

Comportamiento térmico y balance energético neto de un edificio de oficina de Mendoza con tendencia hacia la energía casi nula (nZEB)

Thermal performance and net energy balance of an office building in Mendoza with a trend towards nearly zero energy (nZEB)

Resumen

Los edificios energía casi nula (nearly Zero Energy Building - nZEB) surgen como estrategia de mitigación ante el cambio climático en el sector edilicio. Los requerimientos de energía primaria varían desde 25 kWh/m²/año a 120 kWh/m²/año, para climatización, agua caliente sanitaria, y sistemas auxiliares. Se realizó el monitoreo térmico y energético de un edificio de oficinas ubicado en el parque de desarrollo tecnológico (Polo TIC) de Godoy Cruz, Mendoza, Argentina (32° 93' S y 68°50' O, elevación de 750 m.s.n.m), clima templado árido frío (Bwk). El objetivo de este trabajo es diagnosticar el comportamiento térmico de un edificio de oficinas de bajo consumo y el balance energético neto para alcanzar energía casi nula (nZEB) en la región. Se estudiaron dos áreas del 2° piso, planta libre y oficina tipo box, el resultado fue 116 kWh/m²/año, favorable para disminuir el consumo energético y potenciar el aprovechamiento de energías limpias.

Palabras clave: Edificios Energía Casi Nula, Eficiencia Energética, Arquitectura Sustentable

Abstract

Nearly Zero Energy Buildings (nZEB) are emerging as a climate change mitigation strategy in the building sector. Primary energy requirements vary from 25 kWh/m²/year to 120 kWh/m²/year for air conditioning, domestic hot water and auxiliary systems. Thermal and energy monitoring of an office building located in the technological development park (Polo TIC) of Godoy Cruz, Mendoza, Argentina (32° 93' S and 68°50' W, elevation 750 m.a.s.l.), cold arid temperate climate (Bwk) was carried out. The objective of this work is to diagnose the thermal performance of a low energy office building and the net energy balance to achieve near zero energy (nZEB) in the region. Two areas of the 2nd floor, open plan and box office, were studied, the result was 116 kWh/m²/year, favourable to reduce energy consumption and enhance the use of clean energy.

Keywords: Nearly Zero, Energy Buildings, Energy Efficiency, Sustainable Architecture

D'Amanz Micaela

mdamanzo@mendoza-conicet.gob.ar
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), Argentina

Ganem Karlen Carolina

mdamanzo@mendoza-conicet.gob.ar
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), Argentina

Mercado María Victoria

mdamanzo@mendoza-conicet.gob.ar
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), Argentina

Recibido: 02/09/2022

Aceptado: 27/10/2022

Introducción

El Cambio Climático desafía a tomar medidas de adaptación y mitigación en las construcciones. Estudios muestran que es posible reducir un 40% las emisiones del sector con las tecnologías disponibles en el mercado ([United Nations Environment Programme - UNEP, 2009](#)). Las estrategias de mitigación se centran en el balance energético, el confort térmico y la interacción con las redes ([Chai et al., 2019](#)). Su integración al ambiente construido, ya sea mediante edificios de planta nueva o rehabilitación de existentes, logrará una mayor calidad energética y ambiental en las construcciones y respuesta ante la necesidad de crear ciudades resilientes que trae aparejado el CC ya que éste solicita de conductas más autosuficientes en el uso de los recursos ([Calvente M., 2007](#)).

Los edificios energía casi nula (nearly Zero Energy Building - nZEB) proponen a partir de la sustentabilidad mitigar el impacto del CC en el sector edilicio. Los requerimientos de energía primaria varían desde 25 kWh/m²/año a 120 kWh/m²/año, según las directivas de la Comunidad Europea ([Comisión Europea, 2010](#)) y se propone renovar el parque edilicio en energía positiva, edificios que produzcan más energía de la que consumen. En países desarrollados se establece en los códigos de edificación un estándar nZEB para edificios no residenciales de 70 kWh/m²/año para calefacción, agua caliente sanitaria, refrigeración y sistemas auxiliares ([Piderit, Vivanco, van Moeseke, & Attia, 2019](#)). Según Cao, Dai y Liu, ([2016](#)), las tecnologías involucradas para el logro de los nZEB son: Tecnologías pasivas y de conservación de la energía; Eficiencia Energética en el funcionamiento del edificio; y Tecnologías para producción de energía a partir de Energías Renovables.

