra que la determinación de los sectores a considerar dentro del balance energético (consumo y generación) es uno de los requerimientos que también difieren en los distintos estados miembros de la Unión Europea (UE). La directiva energética establece la consideración obligatoria del consumo en calefacción, climatización, agua caliente y ventilación para los edificios residenciales, así como la iluminación para otros tipos de edificaciones [Ecofis..., 2015]. Sin embargo, en varias definiciones nacionales se asume también el consumo de los sistemas auxiliares (seguridad, contra-incendio, elevadores), así como se tienen en cuenta además los electrodomésticos en países como Austria, Estonia y Finlandia. Otros aspectos menos contemplados son la movilidad eléctrica y el sistema de tratamiento de agua de lluvia [Sartori *et al.*, 2012].

Las regulaciones europeas han estipulado también que cada país debe definir su propio indicador y el monto de la cobertura generada mediante FRE en los edificios, y cuánta energía es preferible proveerla mediante la red nacional, inclusive, a partir de fuentes renovables que se puedan explotar a nivel de país. Actualmente existen distintos parámetros que regulan el mínimo de su uso, e incluso algunos países como Francia o la región flamenca de Bélgica permiten distintas posibilidades en su cumplimiento [Groezinger, *et al.*, 2014] (Ver tabla 1).

Otros elementos que también varían en el balance energético son la métrica del balance<sup>1</sup>, los factores de ponderación y la normalización de los objetos analizados. Dentro de las métricas más utilizadas en las distintas metodologías se encuentran las emisiones de carbono, la energía final y la energía primaria<sup>2</sup>. Los factores de ponderación en el balance energético son utilizados para lograr la equivalencia entre los distintos portadores y para transformar la energía final en primaria. Algunos países como Suiza también utilizan estos valores para limitar el empleo de recursos naturales como la biomasa<sup>3</sup> [Ecofis..., 2015]. El rango de energía que determina cada país viene referido a una superficie construida determinada en un año (kWh/m<sup>2</sup>/año); sin embargo, son también diferentes las opciones que cada metodología utiliza para la normalización de las mediciones.

<sup>1</sup> La métrica del balance se refiere a la unidad de medida que permite evaluar a los edificios [Torcellini *et al.*, 2006].

<sup>2</sup> La diferencia entre estas últimas dos métricas radica en que la energía primaria ya tiene multiplicado un valor de ponderación que asume, entre otros elementos, las pérdidas por transformación energética, transportación, etc., mientras que la energía final es el valor de consumo sin considerar estas pérdidas energéticas.

<sup>3</sup> En este caso tiene un valor de ponderación bajo, con el fin de que se prefiera invertir en otras FRE con valores más altos de conversión.

Tabla 1. Principales indicadores de cubrimiento de FRE definidos por algunos países europeos [Groezinger, *et al.*, 2014]

Parámetro	Región o país	Indicadores asumidos
Cantidad de generación según el área del edificio y el tipo de FRE	Región flamenca de Bélgica	La cantidad varía según el tipo de FRE. Para los edificios residenciales tiene que ser $\geq 10$ kWh/m <sup>2</sup> de área útil/año
	Irlanda	10 kWh/m <sup>2</sup> /año (Agua caliente y calefacción) y 4 kWh/m <sup>2</sup> /año (Electricidad)
A partir de distintos escenarios y fórmulas	Rumanía	En cada plan nacional aparecen la fórmula y distintos parámetros a considerar como la forma y altura de los edificios
	Lituania	
A partir de un determinado porcentaje de cobertura	Bulgaria	15 %
	Chipre	25 % (energía primaria)
	Dinamarca	Entre 51 y 56 % (para el 2020)
	Alemania	Varía según el tipo de FRE (entre 15 y 50 %)
	Hungría	25 %
	Italia	50 % (del uso de la calefacción, climatización y agua caliente)
	Eslovaquia	50 %
Eslovenia	25 % (de la energía final usada)	
No cuenta con rangos establecidos	Región Capital de Bruselas en Bélgica	El requerimiento de empleo de las FRE no aparece recogido dentro de las definiciones nacionales, pero su uso está implícitamente requerido en los métodos de balance o debido a los bajos rangos de consumo de energía no convencional
	Dinamarca	
	Países Bajos	

Dentro de las utilizadas se encuentran el área de uso, el área neta y el área tratada (con calefacción o climatización). Otras metodologías también asumen como unidad los edificios y la cantidad de personas [Ecofis..., 2013].

El método para el cálculo del balance energético también es un elemento que difiere entre las distintas metodologías. Para Europa los tres tipos reconocidos según la ISO 13790 (2007) son el método mensual de estado casi estable (utilizado en Bélgica), el método simple de cálculo horario (utilizado en Francia y Finlandia) o métodos de simulación dinámica [Santos *et al.*, 2014]. Investigaciones previas que han abordado las diferencias entre algunos procedimientos [Carlier, 2016] han concluido que los resultados varían significativamente, debido a la cantidad de suposiciones en los valores que se definen y la metodología del balance, así como los elementos de la geometría del espacio que se asumen como variables para estimar el consumo energético.

Las diferencias entre estos elementos en los balances energéticos permiten reafirmar la diversidad y peculiaridad de opciones que existen actualmente para definir que un edificio cumple con la categoría de nZEB. También se confirma que no son factibles las comparaciones numéricas entre distintas alternativas, sin entender en profundidad las consideraciones y metodologías asumidas para definir el consumo y generación energética. Estas experiencias europeas permiten afirmar que el rango del consumo energético *casi nulo*, parte de valoraciones socio-económicas a nivel nacional al sopesar la necesidad de disminuir los consumos de los edificios, y las implicaciones socio-económicas y técnicas, así como el impacto medioambiental que ello implica.

