

Juan Gallostra Isern (jgallostra@jgingenieros.es)
Ingeniero Industrial
JG Ingenieros – Presidente

La hoja de ruta hacia el hospital “carbón neutral”

En el año 2019, la Unión Europea, siguiendo el acuerdo de París, firma el European Green Deal, por el que Europa se compromete a ser un continente “carbón neutral” en el año 2050. Cualquier actividad que se desarrolle en cualquier país de la UE deberá ser neutra en emisiones de CO2, también la construcción y operación de edificios, incluyendo los hospitalarios. Este artículo propone una estrategia para llegar hacia este objetivo realmente muy ambicioso.

Introducción

El diseño de hospitales está en continua evolución, para adaptarse a los nuevos requerimientos de pacientes, profesionales y sistemas de salud. Podemos identificar algunas tendencias claras en cuatro niveles diferentes:

En cuanto a la propia organización de éstos, la tendencia más evidente es la del aumento de la actividad ambulatoria y reducción por tanto de unidades de hospitalización. Tratamientos e intervenciones que requerían hace unos años de una semana o diez días de estancia hospitalaria se resuelven ahora con dos o tres días de postoperatorio en el hospital.

Sobre el propio diseño de las unidades de hospitalización la tendencia es hacia la ejecución de habitaciones más “hoteles”, buscando un mayor confort, tanto en materiales como en la calidad ambiental interior (iluminación, confort térmico y acústico).

En un tercer nivel estaría el incremento de la seguridad operativa de los hospitales, buscando la seguridad de ocupantes y equipos. A la tradicional redundancia de sistemas energéticos se suma ahora la imprescindible redundancia en los sistemas de gestión de datos clínicos y de gestión.

Finalmente, continúa la búsqueda de una mayor eficiencia y productividad en la operativa del hospital: eficiencia energética, incorporación

decidida de tecnología de gestión (lo que entendemos como el “smart hospital”) y reconocimiento de la sostenibilidad ambiental de los edificios (mediante diferentes certificaciones ambientales) son elementos muy presentes hoy en todo proceso de diseño de edificios hospitalarios (figura 1).

Este artículo se centra en la última de estas tendencias, la de la eficiencia, proponiendo una estrategia para llegar hacia un objetivo realmente muy ambicioso: el diseño, construcción y operación de hospitales “carbón neutral”: hospitales cuya construcción, operación y futura deconstrucción no genera gases de efecto invernadero, medidos en unidades de CO2.

Contexto

En el año 2015 se alcanza el acuerdo de París de la ONU, por el que fija el objetivo de limitar el calentamiento global del

planeta, debido a las actividades humanas, a +1,5°C en este siglo XXI.

La causa principal del calentamiento global del planeta, aunque no la única, es la liberación a la atmósfera de los “gases efecto invernadero”, que reducen la disipación de la radiación infrarroja de la tierra de vuelta al espacio. El principal gas con este efecto, por su abundancia, es el CO2, aunque no es el único. Otros gases con este impacto son el metano, el ozono, el óxido nitroso y hasta el vapor de agua.

En el año 2019, la Unión Europea, siguiendo el acuerdo de París, firma el European Green Deal, por el que Europa se compromete a ser un continente “carbón neutral” en el año 2050. Aunque estos dos últimos dos años de pandemia del Covid han puesto este objetivo en segundo plano, la voluntad de la UE es firme, y este compromiso se traducirá



Figura 1. Tendencias actuales en diseño hospitalario.

pronto en futuras normativas transversales orientadas a conseguir este objetivo:

– *Renewable energy directive*: El 40% energía de UE deberá ser renovable en 2030.

– *Energy efficiency directive*: Se duplicarán las obligaciones de ahorro energético actuales.

La aplicación de los fondos Next Generation tiene muy en cuenta, como es sabido, este objetivo de transformación energética. Y, por ejemplo, se pretende también que el sector público renueve anualmente el 3% de su portfolio inmobiliario hacia edificios “carbón neutral”, actuando como tractores de toda la industria de la construcción.

