



Santiago Tomás Fondoso Ossola
Pedro Joaquín Chévez
Irene Martini

IIPAC

CONICET – UNLP, La Plata, Argentina

—
santiagofondoso@iipac.laplata-conicet.
gov.ar

CONSTRUCCIÓN DEL AÑO BASE PARA EL SUBSECTOR SALUD

CONSTRUCTION OF THE BASELINE FOR THE HEALTH SUBSECTOR

RESUMEN

Los establecimientos hospitalarios consumen importantes cantidades de energía de origen fósil, contribuyendo en las emisiones de gases de efecto invernadero en forma considerable. Asimismo, proponer medidas de eficiencia energética sobre la edificación existente del subsector salud resulta complejo desde el punto de vista operacional, ya que existen múltiples factores que afectan al diseño de alternativas. En consecuencia, el objetivo de este trabajo consiste en establecer la situación actual de una determinada red sanitaria respecto a su impacto energético-ambiental para la posterior construcción de escenarios. Como caso de estudio se adoptó la red de hospitales provinciales de la Micro Región del Gran La Plata. A partir de la introducción de valores en el software LEAP y el procesamiento de la información obtenida en una hoja de cálculo, se determinó el consumo total de la red hospitalaria analizada, distinguiendo una mayor participación del gas natural y el área hospitalaria “internación”.

ABSTRACT

Hospital buildings consume significant amounts of fossil energy, contributing significantly to greenhouse gas emissions. Furthermore, proposing energy efficiency measures for existing buildings in the health sub-sector is complex from an operational point of view, as there are multiple factors that affect the design of alternatives. Consequently, the objective of this work is to establish the current situation of a given health network with respect to its energy-environmental impact for the subsequent construction of scenarios. The provincial hospital network of the Micro Region of Gran La Plata was adopted as a case study. By entering values in the LEAP software and processing the information obtained in a spreadsheet, the total consumption of the hospital network analysed was determined, identifying a greater participation of natural gas and the “inpatient” hospital area.

PALABRAS CLAVES: hospitales – sector salud – escenarios energéticos

KEY WORDS: hospitals – health sector – energy scenarios

INTRODUCCIÓN

Ante la emergente situación energético-ambiental a nivel global, distintos Estados del mundo se han comprometido a reducir el impacto ambiental en cuanto a niveles de contaminación y degradación de recursos. A partir de distintas reuniones internacionales bajo el lema “desarrollo sustentable” y “transición energética”, países, tanto de ingresos altos como de ingresos bajos, llevan a cabo lineamientos para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el consumo de energías provenientes de hidrocarburos. En este sentido, los edificios representan, aproximadamente, una tercera parte del consumo total de la energía. En Argentina dicho valor representa un 33% (Czajkowski, 2019), mientras que en países como EEUU y China este valor corresponde a un 39% y un 35% respectivamente (Li et al., 2017). Teniendo en cuenta que los conglomerados urbanos se consolidan y crecen anualmente junto con la huella ecológica (Lin et al., 2018), resulta necesario contar con estrategias para disminuir la demanda energética en edificios, manteniendo niveles adecuados de confort según la actividad a desarrollar en cada espacio.

Entre los distintos tipos de edificios, los establecimientos hospitalarios constituyen uno de los grupos con mayor consumo por unidad de superficie construida (EIA, 2016), manteniendo un comportamiento ergo-intensivo (Buonomano et al., 2014) y brindando un servicio social (Discoli et al., 2021). Unos de los factores que contribuye al comportamiento ergo-intensivo de los establecimientos hospitalarios es su funcionamiento constante (24 hs del día durante todo el año), las exigencias asépticas en áreas limpias, los estrictos niveles de confort (lumínicos, térmicos y acústicos); tanto en áreas de internación como en cirugía, y el uso de equipamiento intensivo en el área de diagnóstico y tratamiento.