### Estudio de casos. Hoteles y edificios en contexto tropical con un bajo consumo energético

El estudio de casos persigue caracterizar cuáles son los principales referentes internacionales de los edificios con bajo consumo energético, o casi nulo. Se consideraron aquellos ejemplos que fueran hoteles o que se ubicaran en contextos con climas similares al de Cuba.

En contextos cálidos y húmedos existen muy pocos ejemplos de nZEB. Importantes análisis de algunas de estas referencias lo constituyen los estudios liderados por François Garde y Donn [Garde y Donn, 2014; Garde *et al.*, 2014], en los cuales se evalúan distintas edificaciones clasificadas de acuerdo con el consumo energético principal en el acondicionamiento de los espacios: climatización, calefacción o ambas. La mayor parte de los ejemplos incluidos dentro del primer grupo cuentan con funciones similares como centros de educación, de investigación o de oficinas (Figs. 1 y 2). También es notorio que esos casos se encuentran en contextos abiertos o con muy pocas restricciones urbanas, lo que les otorga mayor libertad en cuanto al aprovechamiento de los recursos energéticos, pero también al uso de técnicas pasivas como la ventilación e iluminación natural. La demanda energética final ronda entre 15 y 70 kWh/m<sup>2</sup>\*año<sup>4</sup>, teniéndose en cuenta la

<sup>4</sup> Debido a los factores de ponderación, en la mayoría de los casos el consumo de energía primaria duplica al consumo de energía final, estando en un rango entre 50 y 220 kWh/m<sup>2</sup>\*año. Se asume el área neta como referencia de normalización.

iluminación y los equipamientos, además de los aspectos obligatorios señalados por las directivas europeas. El uso de la climatización se restringe a los locales técnicos como servidores o laboratorios, o a los espacios de uso común, solo en los períodos más calurosos del año. La mayoría de los espacios son ventilados de forma natural, aunque también se emplea como estrategia enfriar previamente el aire que entra al interior.

El estudio realizado por Garde *et al.* [2014] demuestra que en 100 % de los casos se utilizan técnicas pasivas como optimizar la forma del edificio, envolventes avanzadas y protección solar. También hacen un alto uso de la vegetación en la parcela, de la ventilación natural y de la protección contra el deslumbramiento. A partir del empleo de las fuentes renovables de energía (FRE) los casos analizados pueden cubrir completamente la demanda energética en un año. Los sistemas solares fotovoltaicos son los más empleados, aunque también se usan en casi 25 % los de otras FRE, como la solar térmica, las turbinas eólicas y las calderas de biomasa.

Los hoteles considerados, en su gran mayoría forman parte del proyecto internacional «Nearly Zero Energy Hotels», dirigido fundamentalmente a fomentar la remodelación de hoteles existentes de pequeñas y medianas empresas con vistas a mejorar su rendimiento energético [Tsoutos, *et al.*, 2018]. Cuentan con entre 20 y 520 habitaciones, además de tener servicios variados como restaurantes, cafeterías, piscinas, spa, gimnasio y salones de conferencias. El 40 % de los ejemplos se encuentran en contextos urbanos, aunque en su mayoría este no presenta restricciones por tratarse de tramas abiertas (Figs. 3 y 4).

El consumo de energía primaria promedio<sup>5</sup> es de 126 kWh/m<sup>2</sup>/año, mientras que a partir de FRE se logra generar como promedio 40 % de esa demanda [Tsoutos, *et al.*, 2018]. El estudio demostró, además, que las funciones de los hoteles no relacionadas con el alojamiento<sup>6</sup> pueden triplicar los consumos de aquellas en que sí están vinculados<sup>7</sup>, y por lo cual es recomendado, incluso, definir índices independientes para cada uno de estos sectores.

Dentro de las medidas adoptadas en los casos de estudio que permitieron mayores ahorros energéticos, se encuentra la inserción de FRE (lo que representa cerca de 40 % de ahorros), sistema de manejo de edificio (19 %) y medidas relacionadas con la eficiencia de los sistemas HVAC como los cambios en los equipamientos, mejoramiento de la envolvente y aislamiento de los conductos (18 %). Dentro de las FRE, los sistemas utilizados con mayor efectividad fueron la solar térmica, las bombas de calor geotérmica y la solar fotovoltaica [Tsoutos, *et al.*, 2018]. El tiempo promedio de recuperación de estas inversiones se estima en diez años.

<sup>5</sup> Para este consumo se asumió la calefacción o climatización, refrigeración, agua caliente sanitaria, ventilación, iluminación y equipamientos.

<sup>6</sup> Se consideran funciones de no alojamiento a gran parte de los servicios de los hoteles como cocina, lavandería, piscinas, spa, sauna y salones técnicos, entre otras.

<sup>7</sup> Según el estudio citado, dentro de las funciones de alojamiento se consideran todas las habitaciones de huéspedes, oficinas y áreas comunes como la recepción, los restaurantes, bares y salones de reuniones.



Fig. 1. Centro Educativo ENERPOS, Isla La Reunión. Edificio y esquema de principales soluciones [Franco, 2016].

