

## SENSIBILIDAD DE VARIABLES EDILICIAS Y ENERGÉTICAS DE TIPOLOGIAS EDILICIAS ESCOLARES EN DOS SITUACIONES REGIONALES DE NUESTRO PAIS

G. San Juan<sup>1</sup>, S. Hoses<sup>2</sup>, D. Gonzalez<sup>3</sup>

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata.  
Calle 47 N°162, CC 478. La Plata (1900). [http://idehab\\_fau\\_unlp.tripod.com/ui2](http://idehab_fau_unlp.tripod.com/ui2)  
Tel/fax +54-0221-4236587/90 int 254. E mail: [gsanjuan@arqui.farulp.unlp.edu.ar](mailto:gsanjuan@arqui.farulp.unlp.edu.ar)

**RESUMEN:** Se presenta el análisis comparativo de tipologías edilicias de educación de las provincias de Neuquén y Buenos Aires, en cuanto a la sensibilidad de las variables edilicias y energéticas según el consumo necesario para calefacción. Se trabaja a partir de la detección de aquellos edificios de producción oficial suficientemente representativos, comparando su respuesta energética con el objeto de cuantificar y valorar la incidencia de las variables involucradas. Se exponen indicadores de la situación real y optimizada, así como la incidencia en un distrito escolar.

**Palabras Clave:** Energía – URE – Tipologías Edilicias – Región - Edificios Escolares

### INTRODUCCION

El trabajo se basa en desarrollos producidos en el campo de los estudios de la arquitectura educacional, sosteniéndose metodológicamente según la experiencia adquirida en el sector residencial de producción oficial en la prov. de Buenos Aires (G. San Juan, 1994) (Ver San Juan en: E. Rosenfeld, C. Discoli, 1993), experiencia que formuló en su momento la posibilidad de operar sobre *un universo complejo disperso en un espacio regional extenso*; así como el desarrollo una tesis de maestría en el sector educación, adecuándose a edificios de *uso discontinuo y sus implicancias ambientales*, (G. San Juan, 2000)

El desarrollo que se expone involucra una serie de edificios escolares, los cuales representan la producción arquitectónica de su región comprendiendo una metodología de evaluación ambiental, a partir de la interacción de tres subsistemas: i. El **Edificio**; ii. El **Funcional**; iii. El relativo al **sitio** o medio de localización. Cada uno de ellos contiene una serie de elementos que llamaremos variables con relación a la especulación desarrollada a partir de la cual evaluaremos a cada uno de los casos analizados. Sintéticamente describiremos cada uno: El subsistema **edificio**, comprende junto con el del *sitio*, las variables independientes, las cuales definen las características *dimensionales* de cada uno de los módulos edilicios involucrados, entendidos como diferenciales de una unidad mayor; su *organización* la cual deriva en la conformación del todo como unidad autónoma repetible; la *tecnología* de cada una de las partes constitutivas; el *equipamiento* involucrado para mantener las condiciones operativas, y su *localización*, sobre todo la orientación y su emplazamiento. El subsistema del **sitio** involucra las variables *climáticas* y su contexto de implantación (urbano-rural); el subsistema **funcional** congrega las variables intervinientes como son: el *factor de uso* (Fu), determinando el funcionamiento diario, estacional y anual y el *factor de ocupación* (Fo) el cual condiciona las ganancias internas de temperatura y humedad, definido por el tipo de actividad, cantidad y edad de sus ocupantes.