En adhesión, la gestión energética en redes de salud resulta compleja debido a las particularidades técnico-construtivas, morfológicas y administrativas del sector. Los establecimientos hospitalarios se componen por construcciones erigidas desde finales del siglo XIX (Czajkowski, 1993). De este modo, se encuentran en funcionamiento edificios que no han contemplado, desde lo proyectual, aspectos energético-ambientales. En cuanto a la estructura organizacional, las redes de salud pueden dividirse según su origen de financiamiento y, en caso de pertenecer al sistema público, según su dependencia (nacional, provincial o municipal). Tener en cuenta esta dimensión resulta útil para la formulación de planes y lineamientos, ya que los establecimientos privados mantienen distintas dinámicas para la concreción de proyectos. Ante este hecho, resulta necesario adoptar herramientas que permitan de-

terminar la viabilidad de estrategias para el mejoramiento de niveles de eficiencia energética y de aprovechamiento de energías renovables. Al mismo tiempo que permitan visibilizar los efectos (energético-ambientales, económicos y sociales) en el corto, mediano, y largo plazo; en una escala regional. En ese aspecto, la planificación, como conjunto de técnicas basadas en la prospectiva, resulta una herramienta útil para el diseño de estrategias. Para ello, se utiliza la técnica de escenarios, donde se busca “explorar el futuro” bajo la modalidad de “qué pasaría si”. Esta técnica constituye un instrumento que permite reducir el grado de incertidumbre en la toma de decisiones. Los escenarios constituyen una imagen coherente del estado de un determinado sistema en ciertos puntos del futuro; y la construcción de los mismos debe basarse en un esquema teórico-explicativo referido al funcionamiento del sistema a escenificar (OLADE; CEPAL; GTZ, 2003).

Teniendo en cuenta esta definición, diversos trabajos han abordado el estudio de la prospectiva en distintos temas y escalas. En el libro titulado “Los límites del crecimiento” (Meadows et al., 2012), se analizaron las primeras tendencias de las variables correspondientes al sistema Tierra en un contexto donde la energía utilizada y los recursos naturales empezaban a reconocerse como finitos. Si bien el mencionado trabajo no construye escenarios alternativos, desarrolla uno tendencial con el objetivo de advertir sobre el consumo y degradación exponencial de los mencionados recursos. En este sentido, el estudio de Gallopin et al. (1997) propone 3 escenarios enfocados al comportamiento de la sociedad en general y su relación con el ambiente: “Mundos Convencionales”, “Barbarización” y “Grandes Transiciones”. A partir del estudio y análisis de 3 esferas generales (sociedad, ambiente y economía), los autores definen un estado actual global y describen las características de comportamiento que conducen a cada uno de los escenarios. En el campo de la arquitectura, la tesis de Chévez (2017) ofrece un escenario tendencial y alternativos para el sector residencial de la Micro Región del Gran La Plata (MRGLP). El autor, expone los efectos de distintas estrategias de eficiencia energética y de aprovechamiento de energías renovables en el corto, mediano y largo plazo, impulsadas por políticas que favorezcan la aplicación de las mismas.

El presente trabajo se propone abordar la primera instancia del estudio prospectivo orientado al mejoramiento de nivel de eficiencia energética y el posible aprovechamiento de energías renovables en el subsector salud. Este consiste en definir el estado actual de una red de salud, en cuanto al comportamiento energético-ambiental para la posterior construcción de escenarios (tendencial y alternativos).

METODOLOGÍA

Para la obtención de datos que permitan informar sobre el consumo energético y sobre el impacto ambiental de una determinada red sanitaria se propone realizar una serie de pasos en donde se debe descender y ascender en las unidades de análisis identificadas dentro del mencionado sistema. De esta manera, a partir de la reintegración de datos en forma ascendente, se otorga un nuevo significado a las unidades de análisis situadas en niveles superiores (Fig. 1).

