

# Comparación del comportamiento energético en dos establecimientos educativos: Campinas (Brasil) y La Plata (Argentina)

MARIANA MELCHIORI<sup>1</sup>, GUSTAVO SAN JUAN<sup>2</sup> Y CARLOS DISCOLI<sup>3</sup>

## Resumen

Se expone la comparación de dos establecimientos educativos localizados en Brasil y Argentina analizando los requerimientos de energía para iluminación y climatización, y su optimización al aplicar medidas de mejoramiento. Asimismo, se analizan las emisiones consecuentes de Gases Efecto Invernadero (GEI) para cada uno de los establecimientos.

En cuanto a iluminación se estudia el aporte de la luz natural incidente y se plantea la sustitución de los artefactos tradicionales por otros de mayor eficiencia energética. En climatización se evalúa el comportamiento energético y se aplican medidas de optimización edilicia de acuerdo a la normativa vigente para uno y otro país. Para los dos casos, se aplican modelos de simulación numérica para el cálculo de las hipótesis de funcionamiento.

Se expone la comparación de los resultados de la situación energética actual de los dos edificios en kWh/día, la reducción de los mismos al implementar las medidas correspondientes en cada caso y las emisiones consecuentes. Se deduce para iluminación un ahorro del 52% para el establecimiento de Campinas y un 44 % para el de La Plata. Y para climatización un 17% y 21% respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** comportamiento energético en edificaciones - medidas de optimización edilicia - sector Educación.

## Abstract

This work displays the comparison between two educational buildings located in Campinas (Brazil) and La Plata (Argentina). Lighting and conditioning energy demands are analyzed, along with their optimization when building improvement measures are applied. Greenhouse effect gas emissions were studied for each building as well.

Regarding lighting, the contribution of daylight and the substitution of traditional lighting devices for more efficient ones, are studied. As for air conditioning, energetic behavior is evaluated and measures are taken according to the regulations of each country. In both cases, numeric simulation models were used to operate hypotheses calculation.

We put forward the results of the comparison between the two buildings current energetic situation and their reduction once the new lighting measures have been set up in kWh/day. We infer a reduction of 59% in Campinas's building and of 44% in La Plata's building. For conditioning, we infer a 17% and 21% respectively.

**KEYWORDS:** buildings' energetic behavior - optimization measures - Educational sector.

<sup>1</sup> Arquitecta (UNLP). Profesora en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNLP) y de posgrado referentes al Ambiente en su relación con la Arquitectura y el Urbanismo. Colaboradora en proyectos de investigación. Publicaciones en revistas nacionales e internacionales. Participó de diversos congresos y simposios referentes a la materia.

<sup>2</sup> Arquitecto (UNLP), master en Ambiente y Patología Ambiental (UNLP/Escuela de los Altos Estudios de Siena y doctor en Ciencias exactas, Área Energías Renovables).

Profesor de Arquitectura (FAU-UNLP). Investigador del CONICET. Director del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), asociado al INENCO-CONICET y coordinador del Laboratorio de Modelos y Diseño Ambiental (LAMBDA-FAU-UNLP). Su labor académica se ha centrado en los problemas ambientales, la energía en las diferentes escalas del Hábitat, la calidad de vida urbana, el Paisaje y el diseño Bioclimático y Sustentable.

<sup>3</sup> Ingeniero Mecánico (UTN, Regional La Plata), máster en Ambiente y Patología Ambiental (UNLP-Escuela de los Altos Estudios de Siena) y doctor en Ciencias (UNS).

Investigador del CONICET y del Instituto de Energías no Convencionales del (CONICET INENCO-UNSA).

Profesor de la FAU-UNLP. Director de proyectos de investigación. Autor de diversas publicaciones científicas de carácter internacional, regional y nacional.

## Marco general

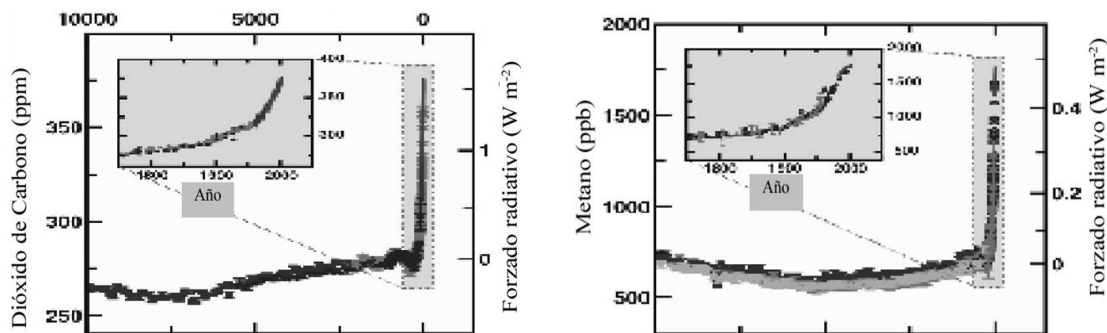
Las secuelas provocadas por la Revolución Industrial originada en el siglo XVIII, han provocado un aumento paulatino y constante durante el siglo XX de la concentración de anhídrido carbónico y otros Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. Esos cambios eran insignificantes en el pasado, pero en los últimos sesenta años, esas agresiones antropogénicas al medio ambiente se tornaron más importantes debido al aumento poblacional y al consumo per capita (Goldemberg y Villanueva, 2003) (Figura 1).

Las políticas de ahorro y eficiencia energética han avanzado fuertemente en todo el mundo desde la primera crisis del petróleo en la década del setenta, instándose definitivamente en el año 1972 a partir de la realización de la «Conferencia de Estocolmo» sobre «Medio Ambiente Humano», organizada por las Naciones Unidas. En los últimos años a raíz de los riesgos alertados,

empiezan a surgir acuerdos multilaterales sobre Medio Ambiente, a partir de la Reunión de Río de Janeiro en 1992, como la Convención Marco sobre Cambio Climático (UNFCCC). En 1997, mediante el Protocolo de Kioto suscripto en la Conferencias de las Partes (COP 97), los Países Desarrollados detallados en el Anexo I de la Convención, se comprometen a reducir sus emisiones en al menos un 5% tomando como base los niveles de 1990, para hacerse efectivas en el período 2008-2012.

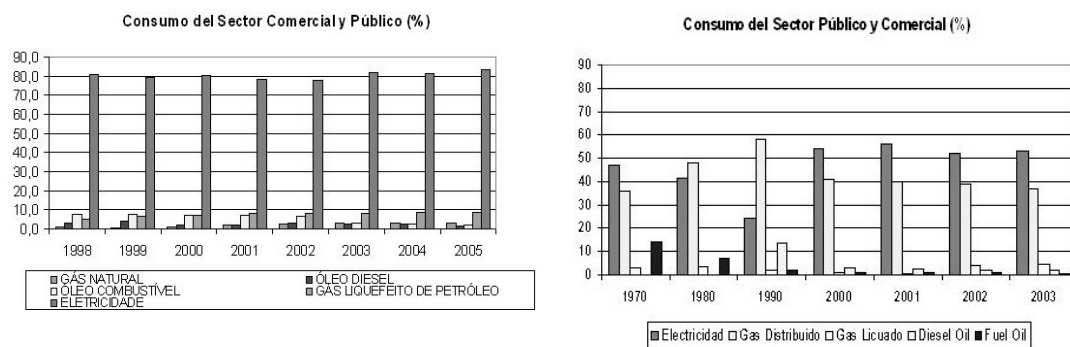
La primera experiencia en el campo de la eficiencia en la Argentina sucedió hacia finales de 1984, pero a pesar de contar con veinte años de estudios, investigaciones y acciones, la eficiencia energética todavía no ha alcanzado su punto de madurez. A pesar de esa situación, en la Argentina se han desarrollado numerosos proyectos y programas relacionados a la eficiencia energética en edificios del sector residencial, comercial y público, entre lo que se pueden nombrar:

**Figura 1. Se muestran imágenes del 4º informe del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) del año 2007, donde verifica el incremento marcado de Dióxido de Carbono y Metano debido a actividades humanas en los últimos 150 años.**



Fuente: <[www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)>, figura 2.3, p. 38.

**Figura 2. Consumo en el sector comercial y público. Brasil (primer cuadro) y en Argentina (segundo cuadro).**



Fuente: Balance Energético Nacional. Secretaría de Minas y Energía. Balance Energético Nacional. Secretaría de Energía.

- 1999-2004- Efficient Lighting Initiative (ELI). Programa Piloto de LFCs. El organismo ejecutor fue la Secretaría de Energía con EDESUR/EPEC.
- 2004- 2005- Programa de Uso Racional de Energía, en Gas- PURE.
- 2003- Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios Públicos (PAEEEP), Plan de Eficiencia Energética en Edificios Públicos.
- 2004- Programa de Uso Racional de Energía Eléctrica- PUREE.
- 2005- Programa de Mejora de la calidad de Artefactos Eléctricos PROCAEH. Etiquetado.
- La Unidad N°2 del IDEHAB FAU- UNLP, ha realizado el Informe sobre «Medidas de Eficiencia Energética» en el marco del Proyecto BIRF N° TF51287/AR «Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático» (Elías Rosenfeld, et al, 2005), donde se trabajó sobre diferentes medidas de eficiencia energética para los diferentes sectores (vivienda, educación, salud, alumbrado público, industria).