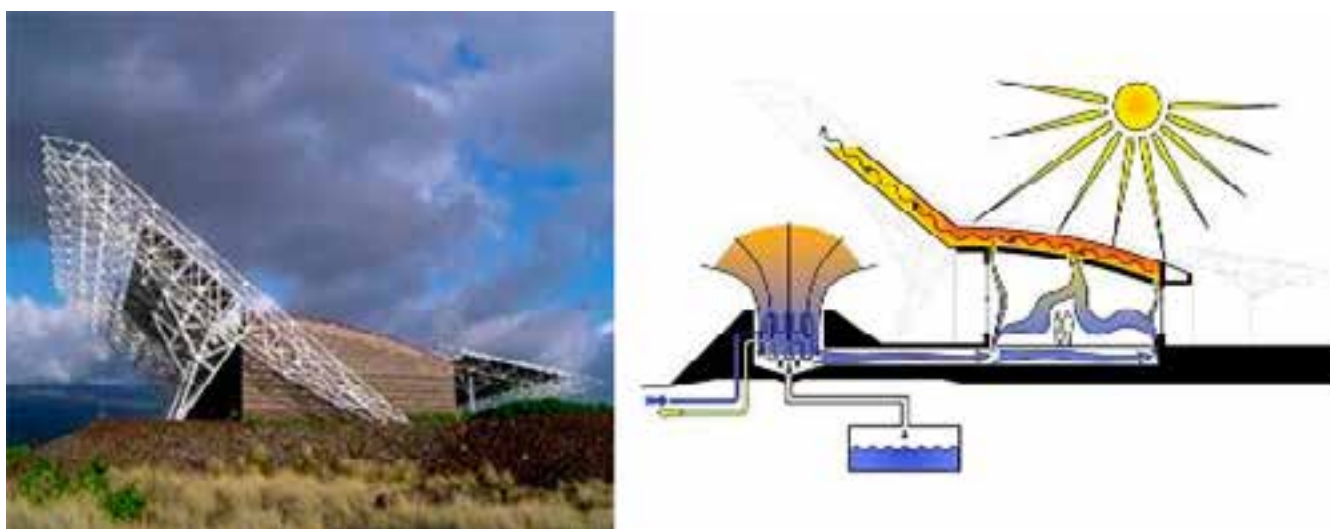


Fig. 2. Centro de Energía de Gateway, Hawaii. Edificio y esquema de ventilación natural mediante enfriamiento del aire exterior con aguas profundas [Hawaii, 2018].



Fig. 3. Hotel Arkadi, Grecia. Hotel de ciudad con 64 habitaciones que cubre 50 % de su energía mediante FRE (solar fotovoltaica y térmica).



Fig. 4. Hotel Ibsicos Garden Blue Star, Grecia. Hotel de ciudad con 324 camas que cubre 50 % de su energía mediante FRE (solar fotovoltaica y térmica).

Las medidas de ahorro energético por parte de los hoteles fueron asumidas a la par de otras para disminuir el impacto ambiental, que también influyen en el ahorro energético. Dentro de las más frecuentes se encuentran el ahorro y reciclaje de agua, el uso de materiales locales certificados y la promoción de una cultura ambientalmente más responsable en los huéspedes y trabajadores.

### Estudio de casos. Hoteles en La Habana

Se evaluaron 54 hoteles de diferentes tamaños y categorías hoteleras, ubicados en distintos contextos de la ciudad de La Habana (Ver Figs. 5-7). El periodo de análisis fue de 2013 a 2016, aunque no en todos los casos se pudo contar con la información completa del consumo de los portadores energéticos, las habitaciones días ocupadas o la superficie construida y climatizada.

Actualmente la gran mayoría de los hoteles registran con minuciosidad los consumos mensuales y(o) diarios de portadores energéticos y en algunos casos, incluso por horas del día. No se contó con valoraciones de los datos compilados que permitieran entender puntuales irregularidades ocasionadas por reparaciones, cambios de tecnologías u otros.

El cumplimiento energético actual se basa en los planes establecidos por cada cadena hotelera, que no tienen una valoración integral de los componentes que intervienen en el consumo, como los equipamientos, la forma del edificio, el volumen de climatización y su tipo, entre otros. La política actual no fomenta inversiones para mejorar eficiencia energética, y propicia en ocasiones asumir reducciones del consumo que atentan contra la correcta explotación del edificio. Los indicadores de eficiencia energética se correlacionan con las habitaciones días ocupadas. Dicho indicador ya ha sido criticado [Cabrera, *et al.*, 2003], debido a que no refleja la influencia de los consumos energéticos de los servicios, no tiene en cuenta las variaciones de volumen y área de las habitaciones, ni considera la influencia de la temperatura en la variación de los consumos mensuales.

Los portadores energéticos presentes en las edificaciones hoteleras son variados y se reflejan en la Tabla 2. Esta ponencia analiza solo el comportamiento del consumo electro-energético debido a la influencia que tiene el diseño de la edificación en dicho consumo.

Los portadores energéticos presentes en las edificaciones hoteleras son variados y se reflejan en la Tabla 2. Esta ponencia analiza solo el comportamiento del consumo electro-energético debido a la influencia que tiene el diseño de la edificación en dicho consumo.



Fig. 5. Hoteles analizados según la cantidad de habitaciones.

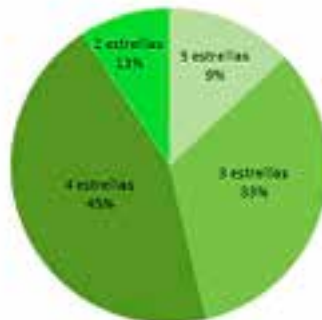


Fig. 6. Hoteles analizados según la categoría hotelera.



Fig. 7. Hoteles analizados según el municipio donde se ubican.