Finalmente, los datos obtenidos se introducen en el software LEAP, el cual permitirá realizar los cálculos para la exploración de escenarios, tanto el tendencial como los alternativos. LEAP (por sus siglas en inglés, Low Emissions Analysis Platform) es una herramienta informática muy utilizada para el análisis de la política energética y la evaluación de la mitigación del cambio climático (Stockholm Environment Institute, 2020). Este programa, además, permite representar las etapas por las cuales la energía se produce, se transforma y se consume, considerando todas las fuentes energéticas que utiliza el sistema en estudio.

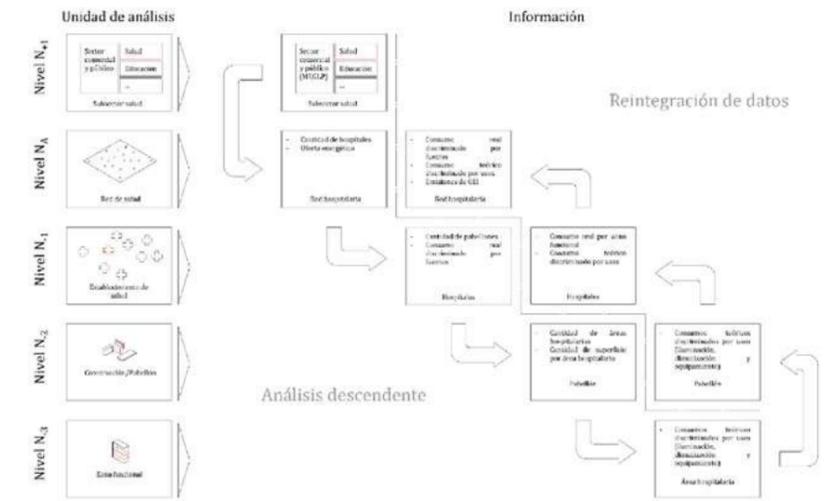


Fig. 1: Esquema del flujo de la información para la construcción del año base en el subsector salud.

Fuente: Elaboración propia

DESARROLLO

En primer lugar, debe iniciarse en el nivel de análisis N+1 denominado “subsector salud”, definido por las actividades que generan el consumo energético en el servicio de salud en una determinada área geo-política (regional, provincial o nacional). En esta instancia, debe identificarse una determinada

red de salud (NA), donde es necesario considerar atributos productivo-sanitarios y administrativos. Los primeros informan si los establecimientos cuentan con servicio de internación o no, y si los mismos presentan alguna especialidad. Mientras que, los atributos económicos permiten dar cuenta sobre el origen de financiamiento y dependencia jurisdiccional en caso de tratarse de establecimientos pertenecientes al sector público.

Una vez identificada la red de salud (NA), se procede a la identificación de los establecimientos que integran la misma, los cuales deben georreferenciarse mediante un Sistema de Información Geográfico (SIG) para determinar su localización. Además, en esta instancia debe reconocerse la oferta energética, es decir, las fuentes con las que cuenta la red de establecimientos seleccionada.

En el nivel N-1, correspondiente al establecimiento de salud, se obtienen los consumos reales discriminados por fuentes y la identificación de construcciones o pabellones. Los primeros varían según la oferta energética del sitio donde se implanta la red de salud. Para acceder a estos valores, resulta necesario recurrir a la lectura de medidores de las fuentes a analizar. En cuanto a las construcciones o pabellones que componen los distintos establecimientos, los mismos deben ser diferenciados mediante características técnico-constructivas y morfológicas. En general, responden a distintos cortes históricos, ofreciendo diferentes composiciones de materiales en techos y fachadas.

Luego, en el nivel pabellón (N-2) se deben detectar la cantidad de zonas funcionales y cuantificar su superficie construida. Esta última operación se orienta a realizar un proceso práctico para estimar el consumo total de las primeras. En consecuencia, en primer lugar, es necesario normalizar las zonas funcionales que se incluyen en cada pabellón. Este trabajo adopta la zonificación realizada en el estudio de Martini et al. (1999), el cual reconoce a las zonas funcionales como “áreas hospitalarias”. Éstas son: Internación, Diagnóstico y tratamiento, Atención ambulatoria, Administración, Servicios auxiliares y de apoyo, Circulaciones y baños, y Cirugía. Una vez realizada la normalización de zonas funcionales, las mismas deben ser cuantificadas, determinando su superficie total a partir del análisis de la documentación gráfica de cada establecimiento.