Se puede deducir que la Argentina cuenta con una serie de estudios y desarrollos en el campo del uso racional de la energía (URE) y uso eficiente de la energía (UEE). Sin embargo, los programas de eficiencia demoraron en implementarse debido a las crisis socioeconómica de finales de los años noventa y comienzo del año 2000. En el año 2007, la Argentina pasó el último invierno por su peor crisis energética. Como consecuencia, la Argentina a finales de ese año lanzó el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía o PRONUREE (Decreto PE N.º 140/2007 del 21 de diciembre de 2007), con el cual el país emprende la segunda etapa del plan energético iniciado en mayo de 2004 mediante el lanzamiento del PUREE. Entre las premisas principales se pretende reducir la demanda energética a partir de aplicar cambios de horario estacionales, reducción del consumo eléctrico en la vía pública, desarrollo de estándares de eficiencia energética a la producción, importación y/o comercialización de equipos consumidores de energía, otorgamiento de créditos blandos del Banco Nación para la adquisición de equipos más eficientes, entre otras.

En lo que respecta a Brasil, desde el año 1999 al 2000, solamente tres veces el aumento de la capacidad instalada en producción de energía eléctrica superó el aumento de la demanda. Los principales programas de eficiencia energética en el Brasil datan de la década del ochenta y se acentúan con la crisis energética ocurrida a principios del 2001. Dentro de los estudios y proyectos, podemos nombrar:

- 1984 PBE «Programa Brasileiro de Etiquetaje» Ministerio de Industria y Comercio, Asociación brasilera de la Industria eléctrica. Etiquetaje para equipamiento y lámparas.
- 1985- PROCEL: «Programa Nacional de Conservación de la Energía Eléctrica», ELECTROBRAS y Programa del Ministerio de Minas y Energía.
- Los productos que se incluyen son: colectores planos, freezers, lámparas y motores eléctricos.
- 1991- CONPET «Programa Nacional de Racionalización de los usos derivados del petróleo y del gas natural».
- 2001- Convenio ELETROBRAS/PROCEL/Universidad Nacional de Santa Catarina (UFSC).
- Programas de Eficiencia Energética para empresas concesionarias de servicio público de distribución de energía eléctrica. Propulsado por la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL). El contrato de concesión establece obligaciones para empresas concesionarias de servicio público de aplicar anualmente el monto mínimo del 0,5% de su ingreso operacional líquido, en acciones que tengan como objetivo disminuir el desperdicio de energía eléctrica. Se puede mencionar el «Proyecto de Eficiencia Energética en el Hospital de Clínicas de la UNICAMP» Convenio ELEKTRO/UNICAMP, que cumple con los recursos de la ley 9991/00 y 10848/04, resolución ANEEL 492/02.
- 2007- «Reglamentación para Etiquetaje Voluntario de Nivel de Eficiencia Energética de Edificios Comerciales, de Servicios y Públicos». Ha sido aplicada para edificios nuevos y puede ser aplicada a edificios existentes. Todos los requisitos tienen niveles de eficiencia que van de «A», más eficiente, a «E», menos eficiente.

En este marco existen aún varias iniciativas del gobierno en materia de eficiencia energética. Un ejemplo es el surgimiento de nuevos pro-

gramas donde los municipios brasileros podrán experimentar a partir del 2008, una significativa reducción de los gastos en iluminación pública.

Los edificios (residenciales y públicos) utilizan una cantidad sustancial de energía en su etapa de construcción, pero su mayor impacto en el consumo, se detecta en su etapa de operacionalización. Al analizar el consumo energético del sector público y comercial (Figura 2), en Brasil el consumo de electricidad se encuentra en el orden del 80%. Por otra parte en Argentina, el 52,9% corresponde a electricidad y el gas distribuido es el que mayoritariamente le sucede. Cuando hablamos del Consumo Neto Total (CNT) final por fuente de Argentina y Brasil, en los dos países se detecta un predominio en el consumo referente a derivados de petróleo. En segundo lugar, a Brasil le corresponde el consumo de electricidad, mientras que Argentina se destaca por el consumo de gas distribuido por red que aumentó del 16% del CNT en 1970 al 46,3% en el 2003 (Rosenfeld, et al, 2005).

En este trabajo se plantea realizar una comparación referente a la situación energo-productiva en edificios educativos entre Brasil y Argentina. Se analizan en este caso, el consumo en iluminación y climatización. Se pretende analizar la aplicación de medidas correctivas en los dos establecimientos con el fin de optimizar el consumo energético y reducir sus emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI). Se toman como casos testigo dos establecimientos Educativos de nivel medio, uno en la ciudad de Campinas, estado de San Pablo y otro en el Partido de La Plata, provincia de Buenos Aires.

Este artículo se enmarca en una Beca Doctoral tipo I del CONICET titulada «Análisis del Impacto Ambiental a partir de la aplicación de medidas de

mitigación del cambio climático en el sector público. Caso de aplicación: Red de establecimientos de salud y educación en el partido de La Plata», y es el resultado de lo desarrollado en el último cuatrimestre del año 2007, en el marco de una beca de intercambio otorgada por la Fundación Memorial de América Latina, San Pablo, Brasil (coordinador de curso: Prof. Dr. José Goldemberg).

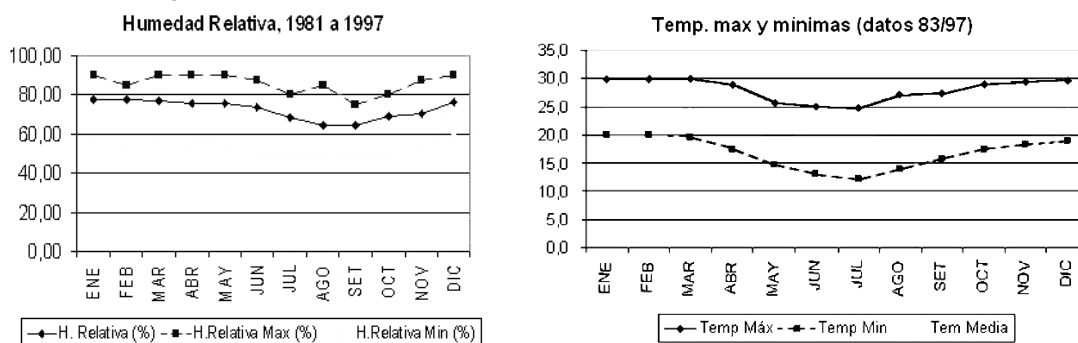
### Desarrollo. Soporte físico: características climáticas y recomendaciones de diseño

La ciudad de Campinas se encuentra a 22º 48' 57 de Latitud Sur y 47º 03' 33 Longitud Oeste, a 640 msnm. Según la zonificación Bioclimática Brasileira (NBR, ABTN, 2002), Campinas se localiza en la zona 3. Las recomendaciones de diseño para esta zona son:

- en cuanto a aberturas para ventilación se recomienda de tipo medio. El sombreado de las aberturas debe permitir sol durante el invierno.
- En cuanto a tipo de superficies externas, las paredes deben ser levemente reflectoras y la cubierta aislada.
- En cuanto a las estrategias de acondicionamiento térmico pasivo, se recomienda para verano ventilación cruzada; para invierno, calefacción solar y muros pesados (inercia térmica).

En la Figura 3 se especifican los datos de temperatura y humedad relativa correspondientes a la ciudad de Campinas: se verifican temperaturas medias anuales de 16,8 °C, temperaturas máximas anuales 30 °C, y temperaturas mínimas anuales de 13 °C.

**Figura 3. Se muestra la Humedad Relativa y Temperaturas máximas, medias y mínimas de la ciudad de Campinas.**



Fuente: IAC/UNICAMP.

De acuerdo a estudios precisos en la ciudad de Campinas, se verifica que el verano (de noviembre a marzo) posee mayor duración que el invierno (junio a agosto), indicando el predominio de calor sobre frío en la ciudad durante el año. La amplitud térmica es mayor en los meses de invierno, teniendo su valor máximo en agosto con 13 °C, en consecuencia la humedad relativa es menor también en invierno (mínimo en agosto de 64,3%). En los meses de mayo a octubre, de acuerdo con Mahoney las noches son clasificadas como frías, así como los días confortables (Chaval, 1999).

En cuanto a la ciudad de La Plata, se localiza en el Noreste de la provincia de Buenos Aires a 35° latitud Sur, 57° 9' longitud Oeste y a 15 msnm. Se sitúa en la zona bioambiental IIIb Templada cálida húmeda, con 994 (GD<sup>18</sup>) anuales (IRAM 11603, 1996). Se caracteriza por tener temperaturas medias anuales de 16,3 °C, temperaturas máximas anuales 29 °C, y temperaturas mínimas 5 °C (Figura 4).