Tabla 2. Principales portadores energéticos y sus usos en los hoteles

Portadores energéticos	Principales usos de los mismos en los hoteles
Diésel	Calentamiento del agua y para la cocción con vapor a partir del uso de calderas. Generación de electricidad a partir del grupo electrógeno. Para el transporte náutico aquellos que lo comprendan dentro de sus servicios, para el transporte administrativo, transporte de carga y servicios, y el mantenimiento de las áreas verdes
Gasolina (especial, regular y(o) motor)	Transporte náutico, aquellos que lo comprendan dentro de sus servicios, para el transporte administrativo, transporte de carga y servicios y el mantenimiento de las áreas verdes
Petróleo combustible (fuel oil)	Generación de electricidad a partir del grupo electrógeno
Gas licuado del petróleo (GLP)	Calentamiento del agua y para la cocción con vapor a partir del uso de calderas o calentadores de gas
Gas manufacturado	Calentamiento del agua y para la cocción con vapor a partir del uso de calderas o calentadores de gas; también se puede utilizar para la cocción de alimentos
Agua	Todo consumo de agua en el edificio, para el uso en las habitaciones, en las cocinas y lavanderías, piscinas y aire centralizado
Electricidad	Alimenta esencialmente a todo el equipamiento eléctrico, la iluminación y el clima

El 54 % de los hoteles analizados (29 casos) han aumentado progresivamente el consumo de electricidad, fundamentalmente en los dos últimos años considerados (2015 y 2016). Esto puede estar condicionado al incremento del turismo en Cuba y en la capital en ese período. Otro factor determinante puede ser el deterioro paulatino de las instalaciones y los equipamientos.

El 30 % de los hoteles (16 casos) han tenido un comportamiento errático en el consumo de electricidad, sin poderse detectar una aparente tendencia a lo largo de los años estudiados. El 16 % de los hoteles (nueve casos) han disminuido su consumo energético en el período analizado. Solo en uno de estos se conoce sobre la aplicación de políticas para mejorar la eficiencia energética a partir del cambio de luminarias a tecnología LED. Otra causa probable de esta disminución en el consumo es el aumento de habitaciones fuera de orden o a reparaciones parciales en las edificaciones, como muestra la disminución de las Habitaciones Días Ocupadas.

Excepto cuatro hoteles, en los cuales los mayores consumos fueron principalmente en los meses invernales, la gran mayoría de los casos analizados (93 %) presentan los mayores consumos entre mayo a octubre, y particularmente julio y agosto son los que tienen en su mayoría los consumos más elevados. Este resultado coincide con estudios precedentes [Rueda, 2003], en los cuales se confirma que los mayores consumos en los hoteles vienen dados por la climatización, cuya demanda aumenta en los meses

con mayores temperaturas. (Ver Fig. 8) Al parecer, el incremento de las Habitaciones Días Ocupadas (HDO) no es más determinante que la temperatura, puesto que ambos mantienen una relación inversa (Ver fig. 9).

Los consumos totales anuales se encontraron en un rango entre 113 900 y 816 200 kWh para los hoteles con menos de 50 habitaciones, entre 207 300 y 1 354 200 kWh para aquellos con más de 50 y menos de 100 habitaciones, y entre 658 200 y 14 709 200 kWh en los hoteles con más de 100 habitaciones (Ver Figs. 10 y 11).

Los 20 hoteles más pequeños de la muestra no cuentan con los datos de HDO, por lo que no se incluyeron dentro del análisis de los indicadores de consumo. El rango de consumo basado en kWh /HDO ha sido definido por algunas cadenas hoteleras entre 14 y 60 kWh / HDO, según Cabrera Gorrín *et al.* (2003) [19]. El estudio realizado permite afirmar que 61 % de los hoteles con la información disponible sobrepasa el indicador mayor recomendado, y que todos exceden el valor mínimo<sup>8</sup>.

Los indicadores a partir de superficie no están establecidos en Cuba, de manera que no existe una norma que establezca sobre qué área se deben analizar los consumos. Tomando en cuenta el área construida total de diez de los edificios se puede afirmar que el promedio de consumo es de 230 kWh / m<sup>2</sup> / año en el periodo analizado. Sería ne-

<sup>8</sup> El análisis se basa en los valores mensuales de consumo electro-energético y de habitaciones días ocupadas en el período analizado.

cesario evaluar estos índices en otros casos de estudios y profundizar en otros rasgos propios de la arquitectura hotelera cubana, como los puntales y la cantidad de locales climatizados. No obstante, este estudio preliminar demuestra que los consumos actuales están muy por encima de los alcanzados en los estudios de casos de nZEB internacionales (Ver fig. 12).

Los principales problemas detectados en el diseño de las edificaciones analizadas derivan del poco uso de las técnicas reconocidas para el diseño en clima cálido y húmedo. Existe poco uso de la ventilación natural como parte de las técnicas de enfriamiento pasivo, evidenciándose ello en el diseño de los tipos de carpintería o en el cierre de espacios (como patios y galerías) originalmente