En el nivel zona funcional (N-3), se establece un consumo teórico específico, de modo que este valor pueda llevarse a la totalidad de las distintas zonas funcionales. Para ello, se utilizan los resultados obtenidos en el estudio de Martini (2010) (Tabla 1). Asimismo, el consumo teórico total por área hospitalaria mantiene una participación en los usos iluminación + equipamiento y climatización. De este modo se presentan distintas criticidades respecto a los usos mencionados para las áreas hospitalarias (Tabla 2).

Área hospitalaria	Consumo teórico específico [kWh/día*m ²]	Consumo teórico específico anual [kWh/año*m ²]	Consumo teórico específico anual [TEP/año*m ²]
Administración	0,29	108,44	0,009
Servicios auxiliares y de apoyo	0,45	165,86	0,014
Atención ambulatoria	0,65	240,72	0,021
Internación	0,57	209,81	0,018
Cirugía	0,77	281,19	0,024
Diagnóstico y tratamiento	1,31	481,72	0,041
Circulaciones y baños	0,47	173,84	0,014

Tabla 1: Consumo teórico específico por área hospitalaria.

Fuente: elaboración propia en base a los datos obtenidos en Martini (2010).

Área hospitalaria	Iluminación + equipamiento (participación [%])	Climatización (participación [%])
Administración	22,3	77,7
Servicios auxiliares y de apoyo	58,6	41,4
Atención ambulatoria	3,8	96,2
Internación	14,9	85,1
Cirugía	28	72
Diagnóstico y tratamiento	57,3	42,7
Circulaciones y baños	4,7	95,3

Tabla 2: Participación del consumo teórico en áreas hospitalarias según usos (iluminación + equipamiento y climatización).

Fuente: elaboración propia en base a los datos obtenidos en Martini (2010).

Ingresando en la etapa de reintegración de datos, en primer lugar, debe multiplicarse la superficie de cada zona funcional (N-3) por el consumo específico teórico correspondiente, expresado en [kWh/m²*año]. De esta forma se obtiene, por pabellón (N-2), el consumo total teórico discriminado por zonas funcionales.

Llevando los consumos teóricos de cada pabellón a la totalidad del establecimiento de salud (N-1) se obtiene, además del consumo real discriminado por fuentes, el consumo teórico discriminado por zonas funcionales. Así también, se establece el consumo real de estas últimas. Para ello, se utiliza la participación que las zonas funcionales mantienen respecto al consumo teórico. Por ejemplo, si un establecimiento posee un consumo real de 300 TEP/año y el área de atención ambulatoria ocupa el 15% del total del consumo teórico, esta área hospitalaria mantendrá un consumo real de 45 TEP/año.

Finalmente, reintegrando los valores obtenidos de cada establecimiento de salud (N-1) al nivel red de salud (NA) se obtiene el consumo energético, tanto real (discriminado por fuentes) como teóricos (discriminados por zonas funcionales). Asimismo, mediante el uso de indicadores se calculan las emisiones de GEI equivalentes a CO₂ según la fuente utilizada.

La metodología desarrollada se llevó a cabo en la red provincial de hospitales situada en la MRGLP, provincia de Buenos Aires. En la Tabla 3 puede observarse la caracterización de los establecimientos en estudio, producto de la obtención de variables productivo-sanitarias, morfológicas y energéticas. En cuanto a los valores correspondientes al nivel de análisis red de salud (NA), las Fig. 2, Fig. 3 y Fig. 4 exponen resultados energético-ambientales generados por el software LEAP.