El reto es mayúsculo. Para ilustrarlo, basta ver algunos objetivos intermedios: pretendemos que en 2030 las emisiones de CO2 europeas sean el 45% de las que eran en 1990. En los primeros treinta años de este periodo (1990–2020), sólo hemos conseguido reducir nuestras emisiones un 25%. Nos quedan por lo tanto sólo diez años para reducir un 30% adicional (figura 2).

Esta muy exigente estrategia europea se acabará transponiendo, más pronto que tarde, en diferentes normativas nacionales. Se trata entonces de plantear una hoja de ruta para, en el sector, hospitalario, alcanzar también este objetivo.

Caracterización energética de los hospitales

Los hospitales son, es bien sabido, grandes consumidores de energía y, por lo tanto y en la medida que esta energía provenga en cierta medida de combustibles fósiles, generadores de CO2.

Conviene distinguir entre el concepto de “net zero energy building” y “carbon neutral building”:

Net Zero energy Building es aquel que mantiene un balance neto cero de energía (y por tanto de CO2) en la fase de operación del edificio. Dicho de otro modo, en un periodo que normalmente se fija en un año, el edificio “net zero” produce (mediante energía renovable) la misma cantidad de energía que consume en ese año.

Un edificio neutro en carbono es aquel que mantiene un balance neto cero de CO2 en todo el ciclo de vida del edificio: considerando el CO2 liberado en su

construcción, operación y deconstrucción. Es evidente que este es un objetivo bastante más ambicioso que el de un edificio “net zero”.

Podemos caracterizar los consumos energéticos (o producción de CO2) en base a los siguientes parámetros:

– En un edificio “standard”, el 66% del CO2 liberado lo sería en la fase de operación, y el 33% restante en las etapas de construcción y deconstrucción.

– En la fase de operación de un hospital, el 66% del CO2 liberado sería debido al mantenimiento del confort ambiental interior del edificio, y el 33% restante debido al funcionamiento de los equipos de electromedicina.

– Del consumo energético debido al confort ambiental, un 70% se destina a la climatización y un 30% a la iluminación.

– Finalmente, del consumo energético destinado a climatizar el hospital, un 38% se destina a combatir las pérdidas y ganancias de calor por la envolvente del hospital, un 37% al tratamiento del aire de renovación y un 25% a combatir el calor disipado por las cargas internas del hospital (ocupación, iluminación y equipos).

Aunque no es fácil obtener datos concretos de consumos energéticos, en un estudio reciente que hemos desarrollado hemos llegado a los siguientes, como valores promedio para un hospital de tamaño medio (20.000 m2), en la zona mediterránea de España (en Barcelona):

Un consumo anual agregado de 320 kWh/m2, que se divide entre 120 kWh/m2 térmico (considerando la generación de calor para calefacción y agua caliente sanitaria con gas natural y/o gas-oil) y 200 kWh/m2 eléctrico (que incluye

la energía eléctrica necesaria para las plantas enfriadoras de climatización).

Estrategia a seguir

Para avanzar en el camino hacia el hospital “carbón neutral” proponemos una estrategia ordenada en tres etapas:

1. Optimizar la demanda: reducción máxima de la demanda energética del edificio. Se trata de optimizar el diseño de la envolvente, de maximizar las estrategias de enfriamiento natural (“free cooling”) y de iluminación natural de espacios interiores.

2. Optimizar el consumo: diseño de sistemas técnicos altamente eficientes para satisfacer esa demanda.

Una vez optimizada la demanda energética debemos proyectar los diferentes sistemas buscando su máxima eficiencia, y esto afecta tanto a los equipos de producción de energía como a su distribución hasta los diferentes puntos de consumo, así como a la gestión del conjunto.

El conjunto de medidas que conviene adoptar es elevado, y su presentación excede los límites de este artículo, pero se pueden apuntar algunas estrategias generales:

- Centrales de producción con múltiples equipos.
- Equipos de producción y de distribución de alta eficiencia energética.
- Recuperación de calor en todos los niveles.
- Utilización de sistemas de acondicionamiento a baja temperatura, que permitan maximizar el uso de sistemas de recuperación de calor.