Resulta importante atender a las características arquitectónicas y constructivas de los edificios de oficinas, ya que el alto porcentaje de fachadas vidriadas, la insuficiente aislación térmica en la envolvente y la falta de protecciones solares sobre las aberturas trae aparejado un uso excesivo de equipos de climatización para lograr condiciones adecuadas de confort interior. Debido al aumento de temperatura terrestre en el futuro será necesario mejorar medidas pasivas de protección solar y avanzar en tecnologías para refrigeración en periodo de verano ([Flores-Larsen et al., 2019](#)). Según Nicol y Humphreys, ([2002](#)), se debe considerar la sustentabilidad en la determinación del clima interior de los edificios prefiriendo, en consecuencia, soluciones disponibles de baja energía.

Las tipologías de oficinas de planta libre y planta sectorizada, según el uso de los espacios, evidencian condiciones térmicas diferentes según la orientación del edificio. El objetivo de este trabajo es diagnosticar el comportamiento térmico de un edificio de oficinas de bajo consumo y el balance energético neto para alcanzar energía casi nula (nZEB) en la región.

Metodología

Se realizó el monitoreo térmico y energético de un edificio de oficinas dedicado a desarrollos informáticos – ITC soluciones, ubicado en el parque de desarrollo tecnológico (Polo TIC) de Godoy Cruz, Mendoza, Argentina (32° 93' S y 68°50' O, elevación de 750 m.s.n.m), clima templado árido frío (Bwk) según la clasificación de Köppen-Geiger ([Beck et al., 2018](#)) y zona Bioambiental IVa Templada fría ([IRAM 11603: 2012](#)). Las temperaturas mensuales de julio (invierno) son de 15,7°C (máxima), 7,3°C (media), y 0,8°C (mínima), con una humedad relativa de 49% y radiación global sobre superficie horizontal de 10,2 MJ/m²; y en enero (verano) de 32,3°C (máxima), 24,9°C (media) y 17,4°C (mínima), con una humedad relativa de 63% y radiación global sobre superficie horizontal de 26,1 MJ/m². Los vientos predominantes provienen del suroeste y oeste y las precipitaciones anuales son de 200 ml aproximadamente ([Servicio Meteorológico Nacional, 2021](#)).

Los datos de temperatura (°C) y humedad relativa (%) de los espacios fueron registrados mediante 11 micro adquirentes de datos de tipo HOBO U-12 y UX-100 de acuerdo con la metodología propuesta por Longobardi y Hancock ([2000](#)). Los mismos se distribuyeron de la siguiente manera ([figura 1](#)): uno (1) exterior, tres (3) en planta baja- zona de buffet, sala de reunión N.O y sala de reunión N; tres (3) en primer piso- zona planta libre, call center y box oficina O; dos (2) en segundo piso- planta libre y box oficina N.O; dos (2) en tercer piso – living y esparcimiento, colocados a 2 metros de altura alejados de los elementos constructivos de masa, configurados para tomar mediciones cada 15min, durante 21 días de los meses de enero (verano), abril (oto-

ño), julio (invierno) y octubre (primavera). La ubicación del instrumental se debió a la intención de evaluar las diferentes condiciones de confort térmico según la orientación de los espacios y su configuración espacial. En el presente trabajo se desarrolló el estudio de las áreas del 2° piso como referencia a las tipologías de planta libre y oficina tipo box (figuras 2 a y b).