Hospitales	Productivo-sanitaria	Morfológica	Energéticas	
	Camas disponibles	Superficie construida [m ²]	Consumo real [TEP/año]	Consumo teórico [TEP/año]
HIGA "Dr. Prof. Rodolfo Rossi"	104	11.863,33	254,09	217,29
HIGA "Gral. San Martín"	324	39.225,62	867,03	731,79
HIAC "Dr. Alejandro Korn"	644	42.943,41	862,74	497,89
HZE "Dr. Noel H. Sbarra"	83	4.687,88	42,30	72,43
HZGA "Dr. Larrain"	78	5.301,13	103,46	102,82
HZGA "Dr. Cestino"	41	3.764,58	72,40	61,51
HIGA "San Roque"	148	11.126,51	236,58	206,57
HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	95	6.776,88	102,70	147,75
HIAEP "Sor María Ludovica"	264	30.123,5	603,00	499,88
HIEAC "San Juan de Dios"	110	19.988,95	184,83	366,44

Tabla 3: Caracterización de hospitales de la red provincial de la MRGLP.

Fuente: elaboración propia en base a los datos del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires.

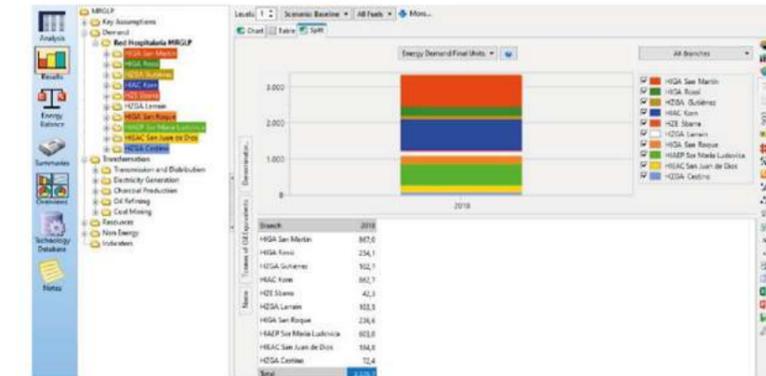


Fig. 2: Consumos totales de la red hospitalaria de la MRGLP discriminados por establecimiento hospitalario. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 3: Consumos totales de la red hospitalaria de la MRGLP discriminados por fuentes energéticas. Fuente: Elaboración propia.

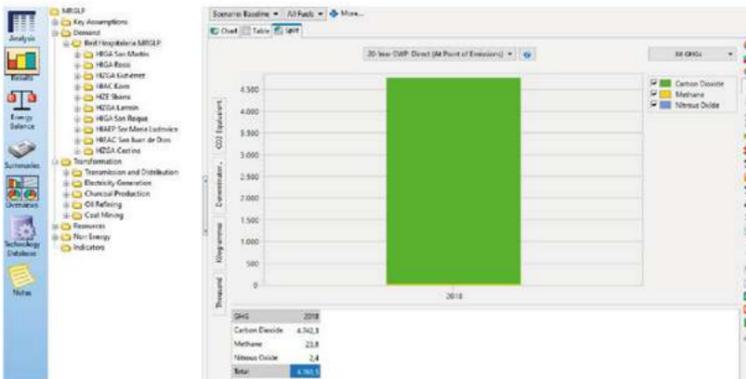


Fig. 4: Emisiones de GEI de la red hospitalaria de la MRGLP. Fuente: Elaboración propia.

Para exponer la participación de las zonas funcionales en la red de salud analizada se utilizó una hoja de cálculo, donde se sumaron todos los consumos y superficies de cada establecimiento (Fig. 5).