Estos tres conjuntos de elementos poseen relaciones uni o bi-direccionales. La relación entre Edificio y Sitio (ES) se produce en presencia de un "lugar", conformando un espacio de actividades, el cual vive y se relaciona con su medio, con su contexto inmediato y mediato a través de visuales, energía, población escolar, radiación solar, insumos, viento, recursos, entre otros. El sitio a su vez ofrece y condiciona estas necesidades. La relación entre funcionamiento y edificio (EF) tiende a ser dinámica en el sentido que las variables que intervienen condicionan la respuesta energética y ambiental. La relación Funcionamiento y Sitio (SF) es indirecta, caracterizada por el uso y apropiación de los espacios y la degradación producida sobre el ambiente. Esta compleja situación está referida a una cierta condición de contorno que tiene que ver con el ambiente natural y cultural, y las decisiones que en el se producen. Por ejemplo, estas pueden ser referidas directamente a políticas de intervención en el sector, tendientes a la mejora de las condiciones ambientales de las escuelas y su influencia en los consumos energéticos y en la habitabilidad interior, lo que implica un cambio tecnológico a realizarse acorde a las regiones de implantación. Este cambio tecnológico se refiere por un lado a los cambios organizacionales del edificio, apoyándose en la propuesta de la Ley Federal de Educación, donde el edificio es la conjunción de una serie de módulos o espacios arquitectónicos en función con los requerimientos del proyecto institucional vigente. Por otro en adopción de tecnología (Tec) constructiva adecuada que minimice los desfases térmicos y haga eficiente los recursos críticos intervinientes, como el energético.

En este caso se trabaja sobre el cálculo de la energía necesaria de calefacción para dos situaciones regionales diferenciadas (provincias de Neuquén y Buenos Aires) y una serie de escenarios de cálculo, con el objeto de comparar la sensibilidad de las variables estudiadas.

<sup>1</sup> Investigador CONICET. <sup>2</sup> Becario CONICET. <sup>3</sup> Colaborador

## METODOLOGIA

### Escenarios de cálculo:

*Subsistema edilicio:* Se adoptan las tipologías representativas de cada provincia, del nivel EGB, en cuanto a su organización, tecnología y período de gestión. Para el caso de Neuquén se trabaja sobre 6 tipos representativos: Tn1, “Lineal con patio” (gestión 1946-1955); Tn2, “Lineal con SUM” (1966-73); Tn3, “Lineal con SUM y patio” (1976-83); Tn4, y Tn5, “Lineal con SUM” (1983-91); Tn6, Lineal doble crujía con SUM(1991-99). Para la provincia de Buenos Aires cinco tipos representativos: Tba1, “Bloque” (1973); Tba2, Lineal con SUM (1981); Tba3, “Central” (1983); Tba4, “Combinada” (1997); Tba5, “Lineal simple crujía” (1963). Se consideraron las siguientes variables analizadas:

1. *Situación original:* Considerando una temperatura base de calefacción de 18°C para Aulas y Administración, y 16°C para SUM y Circulación. 9 renovaciones de aire hora (ra/h), en función del tipo y calidad de las carpinterías existentes. Tecnología original según cada propuesta.
2. Variable *Temperatura:* Se elevó en todos los ambientes la temperatura en 2°C, siendo la temperatura base de calefacción resultante de 20°C y 18°C.
3. Variable *Renovaciones de Aire:* Se redujeron las renovaciones de aire (variable de mayor sensibilidad) a 4ra/h.
4. Variable *Superficie de Ventanas:* Se duplicó su superficie en todas aquellas en contacto con el exterior.
5. Variable *Techo:* Se mejoró su transmitancia térmica (“K”) de acuerdo con el tipo constructivo.
6. Variable *Muro:* Idem anterior.
7. Variable *Ventanas:* Se incorporó doble vidrio, mejorando el “K”. Sólo para Neuquén.
8. Variable *Pisos:* Se incorporó aislación térmica en el perímetro habitado (1m). Sólo para Neuquén.
9. Total de mejoras: ra/h + techo + muro + ventanas + piso (Neuquén);  
ra/h+ techo + muro (Buenos Aires)

N E U Q U E N	Tn1	Tn2	Tn3	Tn4	Tn5	Tn6
B U E N O S A I R E S	Tba1	Tba2	Tba3	Tba4	Tba5	

*Subsistema del sitio:* Como contexto de análisis se adoptaron las localidades de Neuquén Capital, para la provincia de Neuquén : Zona bioambiental IVb, Templada Fría y La Plata, para la provincia de Buenos Aires, zona bioambiental IIIb Templada Cálida. (Tabla 1)

*Subsistema Funcional:* Se adoptó un funcionamiento anual de 130 días hábiles y diario de 10hs, considerándose 30al/aula.