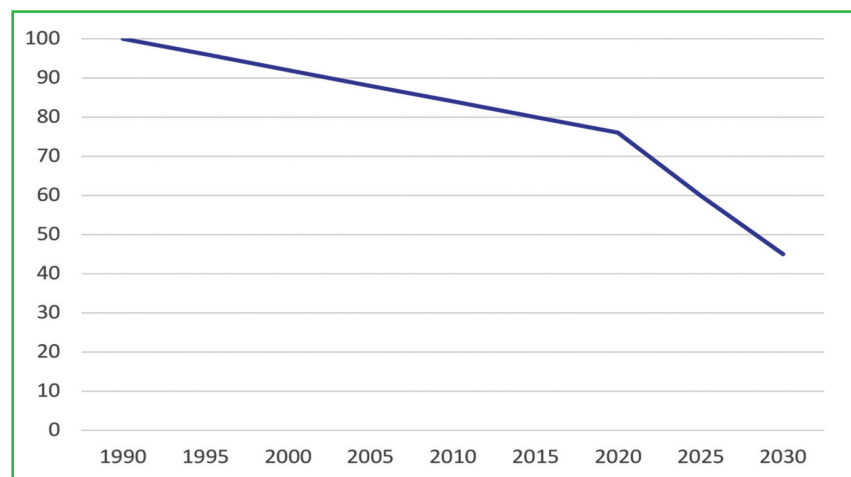


Figura 2. Objetivo % Emisiones CO2 – UE.

Eficiencia energética – Carbón neutral hospital

- Redes de distribución dimensionadas a bajas velocidades y presiones.
- Caudales de distribución variables.
- Ubicación de equipos de producción y ventilación próximos a los puntos de consumo.
- Confort ambiental ligado a la ocupación de los espacios.
- Sistemas de gestión anticipativos: *smart hospital*.

3. Producción renovable: finalmente, se trata de generar la energía necesaria para el hospital mediante fuentes renovables.

Aquí la energía fotovoltaica tiene lógicamente un papel principal, aunque en un edificio consumidor de mucha energía térmica como es el hospital, conviene hacer jugar también, por ejemplo, la biomasa, o el hidrógeno como futuro combustible (figura 3).

Aplicación al caso hospitalario

La estrategia antes apuntada debe aplicarse a la tipología hospitalaria. Se trata de reducir al máximo la demanda y el consumo energético (tanto asociados al confort como a los equipos) y entonces ser capaces de producir la energía necesaria con fuentes renovables.

En la figura 4 se plantea esta estrategia: Los 320 kWh/m² antes comentados se pueden dividir en 240 para confort y 80 para equipos, y el objetivo sería reducir estos valores a 130 y 60 respectivamente, dejando el consumo agregado anual en 190 kWh/m² (un 60% del valor actual).

Debemos entonces plantear la necesaria producción de energía renovable para llegar a estos 190 kWh/m²-año. Nuestra propuesta consiste en generar el 50% mediante producción de energía eléctrica fotovoltaica (para confort ambiental y equipos médicos) y el 50% mediante producción de energía térmica por biomasa (para confort: calefacción, refrigeración por absorción y agua caliente necesaria) o, en un futuro próximo, con hidrógeno “verde”.

La producción anual promedio en España de placas fotovoltaicas colocadas en posición horizontal es de unos 310 kWh por m² de placa. Si queremos producir 95 kWh/m² necesitaremos 1 m² de placa fotovoltaica por cada 3 m² de edificio. Para un hospital de 20.000 m² resultan unos 6.600 m² de placas fotovoltaicas. Para los 95 kWh/m² de energía térmica estima-