Fig. 5: Participación de las superficies y consumos de las zonas funcionales en la red hospitalaria de la MRGLP. Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Observando las variables energéticas, el consumo teórico, en ciertos casos, expuso similitudes significativas respecto al consumo real. La misma puede explicarse entendiendo que el consumo teórico considera la demanda en climatización, iluminación y el generado por el equipamiento; mientras que el real tiene en cuenta el consumo total de todo el establecimiento, incluyendo otros consumos, como el generado por los motores para el funcionamiento de unidades de tratamiento de aire (UTA) y ascensores; y el de otros equipos, como calderas y termotanques. Así también, es posible que el consumo teórico supere al real, ya sea por la cuantificación de superficies en desuso o inhabilitadas, o que el consumo real supere ampliamente al teórico, lo cual puede explicarse por la realización de actividades inusuales por parte de ciertos establecimientos. En este sentido, establecimientos que pueden representar el primer caso pueden ser el Hospital Zonal Especializado (HZE) “Dr. Noel H. Sbarra” o el Hospital Interzonal Especializados de Agudos y Crónicos (HIEAC) “San Juan de Dios”. Mientras que el Hospital Interzonal de Agudos y Crónicos (HIEAC) “Dr. Alejandro Korn” representa el segundo, ya que la cocina de dicho hospital sirve a otros establecimientos situados en la misma región.

En cuanto a los resultados visualizados en el software LEAP, se expone que la red de salud analizada presenta una mayor utilización de gas natural, aproximadamente un 61% del total, lo cual genera una contaminación por parte de la demanda igual a $4.768,5 \times 10^3$ kg de emisiones equivalentes a CO₂ al año. Si bien el equipamiento eléctrico no genera emisiones de GEI en esta parte de la matriz energética, sí lo hace en la generación de energía eléctrica, la cual no es considerada en este trabajo. Así también, pudo observarse una mayor incidencia en el consumo energético total de la red por parte de 3 establecimientos hospitalarios: el Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “Gral. San Martín”, el HIEAC “Dr. Alejandro Korn” y el Hospital Interzonal de Agudos Especializado en Pediatría (HIAEP) “Sor María Ludovica”, con consumos anuales de 867 TEP, 862,7 TEP y 603 TEP respectivamente. Estos se presentan como los establecimientos con mayor cantidad de camas y mayor superficie construida, lo cual resulta coherente si se observan los consumos energéticos.

Finalmente, los valores obtenidos en la participación de las áreas hospitalarias, en el consumo total de la red analizada, manifestaron que internación ocupa la mayor parte con un 27% seguido por diagnóstico y tratamiento (21%). Mientras que las áreas de administración y cirugía representan la menor participación (3% y 7%). Si bien el área de cirugía presenta uno de los

valores de consumo teórico específico más elevados ($0,77 \text{ kWh/m}^2$), su superficie es baja en relación a otras, y en casos como el HZE “Dr. Noel Sbarra”, directamente no presenta áreas con esta actividad. En caso contrario, el área de internación ocupa gran parte del consumo total de la red por su extensa superficie (40.720 m^2 , un 27% del total de la superficie de la red), manteniendo un valor teórico específico igual a $0,57 \text{ kWh/m}^2$.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que los establecimientos hospitalarios resultan edificios energo-intensivos, se propone aplicar la técnica de escenarios energéticos en el subsector salud, la cual posibilita explorar el futuro a partir de la implementación o no implementación de distintas estrategias, en este caso, orientadas al mejoramiento del nivel de eficiencia energética y al aprovechamiento de energías renovables. En este sentido, el presente trabajo mantuvo como objetivo realizar la primera etapa de dicha técnica de planificación: la construcción del año base en el subsector salud, la cual consiste en exponer el estado energético-ambiental actual de una determinada red de salud. Para la construcción de la información resultó necesario desarrollar una metodología que permitiera identificar el consumo total de una determinada red de salud, discriminando el uso de fuentes. El uso de dicha metodología permitió, además, obtener valores netos y de participación, a nivel de red, de las distintas zonas funcionales (áreas hospitalarias). En este sentido, con la utilización del software LEAP y el procesamiento de la información mediante una hoja de cálculo, se obtuvieron los establecimientos más consumidores, la fuente energética más utilizada y las áreas hospitalarias con mayor ocupación de superficie y mayor consumo energético.