La orientación óptima para la zona de estudio es la NO-N-NE-E. Asimismo la NORMA exige para las localidades ubicadas al Norte de la latitud 47° Sur, un mínimo de dos horas de sol directo en el solsticio de invierno (23 de junio). Se observa que durante el período lectivo educativo, comprendido entre los meses de marzo y noviembre; y durante el período de uso considerado (de 8 a 18 hs, nivel de EGB simple escolaridad); las temperaturas mínimas oscilan entre los 15 °C y

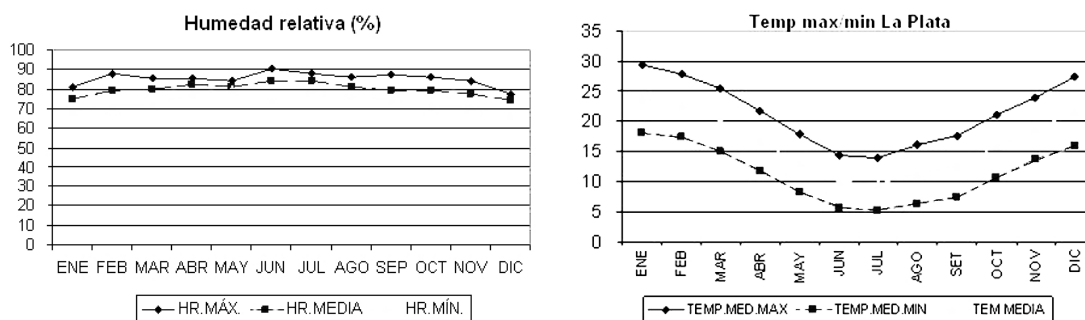
6,7 °C, con máximas medias durante los meses de junio, julio y agosto, por debajo de la temperatura de confort considerada (18 °C). Durante estos meses se requiere, dependiendo de la calidad térmica del edificio, del incremento de temperatura mediante climatización adicional. Existe también un período de confort (entre 18° y 25°C) en los equinoccios de otoño y primavera y un período en los meses de marzo y diciembre con la necesidad de producir sombreado tanto en los espacios exteriores como al propio edificio (San Juan, 2001).

## Necesidades de climatización

Para el análisis de las necesidades de enfriamiento y calefacción dentro de las zonas estudiadas, se recurrió al software CEEMACACOFR.xls<sup>4</sup>, desarrollado por el Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente-IAA-FAU-UNT.

En la Figura 5 se muestran los resultados por hora y por mes de cada establecimiento. En el período de abril a septiembre, en la ciudad de La Plata, predomina la necesidad de calefacción en todo el día, mientras que en la ciudad de Campinas esa necesidad se restringe solo a las primeras horas del día en todo el año, debido a su gran amplitud térmica. El resto corresponde un gran porcentaje a la situación de confort y algunos meses presentan necesidades de refrigeración (meses de marzo, abril, octubre y noviembre).

**Figura 4. Se muestra la Humedad Relativa y Temperaturas máximas, medias y mínimas de la ciudad de La Plata.**



Fuente: CEEMA, IAA, FAU, UNT.

<sup>4</sup> CEEMACACOFR, programa para el cálculo de situación de confort, evaluación de necesidades de enfriamiento o calefacción y determinación de necesidades de sombra. «Pautas y estrategias para una Arquitectura Bioclimática» G. E. Gonzalo. Colaboración Viviana María Nota. Material auto-instruccional para uso exclusivo de los alumnos. Capítulo 12 «Pautas de diseño bioclimático» (p. 227).

**Figura 5. Se presentan las necesidades de calefacción (gris oscuro), confort (gris intermedio) y refrigeración (gris claro) para cada hora del día y mes. El primer cuadro corresponde a la ciudad de Campinas y el segundo al de La Plata. En recuadro blanco, se marca el uso discontinuo del edificio de acuerdo a la cantidad de meses en el año y horas en el día que es usado.**

HORAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTALES AÑO			
													FRIO	CONF.	ENFRI.	
1	C	C	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	5,0	7,0	0,0	
2	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	7,0	5,0	0,0	
3	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	10,0	2,0	0,0	
4	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	
5	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	
6	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	
7	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	
8	F	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	11,0	1,0	0,0	
9	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C	8,0	4,0	0,0	
10	C	C	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	5,0	7,0	0,0	
11	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0,0	12,0	0,0	
12	E	E	E	C	C	C	C	C	C	C	C	E	0,0	8,0	4,0	
13	E	E	E	C	C	C	C	C	C	E	E	E	0,0	6,0	6,0	
14	E	E	E	E	C	C	C	C	C	E	E	E	0,0	5,0	7,0	
15	E	E	E	E	C	C	C	C	C	E	E	E	0,0	5,0	7,0	
16	E	E	E	C	C	C	C	C	C	C	E	E	0,0	7,0	5,0	
17	E	E	E	C	C	C	C	C	C	C	C	E	0,0	8,0	4,0	
18	E	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0,0	10,0	2,0	
19	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0,0	12,0	0,0	
20	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0,0	12,0	0,0	
21	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0,0	12,0	0,0	
22	C	C	C	C	C	F	F	C	C	C	C	C	2,0	10,0	0,0	
23	C	C	C	C	C	F	F	C	C	C	C	C	2,0	10,0	0,0	
24	C	C	C	C	F	F	F	F	C	C	C	C	4,0	8,0	0,0	
FRIO	5,0	4,0	6,0	8,0	11,0	13,0	13,0	11,0	10,0	8,0	7,0	6,0	TOT.F	102,0	% F.	35,4
CONF.	12,0	13,0	12,0	14,0	13,0	11,0	11,0	13,0	14,0	13,0	13,0	12,0	TOT.C	151,0	% C.	52,4
ENF.	7,0	7,0	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	4,0	6,0	TOT.E	35,0	% E.	12,2

HORAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTALES AÑO			
													FRIO	CONF.	ENFRI.	
1	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C	8,0	4,0	0,0	
2	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	10,0	2,0	0,0	
3	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	11,0	1,0	0,0	
4	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	
5	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	
6	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	
7	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	
8	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	11,0	1,0	0,0	
9	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	10,0	2,0	0,0	
10	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	C	9,0	3,0	0,0	
11	E	C	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	6,0	5,0	1,0	
12	E	E	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	5,0	5,0	2,0	
13	E	E	C	C	F	F	F	F	F	C	C	E	5,0	4,0	3,0	
14	E	E	C	C	F	F	F	F	F	C	C	E	5,0	4,0	3,0	
15	E	E	C	C	F	F	F	F	F	C	C	E	5,0	4,0	3,0	
16	E	E	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	5,0	5,0	2,0	
17	E	E	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	5,0	5,0	2,0	
18	E	C	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	5,0	6,0	1,0	
19	E	C	C	C	F	F	F	F	F	F	C	C	6,0	5,0	1,0	
20	E	C	C	C	F	F	F	F	F	F	C	C	6,0	5,0	1,0	
21	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	7,0	5,0	0,0	
22	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	7,0	5,0	0,0	
23	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	7,0	5,0	0,0	
24	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C	8,0	4,0	0,0	
FRIO	4,0	6,0	9,0	14,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	17,0	11,0	8,0	TOT.F	189,0	% F.	65,6
CONF.	10,0	12,0	15,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	13,0	13,0	TOT.C	80,0	% C.	27,8
ENF.	10,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	TOT.E	19,0	% E.	6,6

Fuente: CEEMACOFR.

## Desarrollo comparativo de los casos de estudio

### Selección de los prototipos

Se detectaron para ambas localidades dentro del sector educación, tipologías representativas de un universo mayor. Por ejemplo en Campinas, Graça distingue en su investigación siete modelos para la evaluación de los proyectos dentro de la ciudad de Campinas (Figura 6) (Graça, 2002). En su clasificación, la forma de la edificación escolar está estrechamente relacionada a la concepción funcional de la relación entre aula y espacio de circulación.

En el caso de Argentina, se detectaron en el sector educación, diversos estudios realizados en la provincia de Buenos Aires y de aportes internacionales, seis tipos de edificios en el nivel de Educación primaria (San Juan y Hoses, 2000). Los mismos toman variables de clasificación en función de su año de gestión, su composición constructiva y morfológica (Figura 7).

Las premisas de elección se centraron a partir de la configuración tipológica de los estableci-



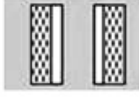
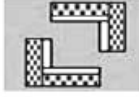
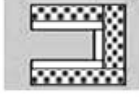
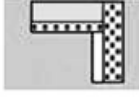
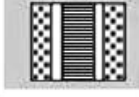



mientos, así como en relación a los módulos funcionales que las componen. Se pretende entonces comparar los edificios considerando un entorno igual o absoluto. De este modo los resultados obtenidos no se alteran por particulares situaciones de implantación en uno y otro caso.

Para el caso de Campinas, se seleccionó la Escuela Municipal de Enseñanza Fundamental (EMEF) «Raúl Pilla» (1968), la cual tiene una representatividad importante en el universo analizado, correspondiendo a la tipología tipo 2 de acuerdo a la clasificación definida en la Figura 6. Para el caso de La Plata, se tomó como caso la Escuela Primaria Básica (EPB) N° 22-Hipólito Irigoyen, (1981), correspondiente a la clasificación «Lineal con SUM» de lo expuesto en la Figura 7.

### Análisis de los prototipos

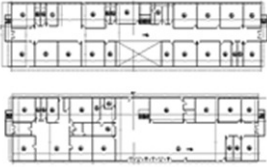
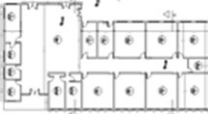


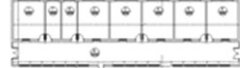
La EMEF Raúl Pilla, está implantada en el sector sudeste de la ciudad de Campinas, sobre la Rua Promissao s/n- Jd. Flamboyant. Presenta cuatro turnos de funcionamiento, que en total suman 15 horas por día. Posee 517 m<sup>2</sup> de super-

Figura 6. Topologías de predios escolares de la ciudad de Campinas.