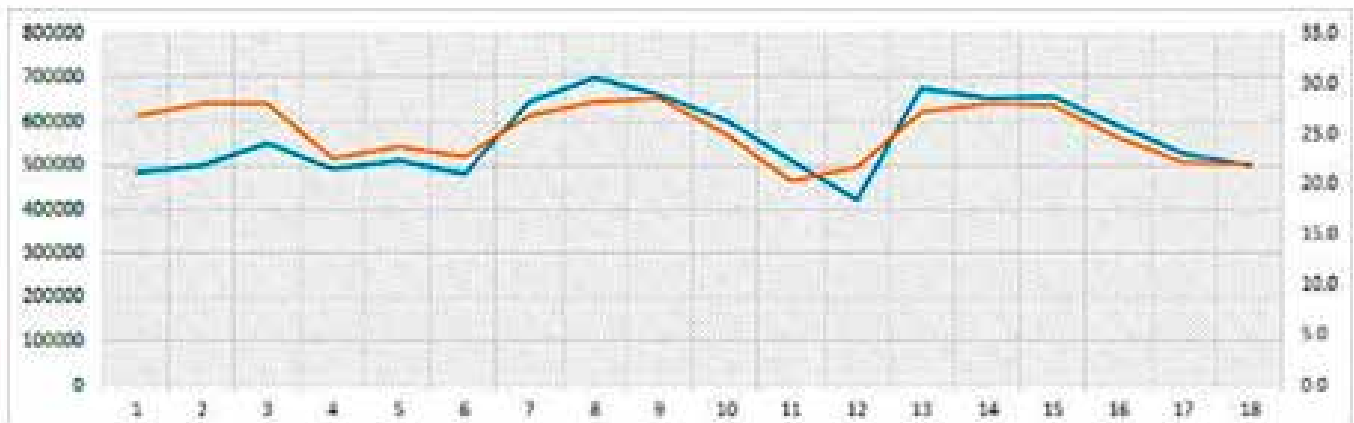
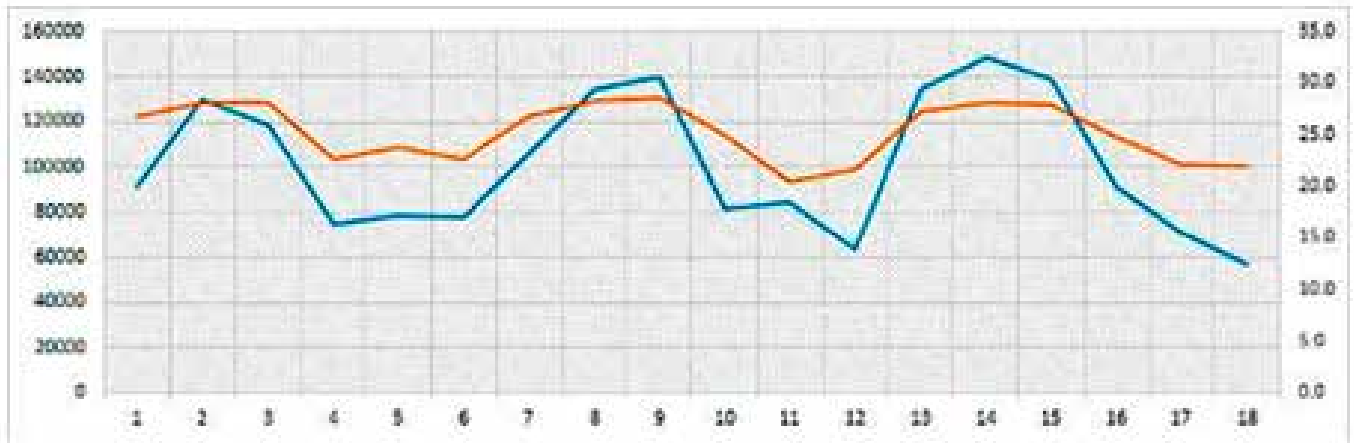


Fig. 8. Comportamiento del consumo electro-energético en kWh (azul) y la temperatura media (naranja) de dos casos de estudio.

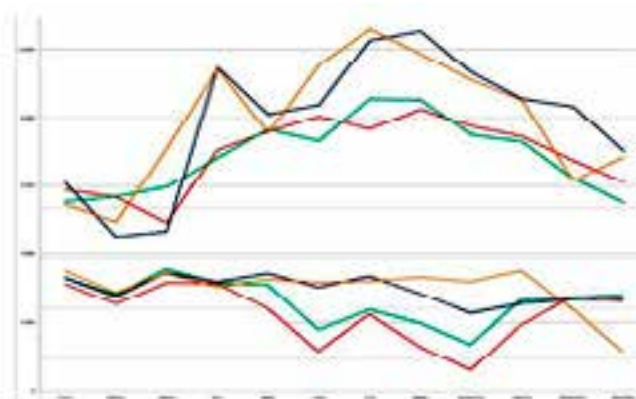


Fig. 9. Comportamiento del consumo electroenergético en kWh (superior) y las habitaciones días ocupadas (inferior) durante el 2013 (rojo), 2014 (verde), 2015 (azul) y 2016 (naranja) en un caso de estudio.

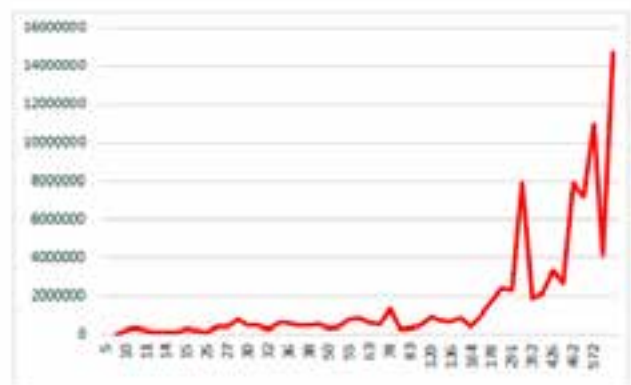


Fig. 10. Consumo medio anual (kWh) de la muestra de hoteles analizados.