Se calcularon las condiciones de consumo energético para calefacción en cada uno de los sectores constitutivos (Aula, Administración, SUM, Circulaciones), entendidos éstos como diferenciales del funcionamiento total, respondiendo a las características particulares de cada uno de ellos, en cuanto a necesidades térmicas, dimensionales, funcionamiento y posicionamiento en el conjunto edilicio. En el presente trabajo sólo se exponen los totales por tipología. Se utilizó un balance estacionario en plataforma Auto-CAD (J.Czajkowski, 1995) y valores de transmitancia térmica según normas IRAM. (IRAM, 1990-1999)

Localidad:	Temp.med.Anuar	Temp.Med. Per. calef.	Rad. Global Media	Hum.Rel. Med	Grados Día Calef
<b>Neuquén Capital</b>	14.3°C	°C	15.2 MJ/m <sup>2</sup>	51%	1680°C <sub>18</sub>
<b>La Plata</b>	16°C	12°C	16.1 MJ/m <sup>2</sup>	78%	994°C <sub>18</sub>

**Tabla 1:** Características climáticas adoptadas.

## RESULTADOS

En cuanto a los consumos energéticos, comparando las dos situaciones regionales, la demanda promedio de las tipologías para la provincia de Neuquén (Ne) es de aproximadamente 170.000Kwh/año, con un consumo máximo de 210.000Kwh/año y un mínimo de 140.000kwh/año. Esto demuestra la homogeneidad de la infraestructura edilicia educativa, en cuanto a las características tipológicas, tecnológicas y dimensionales.

Para la provincia de Buenos Aires (BsAs), salvo los casos Tba1 y Tba4 las cuales corresponden a establecimientos de grandes dimensiones, el consumo promedio es de 70.000Kwh/año. Se observan dos escalas las cuales corresponden a propuestas edilicias y educativas diferentes. Una corresponde a mega establecimientos donde confluyen varios niveles educativos, con una población escolar cuantitativamente importante (aproximadamente 500alumnos). La otra propuesta, corresponde a establecimientos educativos de menor complejidad acorde a las posibilidades concretas de control, mantenimiento y gestión.

Se observa una amplitud sensible en los consumos medios de ambas situaciones (Ne, BsAs), debido por un lado a las realidades climático-regional, y por otro a los tamaños sensiblemente mayores de los edificios de Ne. Las mejoras aplicadas a la envolvente en el presente trabajo, disminuyen esta amplitud, siendo la situación resultante entre 65.000 y 40.000 kwh/año para Ne y BsAs respectivamente. (Figura 1)

En la figura 2, se observa la homogeneidad en cuanto a los consumos teóricos calculados en relación a la superficie cubierta construida climatizada, para las dos situaciones, correspondiendo un promedio de 135Kwh/m<sup>2</sup>/año para BsAs y 132Kwh/m<sup>2</sup>/año para Ne. Únicamente se separa del resto el tipo Tba5 (187,4Kwh/m<sup>2</sup>/año), con una organización lineal en galería, la cual posee una calidad edilicia de su envolvente no adecuada. Estos valores observan que por un lado a igualdad del indicador, los edificios de Ne poseen mayores tamaños (1200m<sup>2</sup> para Ne; 800m<sup>2</sup> para BsAs) con respecto a las de BsAs. Además se advierte que teniendo en cuenta las situaciones climáticas diferentes de ambas regiones, se demuestra la ineficiente respuesta de la calidad térmica de la envolvente edilicia de los casos analizados para BsAs. Esto se verifica con la implementación de técnicas de uso racional de la energía (URE), fundamentalmente las que atañen al presente estudio, las cuales ofrecerían una reducción sensible en el consumo de energía para calefacción, resultando indicadores promedio: 45Kwh/m<sup>2</sup>/año para Ne y 39Kwh/m<sup>2</sup>/año para BsAs.(Figura 2)

La elevación de dos grados de la temperatura base de calefacción implica consumos promedio de 30 % y 45% en más para Ne y BsAs respectivamente.