	Tipologia 1- Sala de aula formando um conjunto único em apenas um dos lados do corredor.
	Tipologia 2- Sala de aula formando um conjunto único nos dois lados do corredor.
	Tipologia 3- Sala de aula formando um conjunto duplo espaçadas por área descoberta.
	Tipologia 4- Sala de aula formando um conjunto duplo em "L" espaçadas por área descoberta.
	Tipologia 5- Sala de aula formando um conjunto único em formato "U" espaçadas por área descoberta.
	Tipologia 6- Sala de aula formando um conjunto único em formato "L" espaçadas por área descoberta.
	Tipologia 7- Sala de aula formando um conjunto duplo espaçadas por área coberta
<b>Legenda</b>	 Espaço coberto  Corredor  Sala de aula

Fuente: GRAÇA, 2002.

**Figura 7. Esquema de clasificación tipológica según organización funcional interna de la provincia de Buenos Aires.**

TIPO	TIPO	MODELO
	Bloque	Forma pura de planta libre Aulas sobre una cara Aulas sobre dos caras Aulas sobre cuatro caras
	Lineal con SUM	Lineal en galería Pasillo simple crujía Calle cubierta
	Patio o Claustro	Aulas hacia el exterior Aulas hacia el interior Aulas en doble crujía
	Compuesta o combinada	Grilla: formada por la repetición de pabellones, vinculados por circulaciones. Tipos de agrupamientos áulicos, vinculados mediante circulación central interior
	Lineal simple crujía	Pasillo simple crujía

Fuente: San Juan y Hoses, 2000.

ficie cubierta. Se estructura con un sector funcional compuesto por 6 aulas de 6 x 8 mts, con una capacidad media de 30 alumnos cada una (288 m<sup>2</sup>); un aula especial (sala de video), de 34 m<sup>2</sup>; un área administrativa de 90 m<sup>2</sup>; un patio cubierto de 66 m<sup>2</sup> y un área de circulación de 77 m<sup>2</sup>.

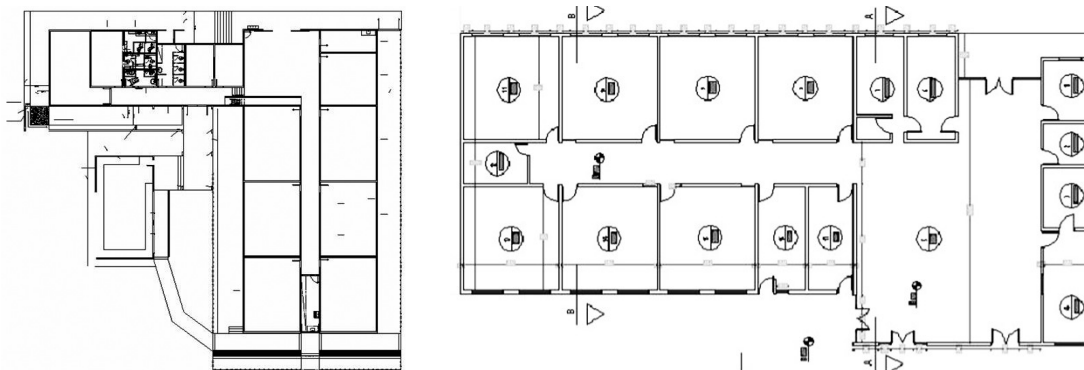
En cuanto a su sistema constructivo, presenta una cubierta de tejas cerámicas sobre estructura de madera, cámara de aire no ventilada y cielorraso de losa de hormigón de 0,12 m de espesor, con un Coeficiente de Transmisión Térmica («K») de 2 W/m<sup>2</sup>K. Posee mampostería de bloque de hormigón de 0,15 m de espesor con revoque fino y grueso tanto interior como exterior con un «K» de 2,48 W/m<sup>2</sup>K. Carpintería metálica de color azul («K» de 5,8 W/m<sup>2</sup>K). La totalidad de las luminarias están compuestas por aparatos cuyos reflectores son blancos. Cada luminaria posee dos tubos fluorescentes de 40 W de potencia cada uno y un reactor de partida rápida de 23 W de potencia.

Con respecto a la EPB N.º 22- «Hipólito Irigoyen», se emplaza en el extremo Sur del casco fundacional de la ciudad de La Plata, en el barrio «Altos de San Lorenzo», calles 76 y 23. Posee una ubicación en esquina Norte. Posee una matrícula de 368 alumnos. La cantidad de horas de uso por día es de 10. El calendario escolar es de 130 días hábiles, descontando el receso escolar y días feriados. La escuela tiene una superficie construida de 537 m<sup>2</sup>. Posee siete aulas de 6 x 6,5 mts, cuya área total es de 273 m<sup>2</sup>, un área administrativa de 39 m<sup>2</sup>, un salón de usos múltiples (SUM) de 160 m<sup>2</sup> y un área de circulación de 65 m<sup>2</sup> (Figura 8).

En cuanto a los datos constructivos, posee una cubierta de chapa ondulada con aislación de poliestireno expandido de 20 mm de espesor y cielorraso entablonado machihembrado de 1", con un «K» de 2,54 W/m<sup>2</sup>K, sus muros son de ladrillo cerámico de 0,18 m con revoque a ambos, con un «K» de 1,84 W/m<sup>2</sup>K, el piso de mo-



**Figura 8. Se muestra la EMEF R. Pilla de la ciudad de Campinas y la EPB N.º 22 de la ciudad de La Plata.**



Fuente: Graça, 2002/ San Juan y Hoses, 2000.

saico granítico de 0,30 x 0,30 m. Las luminarias en las aulas están compuestas por equipos con dos tubos fluorescentes de 40 W de potencia, el resto posee aparatos con dos tubos de 60 W de potencia cada uno. Los reactores son de partida rápida de 23 W de potencia.

## Metodología de abordaje

Para abordar la complejidad de la aplicación de los dos casos testigos se recurrió a la metodología utilizada por la Unidad de Investigación N.º 2 del Instituto de Estudios del Hábitat (IDEHAB), interviniendo simultáneamente en los Niveles de Integración, entendido estos como los diferentes niveles de desagregación de un edificio donde cada uno requiere de un Nodo de tratamiento específico en cuanto a su comportamiento energético, ambiental y de métodos y técnicas para su evaluación y diagnóstico (San Juan, 2001). Dentro de los mismos detectamos el Nivel de Nodos, considerándose a los edificios que conforman una Red<sup>5</sup>, como entidades que pueden tener diferentes jerarquías y/o complejidades (Discoli, 1998). Por otro lado, se considera Nivel de Módulos, a los que dimensionan las particularidades desagregadas de cada entidad o nodo a través del estudio diferencial de sus características y funciones. Quedan así conformados los Módulos Energéticos-Edilicios-Productivos

(Meep) (Martini, 2002), es decir los sectores edilicios con similares características a partir de su configuración espacial, tecnología, uso y sollicitaciones de confort. Los Módulos a su vez se conforman por elementos constructivos o componentes de diferentes características y tratamiento. En una primera instancia se precisa saber la situación energo-productiva actual de cada Meep (situación real), por medio de simulaciones estacionarias para iluminación y climatización. Esto nos permite proponer medidas de mejoramiento a partir de la construcción de los optimizados. Por último, con los Meep Ambientales se cuantifican las emisiones de contaminantes de efecto invernadero a la atmósfera.

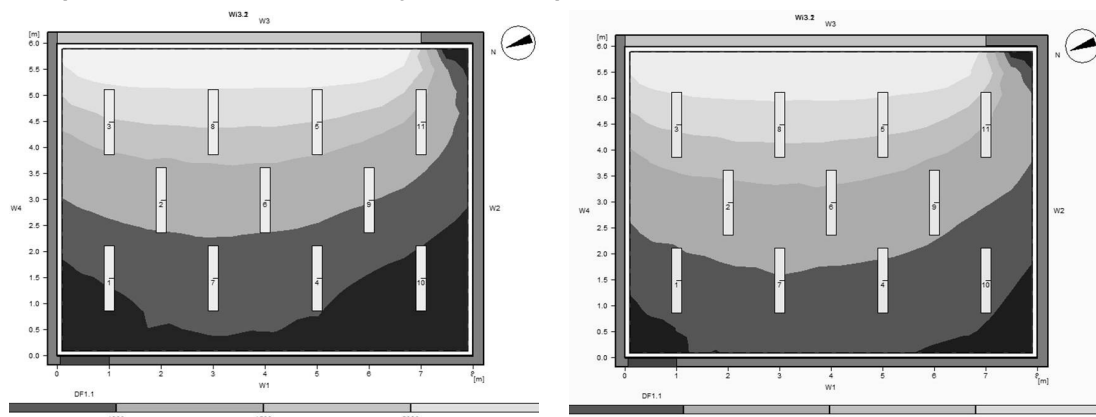
## Desarrollo de las necesidades energéticas de los Meep

### Consumo en iluminación

La iluminación debe atender las exigencias mínimas de los usuarios acorde a los espacios y actividades educativas. Entre las medidas de eficiencia energética detectadas para optimizar las condiciones de iluminación y reducir el consumo de energía se pueden nombrar: aprovechamiento de luz natural y el diseño de los circuitos eléctricos de acuerdo a la oferta de luz natural ingresada en el ambiente, utilización de sensores de presencia para áreas de ocupación intermitente, contar con