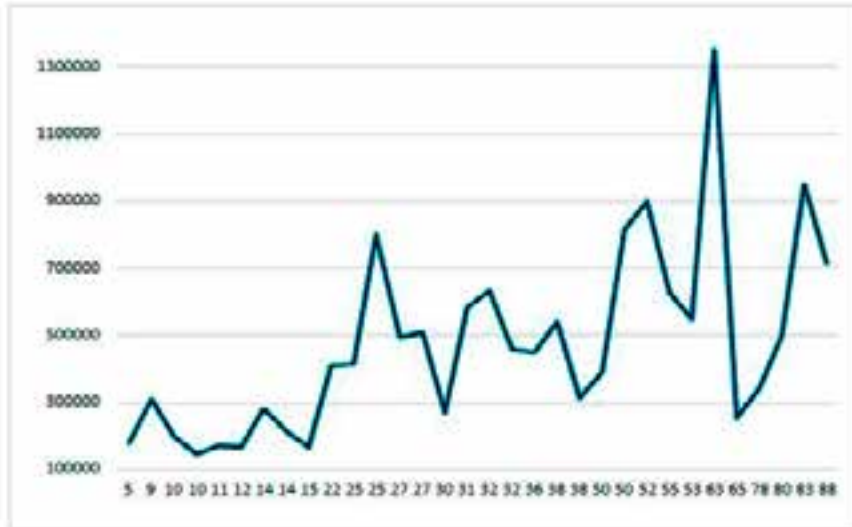


Fig. 11. Consumo medio anual (kWh) de los hoteles analizados con menos de 100 habitaciones.

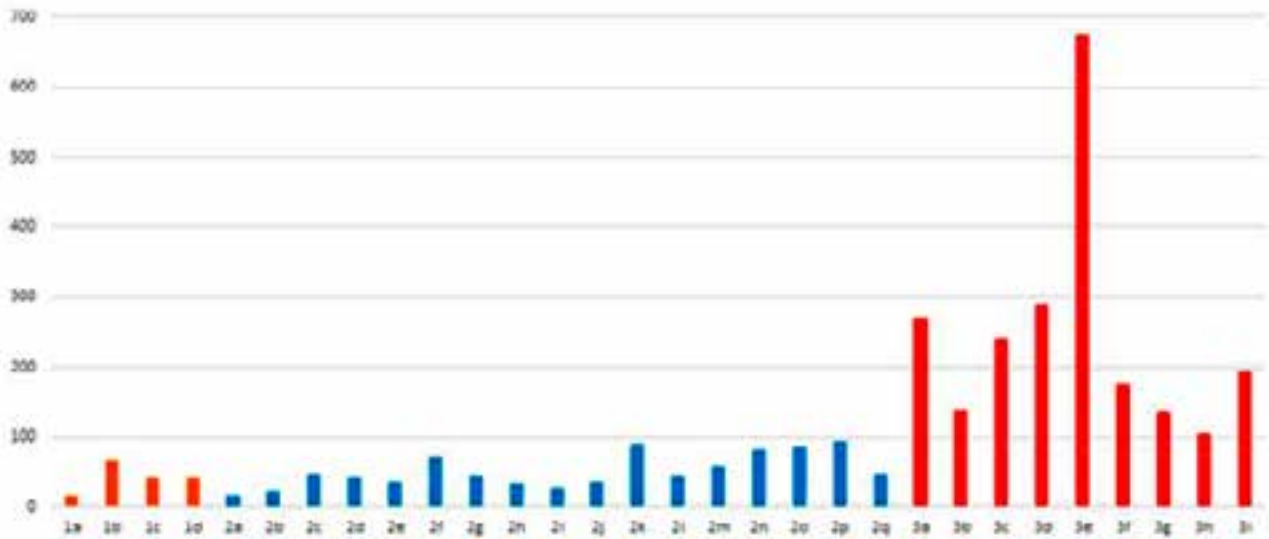


Fig. 12. Consumo de energía final según indicadores de kWh /m<sup>2</sup>/año en los casos analizados: nZEB clima cálido húmedo (naranja), hoteles europeos nZEB (azules) y hoteles cubanos (rojos). Se utilizó un factor de ponderación de 2,5 para convertir los datos de energía primaria final, en aquellos casos que no se contaba con este valor.

concebidos para estar en contacto directo o con una alta permeabilidad, con el exterior, unido a la poca protección contra la radiación solar, inclusive en vanos acristalados, espacios climatizados con altos puntales y superficies altamente expuestas al sol con poco aislamiento térmico, como las cubiertas.

Además de sus altos consumos, el uso de las FRE es casi nulo en los hoteles de ciudad en La Habana. Menos de 10 % utilizan estas tecnologías, fundamentalmente restringida a los sistemas de cogeneración a partir del aprovechamiento de los equipos centralizados de climatización para el uso de agua caliente.

#### 4. Discusión

##### Potencialidades y restricciones para aplicar el enfoque de nZEB en hoteles en Cuba

A pesar de las aspiraciones nacionales de disminuir el consumo de energía convencional, en Cuba todavía no se

ha planteado una estrategia para reducir el consumo y generar energía en las edificaciones. La principal limitante para asumir la meta de «edificios de consumo energético casi nulo» en el contexto nacional, sería la ausencia de definiciones nacionales con respecto al rango de consumo de las edificaciones y cuánta energía proveniente de fuentes renovables estas deben generar. Si bien no fue un objetivo de este trabajo analizar las normativas actuales de eficiencia energética y su aplicación en los hoteles, el dato de consumo de las edificaciones demuestra que están muy por encima del rango de lo que se consideran como edificios altamente eficientes en condiciones parcialmente similares a los casos cubanos (según la función o el clima).