Figura 1: Distribución de instrumental de medición por sectores y niveles sin escala
Elaboración propia

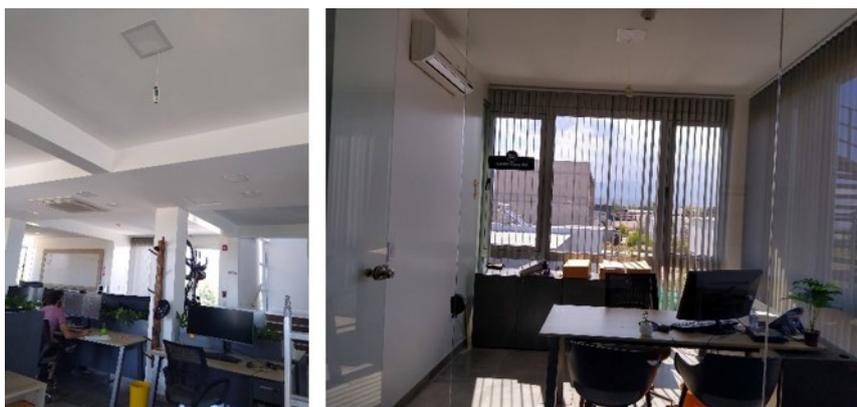


Figura 2: Interior del edificio sectores de 2° piso: a) izq. Planta libre y b) der. Oficina tipo box N.O, con ubicación de HOBOS
Elaboración propia

Se analizaron periodos de invierno y verano y evaluaron las temperaturas de los espacios interiores según los rangos de confort descritos por Givoni (1992) donde para climas templados secos determina de 18°C a 25°C para invierno y 20°C a 27°C para verano, teniendo en cuenta el cumplimiento de las estrategias arrojadas en la carta psicrométrica del autor para el clima de la región (figura 3, Andreoni, 2022).

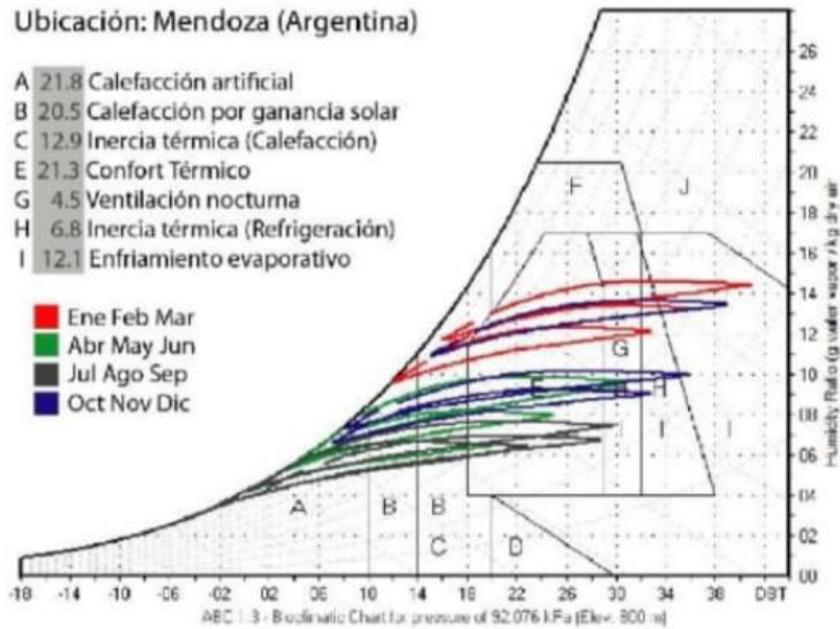


Figura 3: Carta psicrométrica de Givoni para Mendoza mediante software ABC Andreoni, 2022

Para estudiar la potencialidad del edificio en alcanzar estándares nZEB se confeccionó la metodología de balance energético neto de generación y demanda de energía anual planteada por Sartori et al. (2012), ecuación 1. Para ello se recopilaron las boletas de consumo mensual de la empresa distribuidora de electricidad y la producción de energía renovable volcada a la red durante el año 2021.

$$\sum g \times f_g - \sum d \times f_d = G - D \geq 0 \dots\dots\dots (1)$$

Donde G y D corresponde a generación y demanda y f al coeficiente de conversión para electricidad y/o gas, el resultado se expresa en kWh/m² de energía neta.