La inclusión de doble vidrio -previsto sólo para la situación de Ne- implica ahorros medios de 2,7% llegando a 3,6% para la tipología Tn4, la cual posee grandes superficies vidriadas. El beneficio estriba además en incorporar buenas carpinterías que no solo controlen la condensación superficial al disminuir su transmitancia térmica ("k"), sino también disminuir la infiltración de aire, dado que esta es la variable con mayor sensibilidad con respecto a las pérdidas energéticas. La reducción promedio aplicando esta medida, es de 52% para ambas localizaciones. (Figura3)

El incremento de la superficie de aventanamiento al doble para todas las tipologías equivale a incrementar las pérdidas en un 4,6% para Ne 2,6% para BsAs. La estrategia correcta estriba en equilibrar pérdidas y ganancias según orientación del edificio y la disposición de las superficies captoras.

La aislación correcta de los techos arroja un valor adicional para los periodos cálidos pero para el periodo invernal se pueden obtener disminuciones medias de energía de 6,7% (Ne) y 9,5% (Bs As). El caso de los tipos Tn1, Tn2, Tba1 y Tba2 (10, 10,3 14 y 11,4% respectivamente), corresponden a las construcciones más antiguas, tecnología pesada con cubierta de losa. La solución de aislación de cubiertas es la relativamente más fácil de solucionar, recurriendo a "techos invertidos" para cubierta plana, o prever espacio adicional necesario en cubiertas en pendiente. (Figura4)

La mejora de las condiciones térmico constructiva de los muros exteriores implica una reducción promedio en

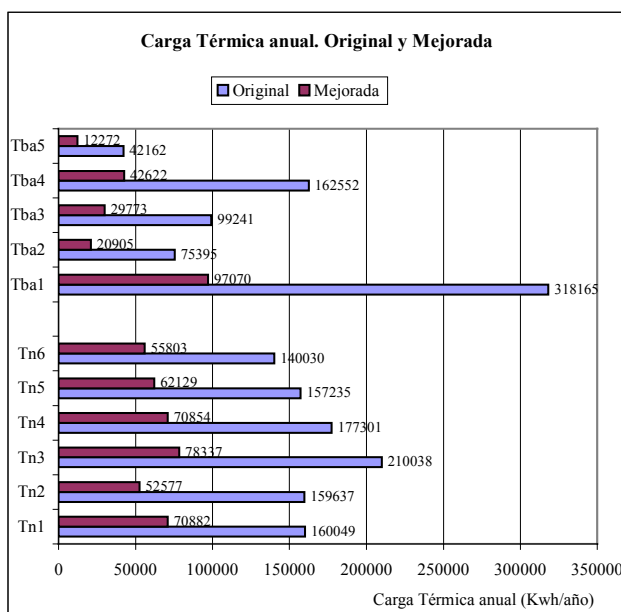


Figura 1. Comparación de las necesidades de energía para calefacción en la situación original y mejorada para cada tipología.

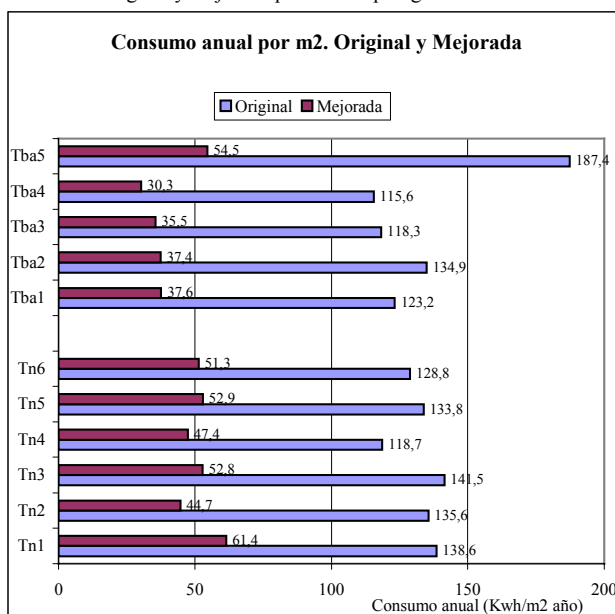


Figura 2. Comparación de las necesidades de energía para calefacción según su superficie, en la situación original y mejorada para cada tipología.