Las potencialidades y restricciones que se presentan son, por tanto, los principales elementos a considerar para futuras discusiones acerca de la aplicación de este enfoque en el país.

## Potencialidades

- En Cuba, el marco legislativo y normativo se encuentra en proceso de discusión en diferentes sectores con el fin de incentivar el uso de la FRE en las edificaciones, mejorar las normativas de eficiencia energética y controlar los proyectos que se están construyendo. Actualmente se considera que es el momento clave para definir metas superiores en el uso energético en las edificaciones, como pudiera ser establecer una directiva nacional de «edificios de consumo energético casi nulo».
- La Universidad ha sido reconocida a nivel nacional, como el recurso para fomentar la investigación e innovación en los sectores empresariales y de producción. A partir de proyectos internacionales, próximamente se contará con equipamientos que permitirán realizar evaluaciones más integrales del impacto energético de las edificaciones.
- Los hoteles han constituido y son en Cuba un referente en la construcción, inclusive en aquella popular. Utilizar estas edificaciones como ejemplos positivos de bajo impacto ambiental puede constituir una herramienta clave para su difusión y aplicación en otros sectores de la construcción.
- Se ha demostrado que los consumos en funciones no relacionadas directamente con el alojamiento pueden triplicar el de las edificaciones hoteleras. Los hoteles en contextos urbanos, fundamentalmente aquellos céntricos, pueden aprovechar la infraestructura de servicio propia de la ciudad para disminuir la carga energética de la instalación. Esto es factible, además, por contar con mercados como el turismo cultural que disfruta de la ciudad, de manera que solo necesita habitaciones para dormir. Esta podría ser adicionalmente una estrategia para potenciar la economía urbana.
- Se ha demostrado que la inversión para mejorar la eficiencia energética en los hoteles, y para insertar tecnologías de generación a partir de fuentes renovables de energía en casos internacionales, ha logrado disminuir los costos energéticos de la instalación y ofrecer un período de recuperación de la inversión alentador para los explotadores. También el positivo impacto ambiental ha sido una estrategia de marketing eficaz para un nuevo mercado internacional.
- El clima en La Habana permite disminuir los consumos por climatización si se aprovechan recursos pasivos como la ventilación natural, sin afectar el contexto y la imagen urbana.
- Los principales sistemas de generación a partir de FRE que han demostrado tener mayores impactos en el consumo de energía convencional, como la solar térmica y la solar fotovoltaica son factibles de aplicar en Cuba por los altos índices de radiación solar. El empleo de pequeñas turbinas eólicas pudiera representar un ahorro energético importante, fundamentalmente en la zona costera de La Habana, donde existen los mayores potenciales de viento según el mapa eólico de la Isla. Otras estrategias de cambio de equipamientos son igualmente aplicables en el contexto nacional, y ya han demostrado propiciar eficaces ahorros como el paso a la tecnología LED.

## Restricciones

- Las condiciones en el contexto nacional todavía no son suficientes para fomentar mejores acciones de eficiencia energética en las edificaciones. Se necesitan nuevas regulaciones y mecanismos financieros, así como una mayor comprensión de la problemática energética para transitar de los análisis de nivel de país hacia la escala local y de forma más integral.
- La mayoría de los ejemplos analizados como nZEB son edificaciones de baja altura en terrenos amplios con pocas restricciones urbanas, lo que permite un uso más extensivo de las FRE. Para el caso de los hoteles de ciudad en La Habana, en los cuales la mayoría de los edificios cuentan con un coeficiente de uso de suelo mayor que los casos analizados, será necesario que se realice un uso más intensivo de las FRE, lo que puede condicionar la necesidad de tecnologías más eficientes y, por tanto, más costosas.
- La infraestructura tecnológica del país todavía no está suficientemente desarrollada lo cual, sumado a las restricciones comerciales debido al bloqueo de Estados Unidos, generan una desventajosa dependencia de tecnologías foráneas. Incluir tecnologías sobre FRE y de eficiencia energética con tecnologías foránea, podría generar mayores gastos energéticos en los análisis de ciclo de vida que deberían ser considerados.

## 5. Conclusiones

Establecer una regulación sobre los «edificios de consumo energético casi nulo» debe ser el próximo paso para integrar las soluciones relativas a la eficiencia energética de las edificaciones en Cuba.

Las condiciones culturales, climáticas y tecnológicas específicas requieren de la redefinición para el contexto nacional de una directiva que ha sido concebida por y para el Bloque Europeo. Dentro de los elementos claves que se deben precisar para el caso de Cuba, y luego profundizar específicamente para los hoteles, se encuentran el rango admitido de consumo por tipo de edificación, los sectores energéticos que se deben considerar, los tipos e indicadores para medir el impacto de la generación por fuentes renovables de energía, la métrica del balance y la metodología de cálculo.

Los casos internacionales analizados y discutidos como nZEB en clima cálido húmedo utilizan como primer recurso para disminuir los consumos energéticos la reducción del uso de la climatización y la optimización del diseño pasivo. Esto implica, fundamentalmente, la protección contra la radiación solar, permitiendo emplear la ventilación natural previamente filtrada, o enfriada en la medida de lo posible. El uso de FRE en estos ejemplos permite cubrir 100 % de la demanda, aunque se trata de edificios que han sido construidos como ejemplos paradigmáticos, por lo cual no todas las soluciones podrían ser económicamente viables para replicar en otras edificaciones con clima similares.

Los hoteles clasificados por nZEB que han sido estudiados demuestran que es posible transformar edificios ya construidos para cumplir altos estándares energéticos a partir de inversiones en la envolvente del edificio, cambios

de equipamientos y la inserción de FRE. Estas experiencias recomiendan además establecer indicadores diferenciados para el sistema de alojamiento y para el resto de las funciones.