Desarrollo La edificación data del año 2016 (figuras 4 a y b) y se sitúa en un terreno de 600 m² de ubicación en esquina con acceso a asoleamiento directo sin sombras arrojadas cercanas y frentes norte, sur y este. Se desarrolla en 4 niveles de altura: planta baja, primero, segundo y tercer piso, con una superficie cubierta de 907 m²; y galerías y terrazas de expansión de 162 m² de superficie semicubierta mediante una pérgola vegetada.



Figura 4: a) Exterior del edificio fachada Norte y b) pérgola vegetada orientación norte y este
Elaboración propia

El diseño arquitectónico del edificio integra criterios de diseño pasivo como ganancia solar, iluminación natural y ventilación cruzada, sistemas de recuperación de aguas grises, no posee gas natural para climatización, sino equipos eficientes de bomba de calor que combinan electricidad y agua; también produce energía solar a partir de paneles fotovoltaicos en la cubierta conectados con la red de distribución exterior.

La envolvente del edificio es de 1.187 m² de superficie y presenta un FAEP de 1,38 (relación envolvente/área útil), considerado dentro del rango de valor óptimo para eficiencia energética en edificios no residenciales (>1,5) (Esteves, A., Oliva, A. L., & Gelardi, D. 1997).

Respecto a la envolvente opaca, está compuesta por muros de ladrillo (e=0,20m) con sistema de aislación térmica EIFs (e=0,07m), estructura y entrepisos de losa de hormigón armado(e=0,20m) con cielorraso suspendido de roca de yeso con aislación de lana de vidrio. La masa térmica interior de los cerramientos de las oficinas tipo box es liviana (e=0,10cm) y de vidrio tipo blindex. Las aberturas son de DVH (6+9+6) y la cubierta de techos es de chapa galvanizada color blanco con 0,05 de espuma de poliuretano proyectada y terminación interior de cielorraso de roca de yeso. La transmitancia térmica (K) de muros es K=0.43 W/m²k, techos K=2,27 W/m²k y DVH K=1,96 W/m²k.

A partir de los datos obtenidos en el monitoreo higrotérmico se analizaron los periodos comprendidos entre el 10 al 15 de Julio (siendo 10 y 11 días no laborables y día 12 lunes laborable) en invierno y del 20 al 24 de enero (siendo día 20 miércoles laborable y 23 y 24 días no laborables) en verano. En la figura 5, se observan como ejemplo el comportamiento térmico en ambos periodos para las áreas de Planta libre y Oficina Box N.O ubicados en el 2° piso, los cuales representan las tipologías de planta libre y planta sectorizada.

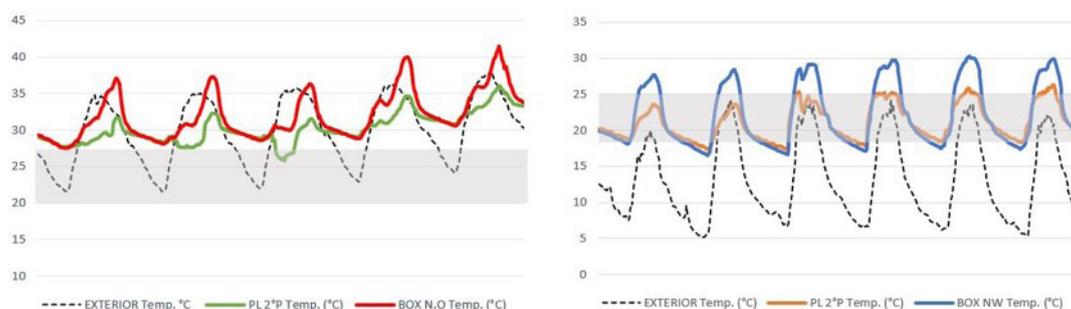


Figura 5. Desempeño térmico de las áreas de Planta libre y Oficina tipo box N.O, izq. verano (periodo del 20 al 24 de enero 2021) y der. Invierno (periodo del 10 al 17 de julio 2021). En gris zona de confort
Elaboración propia

Los resultados muestran el desempeño térmico en verano e invierno donde se evidencia claramente la alternancia de la temperatura en acuerdo con la semana laboral y los fines de semanas, donde no se presenta influencia de ganancias internas y de climatización para lograr temperaturas de confort interior. Las temperaturas interiores en verano quedan por encima de los rangos de confort en ambas tipologías, mientras que para invierno se encuentran incluidas la mayor parte del tiempo. El comportamiento de las oficinas en planta libre presenta mejores condiciones de un acondicionamiento natural que la oficina tipo box.