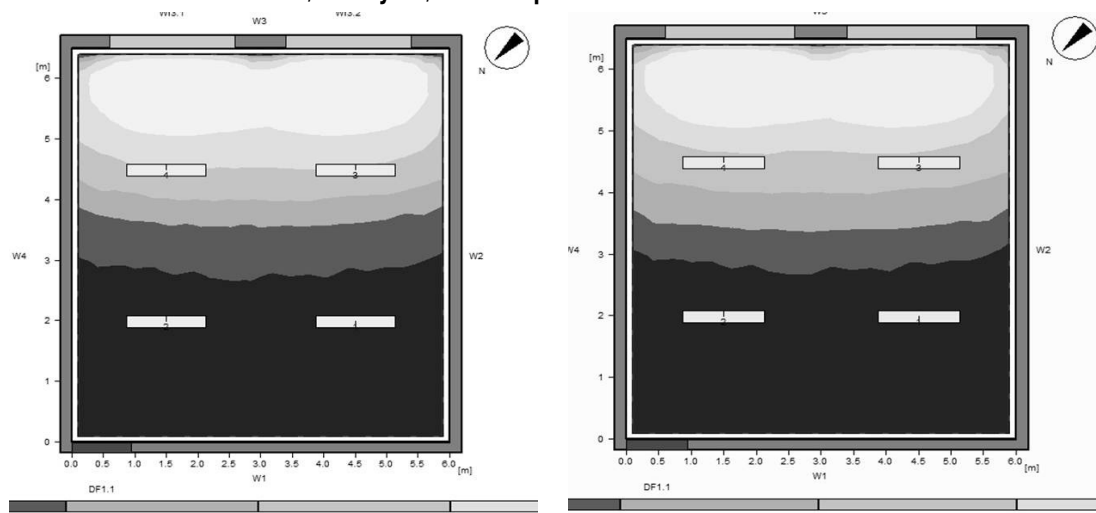
<sup>5</sup> Llamamos Redes Urbanas a conjuntos de establecimientos con atributos comunes de funcionamiento, gestión, prestación de servicios, de materialidad edilicia, de complejidad, tipo de uso, año de construcción, período de gestión etcétera que operan en una misma unidad geográfica y que conforman un sistema físico-espacial.

**Figura 9. Salidas del programa Relux 2007 donde se visualizan los aportes de iluminación natural de cada MEEP. En este caso se muestra la evaluación del MEEP 1-aula del Establecimiento de Campinas en los horarios 8/16hs y 10/14hs respectivamente.**



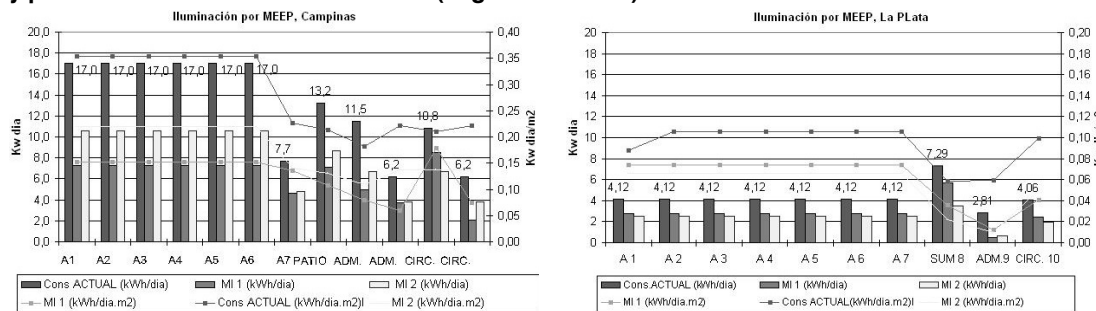
Fuente: Relux profesional, 2007, <www.relux.biz>.

**Figura 10. Salidas del programa Relux 2007 donde se visualizan los aportes de iluminación natural de cada MEEP. En este caso se muestra la evaluación del MEEP 3-aula del Establecimiento de La Plata en los horarios 8/16hs y 10/14hs respectivamente.**



Fuente: Relux profesional, 2007, <www.relux.biz>.

**Figura 11. Consumo actual y con medidas MI 1 y MI 2 en iluminación discriminado por MEEP en kWh/día (en barras) y kWh/día.m<sup>2</sup> (líneas). Para el establecimiento de Campinas (primer cuadro) y para el establecimiento de La Plata (segundo cuadro).**



Fuente: elaboración propia.

la participación del usuario, para minimizar el tiempo de utilización, utilizar equipamientos eficientes, como lámparas de alta eficiencia, luminarias reflectivas y reactores electrónico con elevado factor de potencia (retrofit), utilización de colores claros de la superficies, entre otros.

Para la determinación de los Meep Reales en iluminación, se determinó el consumo de acuerdo al relevamiento de las luminarias y reactores en cada caso. En función de su potencia, rendimiento lumínico y Factor de Uso diario (FU). Los resultados se evaluaron en kWh/día.

Para la determinación del consumo en los Meep Optimizados en iluminación, se delimitaron las siguientes medidas de eficiencia energética:

Medida Iluminación 1: (MI 1) análisis de la sectorización de los circuitos y equipos en función de la luz natural incidente del exterior, verificando la intensidad lumínica real del área analizada. La situación lumínica resultante se compara de acuerdo con los estándares mínimos de cada país (ABNT-NBR 5413, 1992), (IRAM- AADL J20-06). La evaluación de iluminación natural incidente se analizó a partir de un software (Relux professional, 2007), el cual permite realizar el cálculo según día y hora.

Este programa contempla la latitud y longitud del lugar en estudio, condición de cielo (claro/cubierto), dimensiones del ambiente, porcentajes de reflectancia de sus paredes interiores, aberturas, etcétera. Para este estudio, se consideró el día más desfavorable en un día próximo al solsticio de invierno (21 de junio), en los horarios 8 y 16 hs, 10 y 14 hs, y 12 h. las Figuras 9 y 10 muestran algunos resultados de los dos establecimientos.

Medida de Iluminación 2: (MI 2) sustitución de los aparatos lumínicos actuales por otros de mejor rendimiento. Las luminarias actuales de cada establecimiento (de 40 y 60 W de potencia), se sustituyeron por luminarias de 32 W de potencia. Por otra parte los reactores de partida rápida de 23 W se sustituyeron por reactores eléctricos que tienen consumos reducidos y algunas veces resulta negativo por trabajar en alta frecuencia (Lamberts, 1997).

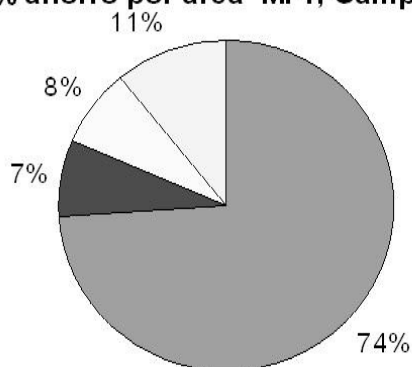
### Resultados en iluminación

En la Figura 11 se muestran los consumos discriminados por Meep en kWh/día (datos en barra) y kWh/día.m2 (en líneas). Para el esta-

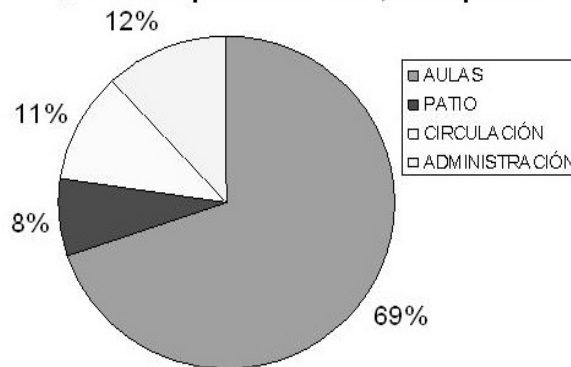
**Tabla 1. Consumos y ahorros en Iluminación en kWh/día por área de cada establecimiento.**

Consumo iluminación por área (kWh/día)	CAMPINAS						
	Cons. actual	Cons. MI 1	Ahorro kWh/día MI 1	% Ah. MI1	Cons. MI 2	Ahorro kWh/día MI 2	% Ah. MI2
Aula	109,7	48,5	61,2	74	68,2	41,5	69
SUM	13,2	7,1	6,1	7	8,6	4,6	8
Circulación	17,0	10,6	6,3	8	10,6	6,4	11
Administr.	17,7	8,7	9,0	11	10,6	7,1	12

**% ahorro por área MI 1, Campinas**



**% ahorro por área MI 2, Campinas**



Fuente: elaboración propia.

blecimiento de Campinas, las aulas presentan el mayor consumo en relación a los demás recintos (un consumo promedio de 17 kWh/día), mientras que en el establecimiento de La Plata, el salón de usos múltiples (SUM) sobresale notablemente por sobre los demás (consumo de 7,29 kWh/día).

Cuando se analiza el consumo en iluminación por área (aula, administración, circulación y patio o SUM) de cada establecimiento; se destaca que las aulas presentan el mayor consumo en los dos establecimientos (109,7 kWh/día para el caso de Campinas y 28,8 kWh/día para La Plata). Pero si analizamos el ahorro al aplicar las medidas (MI1 y MI2), como se observa en los gráficos de torta, esta área representa el mayor porcentaje de ahorro en relación al ahorro total de cada establecimiento: 74% y 69% respectivamente, para el caso del establecimiento de Campinas, y un 62% y 58%, para el caso de La Plata (Tabla 1 para Campinas y Tabla 2, para La Plata).