Los hoteles analizados en La Habana muestran que la política actual de eficiencia energética no es suficiente para alcanzar mejores resultados en los próximos años. Los índices utilizados no responden a las principales causas del consumo, así como no existe todavía una voluntad de incluir, como parte de las acciones de ahorro energético, equipamientos para generar energía mediante fuentes renovables. Los consumos energéticos actuales en kWh/m<sup>2</sup>/año están alejados de los referentes internacionales, por lo que resulta necesario tomar acciones lo antes posible.

La discusión de las potencialidades *versus* las restricciones actuales demuestra que es factible aplicar las medidas de «edificios de consumo energético casi nulo» en las edificaciones cubanas.

### Reconocimientos

Este proyecto ha recibido financiación del proyecto VLIR-UOS (CU2017TEA435A103) para el desarrollo de la investigación. Los autores desean agradecer al apoyo de la Universidad de Ghent, especialmente del grupo de investigación «Building Physics, Construction and Services». También se reconoce la contribución realizada por los estudiantes de 5to año 2016 – 2017, que realizaron trabajos docentes bajo la tutoría de los autores.

### Referencias bibliográficas

- «Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y de su Consejo, de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios». Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 2003.
- «Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y de su Consejo, de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)». Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 2010.
- «Hawaii Gateway Energy Center». n.d. The American Institute of Architects [Consulta: julio 2018]. Disponible en Web: <http://www.aiatopten.org/node/142>
- CABRERA GORRÍN, OSMEL (2016). *Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano*. [en línea] [Consulta: marzo 2016] Disponible en web: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- CABRERA GORRÍN, OSMEL, ET AL. (2003). «Indicadores de Eficiencia Energética En Hoteles Turísticos en Cuba». En *Eco Solar 6*. La Habana: Ed. Cubasolar.
- CARLIER, MARGAUX (2016). «Nearly zero-energy building definitions in selected countries». Supervisores: Kurnitski, Ahmed, Ampe y Tetaert. Tesis de maestría. Universidad de Gante.
- D'AGOSTINO, DELIA (2015). «Assessment of the Progress towards the Establishment of Definitions of Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs) in European Member States». *Journal of Building Engineering*, 2015, pp. 20-32.
- ECOFIS REPORT (2013). «Towards nearly zero energy buildings. Definition of common principles under the EPBD. Final report». 2013. [Consulta: febrero 2017]. Disponible en Web: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb\\_full\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_full_report.pdf)
- ECOFIS REPORT (2017). «Nearly zero energy buildings definitions across Europe». 2015. [Consulta: octubre 2017]. Disponible en Web: [http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/128/BPIE\\_factsheet\\_nZEB\\_definitions\\_across\\_Europe](http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/128/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe)
- FRANCO, MAXIMILIEN, ET AL. (2006) «Environmental design and performance of the ENERPOS building, Reunion island, France». [Consulta: diciembre 2017]. Disponible en Web: <http://task40.iea-shc.org/data/sites/1/publications/DC-TP12-Garde-2011-06.pdf>
- GARDE, FRANÇOIS ET AL. (2014). «Design of Net Zero Energy Buildings: Feedback from International Projects». *Energy Procedia*, 2014, vol 61, pp. 995-998.
- GARDE, FRANÇOIS, Y MICHAEL DONN (2014). «Solution Sets and Net Zero Energy Buildings. A Review of 30 Net ZEBs Case Studies Worldwide». IEA Task 40/Annex 52. Towards Net Zero Energy Solar Buildings. International Energy Agency.
- GROEZINGER, ET AL. (2014). «Overview of Member States information on NZEBs Working version of the progress report - final report». ECOFYS. 2014.
- IEA (2017). *IEA Energy Atlas* [en línea]. s. d. [Consulta: octubre 2017]. Disponible en Web: <https://www.iea.org/statistics/ieaenergyatlas>
- RUEDA GUZMÁN, LUIS ALBERTO (2003). «Influencia del diseño en la carga térmica y el consumo de energía en habitaciones de hoteles con destino sol y playa en Cuba». Tutor: Dania González Couret. Tesis de doctorado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de La Habana.
- SANTOS, P., R; MARTINS, H. GERVÁSIO, Y DA SILVA L. SIMÕES (2014). «Assessment of Building Operational Energy at Early Stages of Design – A Monthly Quasi-Steady-State Approach». *Energy and Buildings*, Agosto 2014, vol. 79, pp. 58-73.
- SARTORI, IGOR; NAPOLITANO ASSUNTA; VOSS, KARSTEN (2012). «Net zero energy buildings: A consistent definition framework». *Energy and Buildings*, 2012, Vol 48, num. 13, pp. 220-232.
- SIER (2017). *Matriz de electricidad*. [en línea]. s. d. [Consulta: octubre 2017]. Disponible en Web: <http://sier.olade.org/consultas/tablero-matriz-electricidad.aspx?or=549&ss=2&v=3>
- TORCELLINI, P., S. PLESS Y M. DERU (2006). «Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition». *ACEEE Summer Study Pacific Grove*, 2006 [Consulta: agosto 2017]. Disponible en Web: <http://www.osti.gov/bridge>. 2006.
- TSOUTOS, ET AL. (2018) n.d. «Nearly Zero Energy Hotels in Europe. Glasgow Projects and Tools for Hoteliers». [Consulta: julio 2018]. Disponible en Web: [www.nezeh.eu](http://www.nezeh.eu)