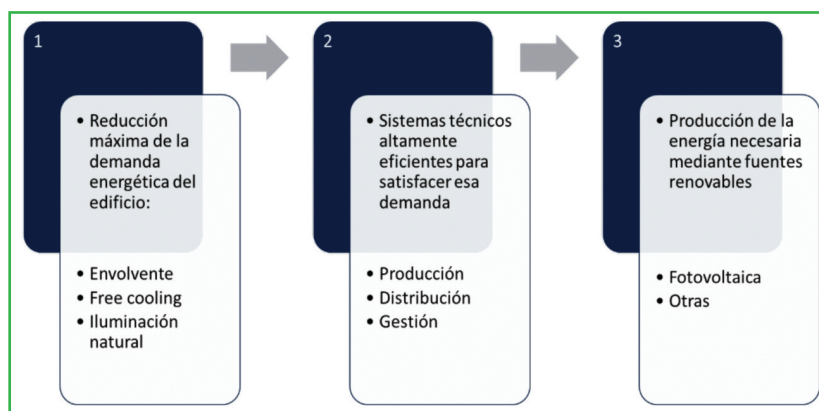


Figura 3. Estrategia general para el diseño de un edificio NZEB.

mos una producción de calor aplicada en las 8.760 horas anuales con una variación punta–valle de 3 a 1, resultando en una potencia instalada de biomasa de unos 33 kW por cada 1.000 m² de edificio. Para un hospital de 20.000 m² resulta una central de unos 660 kW.

Tanto para la producción de energía fotovoltaica como para la térmica con biomasa será necesario dimensionar los equipos de acumulación que permitan gestionar las variaciones diarias y estacionales de consumo del hospital.

La hoja de ruta hacia el hospital “carbón neutral”

Finalmente, conseguido el ambicioso objetivo de operar un hospital “net zero”, podemos cuantificar las necesidades para llegar al hospital neutro en carbono:

Suponiendo 50 años de vida del hospital, y un factor de conversión promedio (entre electricidad y gas natural) de 0,22 kg de CO₂ por kWh generado, podemos

estimar el CO₂ liberado en toda la vida del hospital como:

$$320 \text{ kWh/m}^2\text{-año} \times 50 \text{ años} \times 0,22 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 3.500 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2.$$

Entonces, el CO₂ emitido en construcción y deconstrucción sería: 3.500 x 50% = 1.750 kg CO₂/m².

Para compensar el CO₂ embebido (liberado en la construcción más deconstrucción) habrá que pasar de un Net Zero Energy hospital a un hospital con energía positiva, generando durante los cincuenta años de vida del mismo un excedente de energía renovable que compense el CO₂ embebido. Hemos de generar con energía renovable un excedente de: 1.750 x 4,5 kWh/kg CO₂ / 50 años = 160 kWh/m².

Esta producción adicional significa aumentar la energía renovable generada en un 85%. Aunque estamos todavía muy lejos de poder producir este nivel de energía in-situ, éste debería ser el camino a seguir.

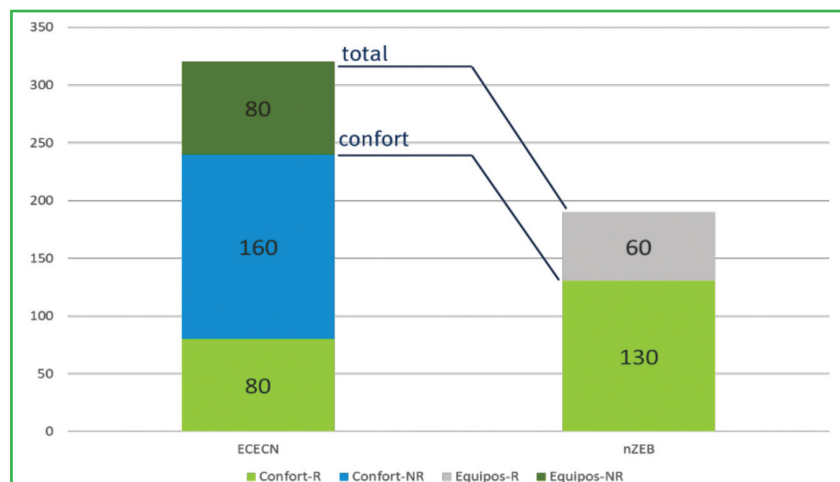


Figura 4. kWh/m² año.