La Tabla 3 presenta los consumos totales por establecimiento en iluminación en kWh/día. Se visualiza que la escuela de Campinas, presenta un consumo considerablemente mayor que la de

La Plata (157,59 kWh/día, en relación a 43 kWh/día). Esto se deduce porque la primera presenta aulas de mayores dimensiones y una potencia instalada en iluminación significativamente mayor: 18,3W/m<sup>2</sup> en relación a 8,2 W/m<sup>2</sup> perteneciente al establecimiento de La Plata.

Se deduce que la Medida de Iluminación 1 (redistribución de los circuitos) en el establecimiento de Campinas, es la más conveniente de aplicar, ya que presenta un ahorro considerable (52%), en relación a la Medida de Iluminación 2 (sustitución de artefactos actuales por mas eficientes), con un 38%.

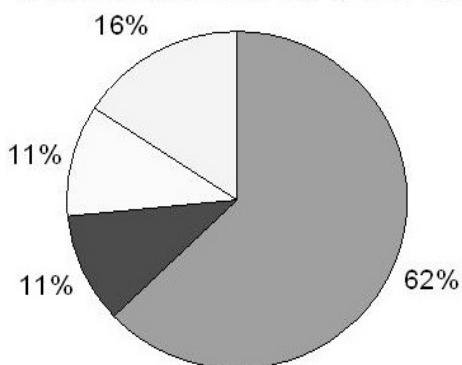
Este resultado se infiere por el potencial de iluminación natural que existe en la región estudiada, asimismo por las características edilicias de la escuela, la cual presenta aberturas considerables en relación a las de La Plata.

Para el caso de La Plata, contrariamente la MI 2 es la que presenta mayor ahorro energético (un 44% en relación a un 34% correspondiente a la MI 1), por lo que sería la más conveniente en lo concerniente a la toma de decisiones, si además consideramos que presenta mayor factibilidad de aplicación en edificios en estado de operación.

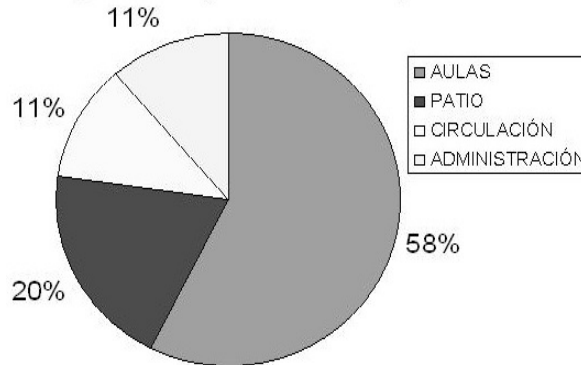
**Tabla 2. Consumos y ahorros en Iluminación en kWh/día por área de cada establecimiento.**

Consumo iluminación por área (kWh/día)	LA PLATA						
	Cons. actual	Cons. MI 1	Ahorro kWh/día MI 1	% Ah. MI1	Cons. MI 2	Ahorro kWh/día MI 2	% Ah. MI2
Aula	28,8	19,5	9,3	62	17,92	10,9	58
SUM	7,3	5,7	1,6	11	3,52	3,8	20
Circulación	4,1	2,4	1,6	11	1,92	2,1	11
Administr.	2,8	0,5	2,3	16	0,6	2,2	11

**% ahorro por área MI 1, La Plata**



**% ahorro por área MI 2, La Plata**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3. Consumos y ahorros en iluminación en kWh/día totales de cada establecimiento.**

Consumo iluminación total por establecimiento (kWh/día)	Consumo actual	Consumo aplicando MI 1	kWh/día Ahorrados con MI 1	% Ahorro con MI 1	Consumo aplicando MI 2	kWh/día Ahorrados con MI 2	% Ahorro con MI 2
CAMPINAS	157,59	74,881	82,709	52	97,92	59,67	38
LA PLATA	43,0	28,2	14,8	34	24	19,0	44

Fuente: elaboración propia.

### Consumo en climatización

De acuerdo con lo analizado en el punto 2.2, «Necesidades de climatización», se deduce que la ciudad de La Plata tiene predominancia de días fríos. En este caso se plantea determinar la carga térmica para climatización de acuerdo a un balance térmico estacionario de invierno, tomando como mes de estudio julio por presentar las temperaturas medias más bajas (5,2 °C). Contrariamente, en el caso de Campinas, existe un predominio de situación de confort en todo el año. Asimismo, se destaca la necesidad de refrigeración en los primeros y últimos meses del período analizado, por lo tanto se recurrió a un balance térmico estacionario de verano, tomándose como mes representativo marzo, por presentar la temperatura media máxima más alta (29,8 °C). Para La Plata se considera 18 °C de temperatura de confort interior en aulas y administración, según norma IRAM 11605, y 16 °C para pasillo y SUM. Para Campinas se considera 23 °C de confort térmico interior en aulas y

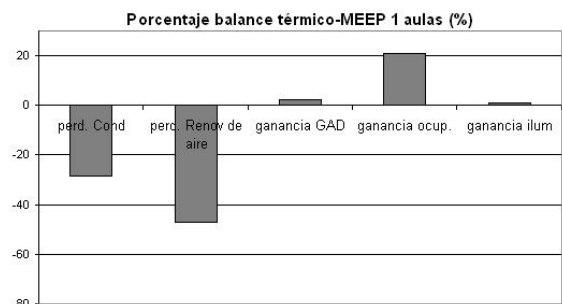
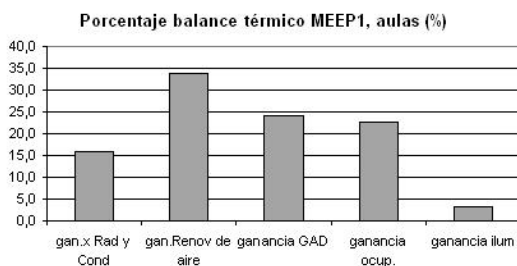
administración y 25 °C para patio y circulación, según Norma ABNT, NBR 15220. Los resultados se miden en kWh/día.

Cuando se analizan los resultados (Figura 12), en la escuela de Campinas (gráfico a) se detecta que las mayores ganancias de calor se producen por las renovaciones de aire, ganancia directa por ventanas y ganancia por ocupación. En el caso del establecimiento en La Plata (Gráfico b), las pérdidas térmicas más significativas se dan por las renovaciones de aire y por el paso del flujo térmico al exterior a través de la envolvente edilicia (pérdidas por conducción).

A raíz de los resultados obtenidos de los Meep Reales en climatización, para la determinación de los Meep Optimizados se intervino de forma diferente para uno y otro caso. Quedan definidas entonces las siguientes medidas:

Medida Climatización 1 (MC 1) para el establecimiento de Campinas se opta por la reducción de la incidencia de la Radiación solar en la envolvente edilicia. Por un lado se trata de minimizar la ganancia de radiación solar por venta-

**Figura 12. Se presentan algunos resultados de los balances térmicos para la ciudad de Campinas (Cuadro a) y La Plata (Cuadro b).**