En cuanto a las orientaciones de los espacios, la planta libre presenta orientación múltiple, norte, este y sur, esto favorece la estrategia de enfriamiento por ventilación cruzada en verano en horarios de ocupación. Se observa el aumento de temperatura en los periodos sin ocupación donde se alcanza a las temperaturas exteriores mayores a 30°C muy cercana a la temperatura exterior. En el periodo de invierno, las temperaturas interiores se mantienen dentro del rango de confort adoptado, con temperaturas máximas muy cercanas a las temperaturas máximas exteriores. Respecto a la oficina box, su orientación es noroeste, se observan altas temperaturas dentro de la misma superando los 35°C con diferencias mayores a 5°C respecto a la temperatura exterior y a la oficina de planta libre. En invierno también presenta sobrecalentamiento por encima de los 25°C superando los rangos de confort.

Respecto a la humedad relativa registrada se puede observar en la figura 6 que en el periodo de verano los porcentajes de HR exterior van de los 15% a los 45%, mientras que el interior se mantiene en estado post ocu-

pación entre el 20% y el 37%. Se observa la influencia de los equipos de enfriamiento auxiliar durante los días en que el edificio está ocupado, en planta libre los cambios en la HR se muestran más fluctuantes respecto a la oficina tipo box. El periodo de invierno presenta porcentajes de HR exterior más altos, entre el 30% y 70%, en contraste de la HR interior que se mantiene baja, entre un 15% y 35%.

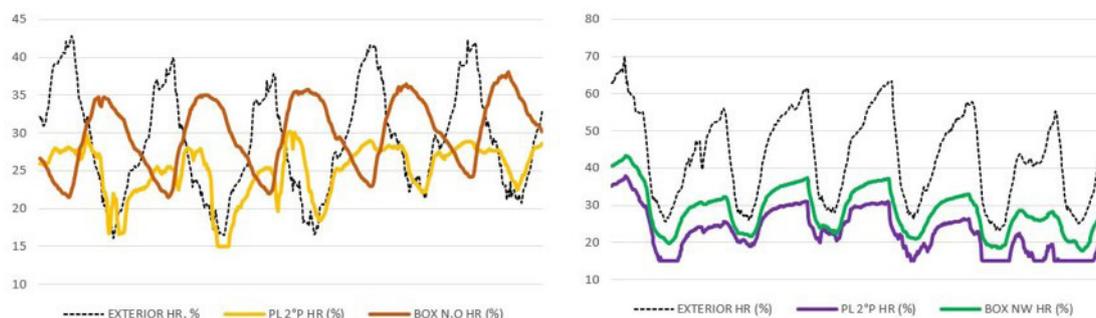


Figura 6: Humedad relativa de las áreas de Planta libre y Oficina tipo box N.O, izq. verano (periodo del 20 al 24 de enero 2021) y der. invierno (periodo del 10 al 17 de julio 2021)
Elaboración propia

Por otro lado, se recopilaron datos de consumos energéticos y de la producción de energía renovable volcada a la red durante el año 2021 mediante las boletas de consumo mensual de la empresa distribuidora de electricidad. En la tabla 1, se indica un resumen de los consumos eléctricos registrados mensualmente y la energía renovable producida por la planta solar fotovoltaica que ha sido volcada a la red externa del edificio. El edificio consume una energía final de 33.881 kWh y vuelca a la red 6.375 kWh de ER de manera anual. También, se resaltan los consumos de enero y julio, coincidentes con el monitoreo higrotérmico.