Los resultados de este estudio manifestaron una mayor participación del gas natural como energía consumida, al mismo tiempo que una mayor participación del consumo en el área hospitalaria internación. De este modo, la climatización se expresa como uso crítico en la red de salud analizada, sobre todo en el período invernal, lo cual puede explicarse por las envolventes edilicias con elevados valores de transmitancia térmica y el escaso o nulo mantenimiento en el sector público (Urteneche et al., 2022).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, y continuando con la construcción de escenarios, se considera necesario formular estrategias que influyan en el mejoramiento del nivel de aislamiento térmico en la envolvente edilicia, mejorar la eficiencia en equipos y luminarias, y aplicar sistemas para la transformación de energía solar en térmica y en eléctrica. Asimismo, se reconoce la necesidad de encontrar nuevas variables en los distintos niveles

de análisis relacionados a las estrategias a formular, con el objeto de realizar cálculos o simulaciones en un nivel de establecimiento para luego llevarlos a una escala de red.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buonomano, A., Calise, F., Ferruzzi, G., & Palombo, A. (2014). Dynamic energy performance analysis: Case study for energy efficiency retrofits of hospital buildings. *Energy*, 78, 555–572. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.10.042>
- Chévez, P. J. (2017). *Construcción de escenarios urbanos-energéticos a partir de la implementación de estrategias de eficiencia energética y energías renovables en el sector residencial*. Universidad Nacional de Salta.
- Czajkowski, J. D. (1993). Evolución de los edificios hospitalarios. Aproximación a una visión tipológica. *IV Congreso Latinoamericano y 7° Jornadas Interdisciplinarias de La Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria*.
- Czajkowski, J. D. (2019). *Construcciones Sustentables y ley N°13059 (LAYHS-FAU-UNLP; CIC; MCTI (ed.); 1° edición)*.
- Discoli, C. A., Martini, I., & Barbero, D. A. (2021). *Quality of Life in Relation to Urban Areas and Sustainability. Application Case: City of La Plata, Buenos Aires, Argentina* (pp. 353–370). https://doi.org/10.1007/978-3-030-50540-0_18
- EIA. (2016). *Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS). Table C1. Total energy consumption by major fuel, 2012*. EIA Web Page. <https://www.eia.gov/consumption/commercial/data/2012/c&e/cfm/c1.php>
- Gallopin, G. C., Hammond, A., Raskin, P., & Swart, R. J. (1997). *Branch Points: Global Scenarios and Human Choice*.
- Li, C., Ding, Z., Zhao, D., Yi, J., & Zhang, G. (2017). Building energy consumption prediction: An extreme deep learning approach. *Energies*, 10(10), 1–20. <https://doi.org/10.3390/en10101525>
- Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., Mancini, M. S., Martindill, J., Medouar, F. Z., Huang, S., & Wackernagel, M. (2018). Ecological footprint accounting for countries: Updates and results of the national footprint accounts, 2012–2018. *Resources*, 7(3), 2012–2018. <https://doi.org/10.3390/resources7030058>
- Martini, I. (2010). *Diagnóstico y mejoramiento de los procesos de gestión edilicia energética productiva en la red de salud*. Universidad Nacional de Salta.
- Martini, I., Rosenfeld, Y., & Discoli, C. A. (1999). Metodología De Cálculo De Las Demandas Edilicias- Educación, Utilizando Diferentes Niveles De Integración. *V Encuentro Nacional de Conforto No Ambiente Construido e II Encuentro Latino-Americano de Conforto No Ambiente Construido*, 8.
- Meadows, D., Randers, J., & Meadows, D. (2012). *The limits to growth: The 30-Year Update* (Prisa Ediciones (ed.); Edición 20). Aguilar, Altea, Taurus, Afagura S.A. de Ediciones, 2012.
- OLADE; CEPAL; GTZ. (2003). *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe. Guía para la formulación de políticas energéticas*.
- Stockholm Environment Institute. (2020). *LEAP: Introduction*. LEAP Website. <https://leap.sei.org/default.asp?action=introduction>
- Urteneche, E., Fondoso Ossola, S. T., Martini, I., Barbero, D. A., & Discoli, C. A. (2022). Metodología para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia en el sector salud. *Estoa*, 11(21), 141–153. <https://doi.org/10.18537/est.v011.n021.a12>