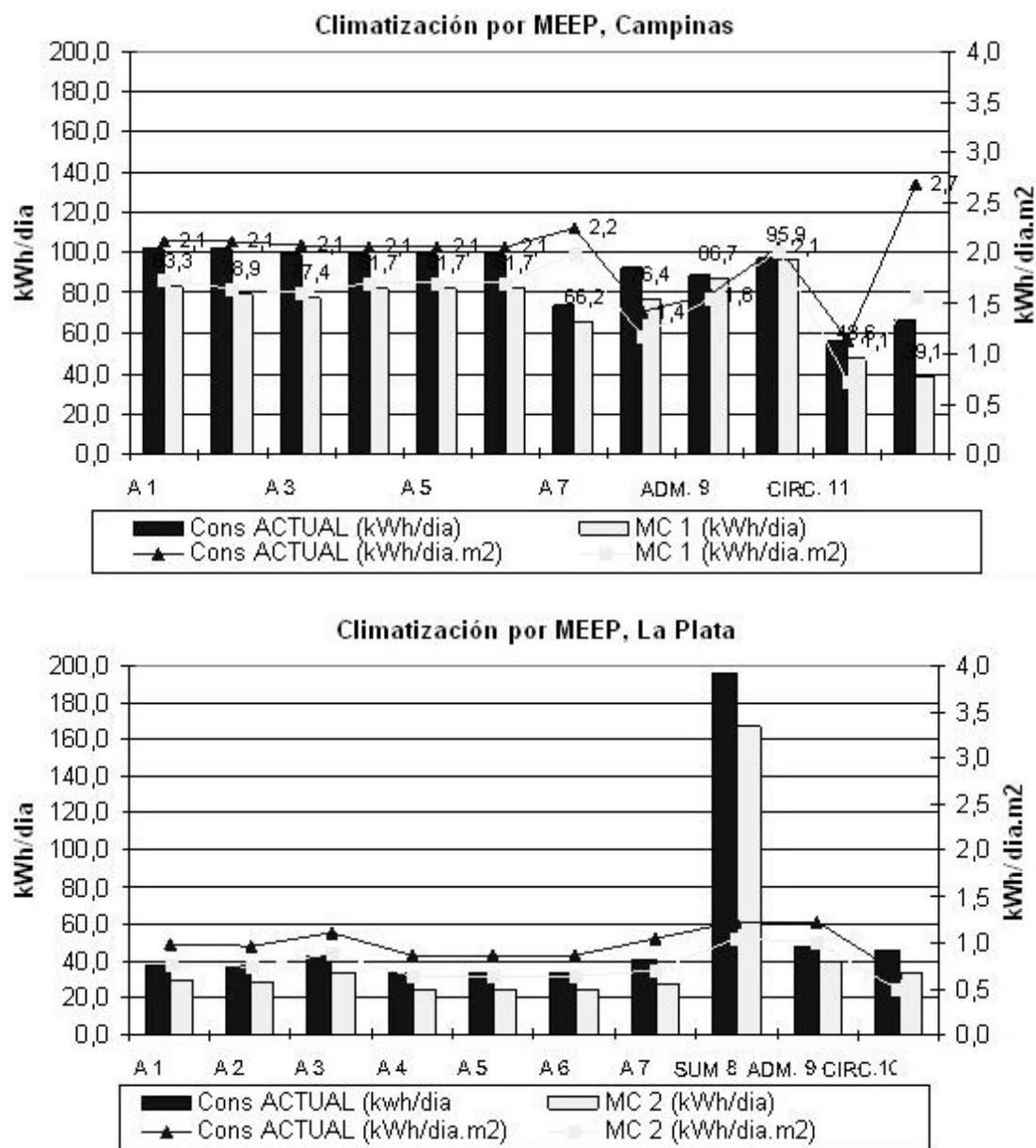


Fuente: elaboración propia.

nas, incorporando dispositivos de protección solar que reduzcan el ingreso de radiación directa mediante la incorporación de un parasol fijo (ventana en sombra). De este modo el Factor de Protección Solar actual (0,6), se reduce a 0,2. Por otra parte se reduce la absorción de los muros exteriores pintando de blanco la superficie de la edificación que actualmente presenta un color azul oscuro. Para el cálculo, el actual Factor de Absorción (0,6), se reduce a 0,2.

Medida Climatización 2 (MC 2) Para el establecimiento de La Plata, se opta por mejorar la transmitancia térmica «K», aumentando la capacidad de aislación térmica de la cubierta de cada Meep. Se toma como parámetro lo dispuesto por la normativa IRAM 11605, nivel «B» para condición de invierno. La misma determina para la zona en cuestión, un «K» de 0,83 W/m<sup>2</sup>K para techos, a diferencia de la situación actual, donde el «K» es de 2,54 W/ m<sup>2</sup>K.

**Figura 13. Consumo actual (negro) y con medidas (blanco) en climatización, discriminado por MEEP en kWh/día (en barras) y kWh/día.m2 (líneas). Para el establecimiento de Campinas (primer Cuadro) y para el establecimiento de La Plata (segundo Cuadro).**



Fuente: elaboración propia.

## Resultados de climatización

En la Figura 13 se analiza el consumo actual en climatización para los dos establecimientos y el consumo resultante al aplicar las medidas de optimización: MC 1, correspondiente el establecimiento de Campinas y MC 2 para el de La Plata.

Se observa que para la escuela de Campinas los consumos totales de cada Meep son similares. Sin embargo, se destaca que el consumo por m<sup>2</sup> del Meep 7-aula (2,2 kWh/día.m<sup>2</sup>) y Meep 12-circulación (2,7 kWh/día.m<sup>2</sup>), son considerablemente mayor que el resto ya que en estos Meeps se da una mayor ganancia térmica de radiación solar en relación a su escasa superficie. Se puede observar que el promedio de consumo de los Meeps en La Plata resulta casi de 40 kWh/día, exceptuando el SUM, (180 kWh/día), esta diferencia se debe a su gran diferen-

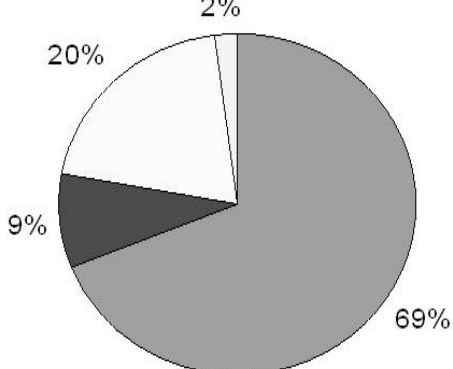
cia en superficie y volumen lo que resulta una mayor exposición de la envolvente con el ambiente exterior.

Cuando analizamos a nivel área de los dos establecimientos (Tabla 4), nuevamente el área aula es la que presenta mayor consumo (674 kWh/día para Campinas y 258,4 kWh/día para La Plata). Por otra parte, al igual que sucede para iluminación en cuanto al ahorro energético, el área aula también sobresale con respecto al resto (un 69% de ahorro en relación del ahorro total del establecimiento para Campinas, y un 56% para La Plata). Para el establecimiento de La Plata, el área que sucede con ahorro significativo, es el SUM (25%), que como se comentó anteriormente, esto se debe por su gran superficie de pérdida en la envolvente edilicia, pero a su vez presenta mayor potencial al aplicar medidas de optimización edilicia.

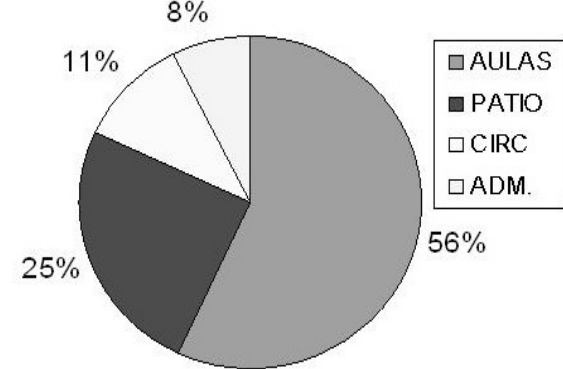
**Tabla 4. Se muestran los consumos y ahorros por área en climatización por establecimiento en kWh/día.**

Consumo en climatización por área (kWh/día)	CAMPINAS				LA PLATA			
	Consumo actual	Consumo aplicando MC 1	kWh/día Ahorrados con MC 1	% Ahorro con MC 1	Consumo actual	Consumo aplicando MC 2	kWh/día Ahorrados con MC 2	% Ahorro con MC 2
AULAS	674	551	123	69	258,4	192,7	65,7	56
SUM	92	76	16	9	195,9	167,3	28,6	25
CIRC	124	88	36	20	45,9	33,7	12,2	11
ADM	186	183	4	2	48,1	39,4	8,8	8

**% Ahorro por área MC1, Campinas**



**% Ahorro por área MC2, La Plata**



Fuente: elaboración propia.

La Tabla 5 presenta los consumos totales por establecimiento en kWh/día, y los ahorros totales al aplicar las medidas. El establecimiento de Campinas presenta una posibilidad de ahorro de 178 kWh/día, es decir un 17% con respecto al consumo actual. El de La Plata, presenta un ahorro de 115,3 kWh/año, correspondiente a un 22% con respecto al consumo actual.

## Emisiones

En lo que respecta al impacto al medio ambiente, se realizaron hipótesis de emisiones para cada establecimiento. Para esto, en una primera instancia se recurrió a analizar el consumo energético del sector público y comercial así como también las características de generación de energía de los dos países:

- el consumo de electricidad en Brasil dentro del sector mencionado, se encuentra en el orden del 80% para el año 2006 (BEN MME, 2006), el cual en su mayoría es utilizado tanto para iluminación como para climatización. En Argentina para este sector en el año 2005, el 55,2% correspondía a electricidad y un 37,7% a gas distribuido por redes (BEN SEN, 2005). Según antecedentes publicados en el medio científico para el sector educación en Argentina, dentro del consumo de electricidad, la iluminación corresponde el 62%, y el 38% corresponde a otros usos. Dentro del consumo de gas natural, la climatización corresponde el 60% de ese consumo, y cocción y agua caliente, el 40% (Yoder et al, 2003).
- Con respecto a la matriz de energía eléctrica en los dos países, en el año 2005 Brasil presentaba un 76,35% en generación hidroeléctrica y un

8% en térmica (BEN MME, 2006). En cuanto a la Argentina, los valores registrados en el 2003 correspondían a un 40% en hidroeléctrica y 51% en térmica (FB, 2005). Estos datos se consideraron para calcular el porcentaje de energía consumida de cada establecimiento de acuerdo al tipo de generación correspondiente.

Para el cálculo de emisiones de combustibles fósiles, el análisis se basó en la utilización de coeficientes de conversión (Discoli, 1998), los cuales estiman que para cada TEP de Fuel Oil se emiten 3050 Kg de CO<sub>2</sub> y para cada TEP de Gas natural, 2120 Kg de CO<sub>2</sub>. Para la estimación de las emisiones de centrales hidroeléctricas, se adoptó lo analizado en embalses de represas hidroeléctricas presentado en un informe de la COPPE/ UFRJ (MCT, 2002) donde se realizaron muestras de emisiones de Dióxido de Carbono y Metano «in loco» con su consiguiente extrapolación de los resultados de los embalses estudiados.

Los resultados visualizan que para la escuela de Campinas, con un consumo total en iluminación y climatización de 1023,9 kWh/día, se emiten 26,4 Kg/día de CO<sub>2</sub> y 0,01243 Kg/día de Metano, mientras que para el establecimiento de La Plata, con un consumo total de 587,1 kWh/día (un 50% menor al consumo del establecimiento de Campinas), se emiten 105,9 Kg/día de CO<sub>2</sub>, es decir un resultado 4 veces mayor en relación a lo emitido por el establecimiento de Campinas; y 0,00023 Kg/día de Metano.