Tabla 1. Resumen anual de consumos de electricidad final y ER generada volcada a la red (kWh)

Registro mensual	Demanda (kWh)	Generación (kWh)
ENERO	3457	766
FEBRERO	2324	756
MARZO	1584	1100
ABRIL	3172	405
MAYO	2127	82
JUNIO	3405	20
JULIO	4998	12
AGOSTO	4030	73
SEPTIEMBRE	2919	140
OCTUBRE	2467	942
NOVIEMBRE	1672	942
DICIEMBRE	1726	1137
TOTAL ANUAL (kWh)	33881	6375

Elaboración propia

Para poder para validar el comportamiento de un nZEB se aplica la metodología de balance energético neto de generación y demanda de energía según la ecuación 1.

Inicialmente, se multiplicaron los consumos anuales totales por el factor de conversión de Energía Primaria no renovable en Argentina, donde se aplica 3,30 para electricidad, dando como resultado una demanda de energía neta no renovable anual de 111.807 kWh/año (123,27 kWh/m²/año). Respecto a la generación de energía renovable neta anual de la planta solar fotovoltaica el resultado es 6375 kWh/año (7,02 kWh/m²/año); la diferencia entre los dos términos resulta en 116,25 kWh/m²/año de total de energía primaria anual del edificio, se resumen los resultados en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de resultados de balance energético cero neta

ENERGÍA NO RENOVABLE ANUAL		ENERGÍA RENOVABLE ANUAL
E FINAL (kWh)	E NETA (kWh)	ER NETA (kWh)
33881	111807	6375
	123,27 kWh/m ² /a	7,02 kWh/m ² /a
TOTAL EP anual 116,25 kWh/m²/año		

Elaboración propia

Discusión de resultados

A continuación, se presenta la discusión de los resultados desarrollados en el trabajo. El caso de estudio representa una oficina con diseño de baja energía con tendencia nZEB en un clima templado frío. El estudio de la envolvente según el factor de forma la describe como eficiente energéticamente.

El monitoreo post ocupación realizado en el 2° piso, teniendo en cuenta áreas de planta libre y oficinas tipo box, muestra la potencialidad de la planta libre para adoptar estrategias bioclimáticas para acondicionamiento térmico en invierno y verano.

La oficina tipo box, tiene una orientación noroeste, con falta de protección solar en la fachada, la cual la hace vulnerable ante los efectos del sobrecalentamiento. Esto sucede tanto en verano como en invierno, ya que el usuario debe recurrir al aporte de energía auxiliar mediante climatización para alcanzar temperaturas de confort. En la tabla 3 y 4 se pueden observar un resumen de los resultados de temperaturas mínimas, medias y máximas del fin de semana de verano (días 23 y 24 de enero) y de invierno (días 10 y 11 de julio). Se comparan las temperaturas y HR de los sectores estudiados con las condiciones exteriores en cada periodo.

Tabla 3. Resultado de monitoreo post ocupación de un fin de semana de invierno. Comparativa de temperaturas (°C) y HR (%) en sectores de 2° piso respecto al exterior

		EXTERIOR		PL 2°P		BOX N.O	
		Temp. (°C)	HR (%)	Temp. (°C)	HR (%)	Temp. (°C)	HR (%)
10-jul	min	7.54	25.59	18.73	15.00	18.08	19.74
	media	12.04	42.69	20.46	23.88	21.39	30.16
	max	20.06	70.13	23.62	37.80	27.70	43.19
11-jul	min	5.10	25.97	17.35	18.96	16.53	21.65
	media	11.31	40.89	19.78	23.60	20.78	28.15
	max	24.27	55.98	23.62	29.36	28.39	34.62

Elaboración propia

El resumen de invierno muestra una diferencia térmica respecto a la temperatura media exterior de 8° grados mayor en la planta libre y de 9° a 10° mayor en la oficina tipo box. Dentro de los espacios existe una amplitud térmica de 5° en la planta libre y de 10° en la oficina tipo box. Las condiciones térmicas interiores se hacen confortables en invierno con temperaturas dentro del rango de confort para el periodo.

Tabla 4. Resultado de monitoreo post ocupación de un fin de semana de verano. Comparativa de temperaturas (°C) y HR (%) en sectores de 2° piso respecto al exterior

		EXTERIOR		PL 2°P		BOX N.O	
		Temp. (°C)	HR (%)	Temp. (°C)	HR (%)	Temp. (°C)	HR (%)
23-ene	min	22.92	21.33	29.02	22.07	28.79	22.92
	media	30.08	30.14	31.02	26.47	32.67	30.08
	max	36.44	41.60	34.58	28.96	39.97	36.44
24-ene	min	24.12	20.73	30.76	22.50	30.60	24.12
	media	31.14	29.60	32.79	26.89	34.33	31.14
	max	38.06	42.33	36.08	28.85	41.44	38.06

Elaboración propia

El resumen de verano muestra una diferencia térmica respecto a la temperatura media exterior de 1° grado mayor en la planta libre y de 2° mayor en la oficina tipo box. Dentro de los espacios existe una amplitud térmica de 5° en la planta libre y de 10° en la oficina tipo box. Contrario a las condiciones de invierno, las temperaturas interiores se encuentran fuera del rango de confort en verano, por lo tanto, sería necesario considerar mayor protección solar en la envolvente vidriada en las orientaciones norte y oeste.

En cuanto a la HR presenta porcentajes bajos en ambas estaciones, por debajo del 40%, esto podría provocar insatisfacción térmica en el usuario. Podría brindarse una solución mediante estrategias de enfriamiento evaporativo o intercambiadores de aire mediante automatización para introducir ventilación nocturna a los espacios.

En paralelo al estudio higrotérmico, se recopila la información pertinente a los consumos energéticos y la energía solar volcada a la red. En la figura 7, se resume la demanda de energía eléctrica del edificio, la generación de energía solar volcada a la red y el rendimiento total anual de la planta solar fotovoltaica (<https://www.sunnyportal.com, 2021>). Se observan la proporción de energía renovable respecto a la no renovable de red de manera mensual. En los meses de mayor generación más del 50% de la demanda energética podría ser cubierta por energía solar.

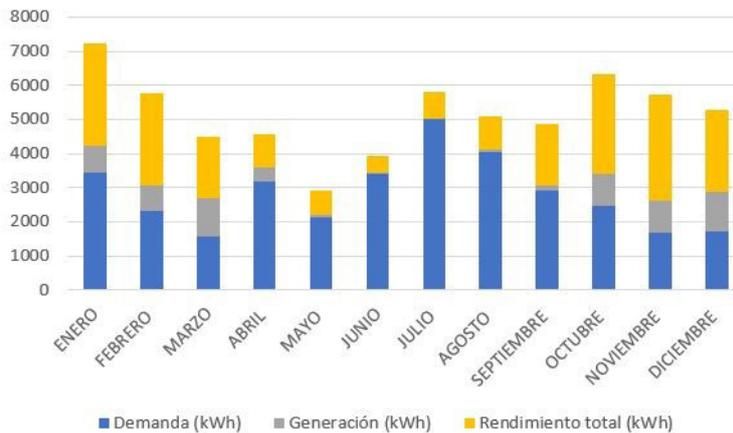


Figura 7. Gráfico de resumen de demanda de energía eléctrica, generación de energía solar volcada a la red y rendimiento total anual de la planta solar fotovoltaica en el año 2021
Elaboración propia

Luego se procede a la realización del balance energético neto, donde el resultado entre generación y demanda indica un consumo de energía primaria anual de 116 kWh/m2/año, que a los propósitos de alcanzar bases regionales en energía casi nula es un valor adecuado, pudiendo disminuir en el caso de aplicar estrategias bioclimáticas.

Conclusiones

El edificio de oficinas estudiado posee características constructivas y estrategias de diseño pasivo, eficiencia energética en relación con los sistemas para su funcionamiento y equipamiento, incorpora acciones comprometidas con el medio ambiente e integra sistemas de producción de energías renovables para su abastecimiento energético, indicando la intención de ser reconocido como edificio nZEB.