En la Tabla 6, se resumen los datos considerados para el cálculo de hipótesis de emisiones de los dos establecimientos. Se detalla el porcentaje de los consumos según el tipo de generación y las emisiones de Dióxido de Carbono y Metano de los dos establecimientos.

**Tabla 5. Consumos totales en kWh/día y ahorros al aplicar MC1 y MC2 para climatización en los dos establecimientos.**

Consumo en climatización por establecimiento (kWh/día)	Consumo actual	Consumo aplicando medidas	kWh/día Ahorrados con medidas	% Ahorro con MC 1 y MC 2
CAMPINAS	1076	898	178	17
LA PLATA	548,4	433,1	115.3	22

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 6. Se resume el tipo de generación de energía analizado para cada país y las emisiones consecuentes Gases Efecto Invernadero.**

	Tipo de generación	Porcentaje por generación	Consumo total kWh/día	CO2 (Kg/día)	CH4 (Kg/día)
ARGENTINA	Iluminación (Electricidad)	40% hidroelectr.	17,2	0,00755	0,00023
		51% fuel Oil	21,93	5,8	
	Climatiz. (Gas Nat.)	100% Gas Nat.	548	100.2	
	TOTAL		587,13	105,9	0,00023
BRASIL	Iluminación (Electricidad)	75% hidro	118,2	0,05192	0,00159
		8% fuel oil	12,608	3,31503	
	Climatización (Electricidad.)	75% hidro	807	0,35445	0,01085
		8% fuel oil	86,08	22,63310	
	TOTAL		1023,888	26,35451	0,01244

Fuente: elaboración propia.

## Consideraciones finales

La metodología implementada para los dos casos, permitió realizar una comparación contemplando las diferentes situaciones para uno y otro país (ya sea en cuanto a diferencias climáticas, tecnológicas o morfológicas).

Por otro lado la misma verifica que es factible la implementación de medidas que tiendan a reducir el consumo energético en edificaciones, así como verificar estándares de confort. Dichos resultados se relacionan directamente con las características morfológicas-proyectuales particulares de cada edificio. Considerando que en los dos países la construcción de establecimientos educativos es tradicionalmente producto de planes masivos de intervención estatal, donde la mecánica para la construcción de nuevos edificios en el territorio urbano sigue la adopción de prototipos padrón; es de destacar la relevancia que tienen estos estudios para detectar actuales distorsiones energéticas-ambientales, y así constituir una herramienta que dé respuestas al diseño de futuras intervenciones en edificios educativos públicos.

Con respecto a las medidas de mejoramiento adoptadas, se pueden mencionar los siguientes puntos:

- tanto para iluminación como para climatización, el ahorro posible varía conforme al Meep considerado. El área aulas presenta las mayores posibilidades en ambas ciudades: un ahorro del orden del 70% para Campinas y 60% para La

Plata. Se puede deducir que es un dato importante a la hora de la toma de decisiones, si a la vez consideramos que la prioridad en el mejoramiento del confort lumínico y térmico es mayor en las aulas que en las demás dependencias del establecimiento.

- Cuando se analiza iluminación, la radiación exterior cumple un papel fundamental en el análisis del confort lumínico en Campinas, arrojando ahorros del 52% manteniendo los niveles de confort lumínico establecido por la Normativa. Es importante destacar este resultado ya que al realizar el relevamiento «in situ» en el establecimiento de Campinas, se detectó un sistema eléctrico donde los circuitos no presentaban independencia en su funcionamiento, por lo que las luminarias permanecían encendidas en la totalidad del funcionamiento diario (11 hs diarias).

- Para La Plata, la sustitución de artefactos fue el que presentó mayor ahorro, por lo que es la más conveniente si pensamos como ya se mencionó, en la factibilidad en su aplicación. Se debe destacar el bajo nivel de iluminación natural detectado en el establecimiento de La Plata, donde las aulas presentaron casi un 70% de su superficie por debajo de las necesidades lumínicas dispuestas por la Norma.

- En cuanto a climatización es de destacar la importancia que tiene la intervención en el diseño de edificios públicos en la etapa proyectual, ya que las medidas probadas (las cuales pertenecen a una etapa previa a la construcción, como incorporar dispositivos de protección solar o incrementar la resistencia térmica en cubiertas),

arrojan ahorros energéticos del orden del 17% para Campinas y 22% para La Plata.

Por último, si pensamos en el impacto al medio ambiente, es de destacar que este trabajo aún no ha sido concluido. Analizar la unidad edilicia como representativa de un universo ma-

yor, da la posibilidad en un trabajo futuro de contemplar el impacto causado por sus emisiones a escala de redes urbanas, utilizando la clasificación tipológica detectada para una y otra región. Así como la posibilidad de analizar los tipos de disminución de ese impacto al aplicar las medidas de mitigación pertinentes en cada caso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Balance Energético Nacional, Ministerio de Minas y Energía (2006). Gobierno Federal de Brasil. [En línea] consultado en agosto de 2008 en <www.mme.gov.br/site/menu/select/slect\_main\_menu\_item.do?>.
- Balance Energético Nacional, Secretaría de Energía de la Nación (2005). Ministerio de Economía de la Nación, Argentina. [En línea] consultado en agosto de 2008 en <energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2324>.
- Goldemberg, J. y Dondero Villanueva, L. (2003). «Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento». São Paulo: Edusp, Editora da Universidade do Brasilia.
- Graça, V. (2002). «Optimização de projetos arquitetonicos considerando parámetros de conforto ambiental: o caso das escuelas de la red estadual de campinas». Tese de mestrado. Director: Profa Dra Doris C.C.K. Kowaltowski. Campina: UNICAMP Faculdade de engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.
- Chaval, K., Labaki, L. y Kowaltowski, D. (2000). «Estudo do clima de Campinas: A dificuldade de caracterização e proposição de recomendações de projeto para climas compostos». *Actas VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído-ENTAC2000*, 26-28 abr. 2000, Salvador BA.
- Discoli, A. (1998). «El diagnóstico de la gestión productiva-energético-ambiental de las redes territoriales del sector salud». Maestría en Ambiente y Patología Ambiental. Universidad Nacional de La Plata, Escuela de Altos Estudios de Siena.
- Fundación Bariloche (2005). «Inventario Nacional de la República Argentina, de fuentes de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, no controlados por el Protocolo de Montreal» (p. 168). Inventario correspondiente al año 2000 y revisión de los inventarios 1990, 1994 y 1997. II,. [En línea] en <www.fundacionbariloche.org.ar>.
- Lamberts, R. (1997), et al. «Eficiência Energética na Arquitetura». São Paulo: PW Gráficos e editores associados Ltda.
- Martini, I. (2002). «Metodología para la evaluación de las necesidades edilicias energéticas productivas del subsector salud, contemplando el proceso ambiental de los flujos energéticos intervinientes», Director: Arq. Dr. Elías Rosenfeld. Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Geografía. Maestría en políticas ambientales y territoriales. UBA.
- Norma NBR-ABTN- «Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social». ABNT/CB-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil, CE-02:135.07 –Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações. Thermal performance in buildings– Brazilian Bioclimatic Zones and Building Guidelines for Low-Cost Houses.
- Norma IRAM 11603 (1996). «Acondicionamiento Térmico en Edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina», Instituto Argentino Sobre Normalización, correspondiente a la Clase Nacional de Abastecimiento asignada por el Servicio Nacional de Catalogación dependiente del Ministerio de Defensa.
- Norma NBR- ABNT 5413, Asociación Brasileira de Normas Técnicas (1992). «Iluminância de Interiores».
- Norma IRAM- AADL J20-06, Higiene y Seguridad en el Trabajo, Argentina.
- Pinguelli Rosa, L., Matvienko Sisar, B., dos Santos. M.A. y Matvienko Sikar, E. (2002). «Primer inventario brasileño de emisiones antrópicas de Gases de Efecto Invernadero informes de referencia

- emisiones de Dióxido de Carbono y de Metano por los embalses hidroeléctricos brasileños investigación en ingeniería», Brasilia: COPPE, UFRJ.
- Rosenfeld, y otros, (2005). «Contrato C1 Medidas de eficiencia energética» Proyecto BIRF No. TF51287/AR, «Actividades habilitantes para la Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático» Fundación Bariloche IDEHAB FAU, UNLP, 2º Informe e Informe Final.
- San Juan, G. y Hoses, S. (2000). «Sensibilidad energético-ambiental de módulos edificios escolares, para dos situaciones regionales en la Argentina» Asociación Argentina en Energías Renovables y Ambientes, ASADES.
- San Juan, G. A. (2001). «Implicancias ambientales de las variables estructurales correspondientes al parque edilicio de Educación». Tesis para optar al grado de magíster en Ambiente y Patología Ambiental. Director: Arq Olga Ravella. Universidad Nacional de La Plata. Universidad de Altos Estudios de Siena. Escuela de posgrado en Ambiente y Patología Ambiental. La Plata.
- Yoder, A. (2003). «Iluminación eficiente de la biblioteca central de la cede Paseo Colón de la Facultad de Ingeniería de la UBA. AVERMA, 7(1), 07.37-1.2