El estudio del comportamiento térmico de las áreas del 2º piso, planta libre y oficina tipo box N.O demuestra la potencialidad de la planta libre para adaptarse a las diferentes condiciones climáticas e incorporar estrategias para mejorar el confort del usuario. Los resultados expresados en los gráficos evidencian claramente la influencia del comportamiento del usuario en los momentos de ocupación y la performance del edificio en los fines de semana post ocupación. En espacios más confinados como la oficina tipo box N.O la carga interna posee menos disipación en relación a la oficina de planta libre, esto se evidencia claramente en las temperaturas de verano y en la necesidad de calefacción en invierno. A su vez, esto se refleja en los consumos energéticos donde la demanda de energía eléctrica registrada en el verano es menor que la de invierno, a pesar de que las solicitaciones de calefacción no son necesarias prácticamente.

Según la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios en la Comunidad Europea el requerimiento de energía para edificios no residenciales nZEB deben ser de 25 a 120 kWh/m²/año. Si bien el consumo neto de energía primaria del edificio se encuentra dentro del rango admisible, se advierte la dificultad del confort térmico interior debido al sobrecalentamiento de los espacios. Se propone hacer ajustes en la aislación de la envolvente, mejorar las protecciones solares e incorporar estrategias de enfriamiento pasivo, las cuales serán estudiadas con el avance de la presente investigación.

Corredera, Czajkowski y Gomez ([2005](#)), estudian el potencial de impacto de emisiones de gas efecto invernadero en torres de oficinas donde los valores de CO₂ varían entre 500000 y 104000 kg/año con consumos energéticos anuales de 200 kWh/m²/año. El balance energético nZEB de generación y demanda de la oficina auditada fue de 116 kWh/m²/año por lo tanto es factible inferir que las emisiones de gases invernadero serán aproximadamente un 40% inferiores en el caso auditado.

Referencias bibliográficas

- Andreoni Trentacoste, S. E., & Ganem Karlen, C. (2021). El rol activo del usuario en la búsqueda de confort térmico de viviendas en clima templado árido. *Revista hábitat sustentable*, 11(2), 8-21.
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Presentand future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific data*, 5(1), 1-12.
- Calvente, A. M (2007). Resiliencia : un concepto clave para la sustentabilidad, 1–4.
- Cao, X., Dai, X., & Liu, J. (2016). Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. *Energy and Buildings*, 128, 198–213. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089>
- Comisión Europea. (2010). Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios. *Boletín Oficial*, L135, 13–35.
- Corredera, C., Czajkowski, J. D., & Gómez, A. F. (2005). Emisiones de gases efecto invernadero y consumo de energía en torres de oficinas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9.
- Chai, J., Huang, P., & Sun, Y. (2019). Investigations of climate change impacts on net-zero energy building lifecycle performance in typical Chinese climate regions. *Energy*, 185, 176–189. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.055>
- Esteves, A., Oliva, A. L., & Gelardi, D. (1997). Nueva medida para considerar la forma en la conservación de energía en edificios. *Revista de la Universidad de Mendoza*.
- Flores-Larsen, S., Filippín, C., & Barea, G. (2019). Impact of climate change on energy use and bioclimatic design of residential buildings in the 21st century in Argentina. *Energy and Buildings*, 184(December), 216–229. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.12.015>
- Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and buildings*, 18(1), 11-23.
- IRAM 11603 (2012). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. *Acondicionamiento térmico en Edificios: Clasificación Bioambiental de la República*. Buenos Aires, Argentina.
- Longobardi y Hancock. (2000) Field trip strategies. TIA 2000 Conference Proceedings. Oxford: Oxford Brookes University.
- Nicol, J. F. y Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings, *Energy and buildings*, 34(6), 563–572.
- Piderit, M., Vivanco, F., van Moeseke, G., & Attia, S. (2019). Net Zero Buildings—A Framework for an Integrated Policy in Chile. *Sustainability*, 11(5), 1494. <https://doi.org/10.3390/su11051494>

Sartori, I., Napolitano, A., & Voss, K. (2012). Net zero energy buildings: A consistent definition framework. *Energy and Buildings*, 48, 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.032>

Servicio Meteorológico Nacional, (2021). <https://www.argentina.gob.ar/smn>

United Nations Environment Programme - Sustainable Buildings & Climate Initiative (UNEP-SBCI). (2009). *Buildings and Climate Change: a Summary for Decision-Makers*. París: UNEP-DTIE Sustainable Consumption & Production Branch.