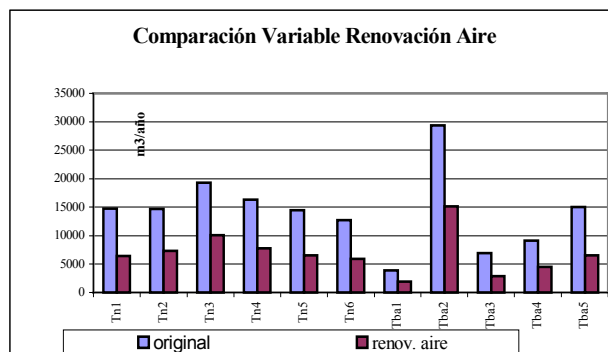


Figura 3: Comparación del consumo para la variable renovaciones de aire para la situación original y mejorada por tipología.

las necesidades energéticas entre 3.9% y 8.1% para Ne y BsAs respectivamente. Esta solución es la más complicada tecnológicamente ya que se debe apelar a alguna respuesta de “doble muro” lo que eleva los costos de materiales y mano de obra preestablecidos y el reciclado de construcciones existentes no es un problema fácil, solo tanto en lograr una correcta estanqueidad al vapor de agua al aplicar la aislación desde el interior del espacio o en la reducción del espacio habitable. (Figura5)

La reducción energética debido a la incorporación de aislación perimetral (1ml) del piso, equivale a un ahorro estimado de 0.5%, aunque esta medida mejora la condición de habitabilidad reduciendo el puente térmico entre piso y muro.

El diseño de edificios que contemple la posibilidad de una respuesta conservativa, implicaría reducciones entre 62,7% para Neuquén y 71% para Buenos Aires. Si además se trabaja a partir del aprovechamiento de la radiación solar mediante superficies captoras, produciendo calor adicional se obtendrá una fracción de ahorro solar (FAS) significativa, aunque por supuesto se debe recurrir a sobre costos iniciales, por sobre las inversiones corrientes, para construcción de edificios nuevos, que oscilan entre 650\$/m2 para Neuquen y 550\$/m2 para Buenos Aires. Para el caso de Ne, situación extrema desde el punto de vista climático la reducción de equipos de producción de calor (item que representa aproximadamente un 6% del Monto de Obra), implicaría la posibilidad de re-inversión en mejoras sobre la envolvente edilicia.

La variable más sensible en cuanto a la carga térmica, como ya dijimos, es la renovación de aire, donde se ha observado calidades de carpintería no aconsejables y deterioros estructurales en cuanto a su estanqueidad, además de una falta de control de apertura y cierre de las aberturas (puertas y ventanas). En segunda instancia la variable mejora de cubierta. (Figura 6, 7 y 8)

El promedio del consumo según la matrícula teórica que puedan albergar los establecimientos es de 273Kwh/al y 230Kwh/al lo que equivale a 0,020tep/al año y 0,023tep para Ne y BsAs respectivamente. Según la matrícula para los niveles Inicial, EGB y Medio, de 118.309 alumnos (Ne) y 2.131.707 alumnos (BsAs), el consumo teórico del parque edilicio es de 2.784tep y 42.267tep para Ne y BsAs. En la Tabla 2 se observan los ahorros para algunas hipótesis de intervención. (Tabla 2) (MCyEN, 1996)

Del análisis del caso del Distrito N°1 “Confluencia” de la provincia de Neuquén, teniendo como dato la representatividad de las tipologías existentes y el consumo energético de cada una de ellas se obtiene una carga térmica total anual de 13.539.678Kwh/año, equivalente a 1.167,2tep. Este distrito que es cuantitativamente el más importante de la provincia, según estos cálculos teóricos equivale al 42% del consumo energético requerido destinado a calefacción, para la provincia en el ámbito de la demanda de edificios de educación en los niveles mencionados. (Tabla 3)

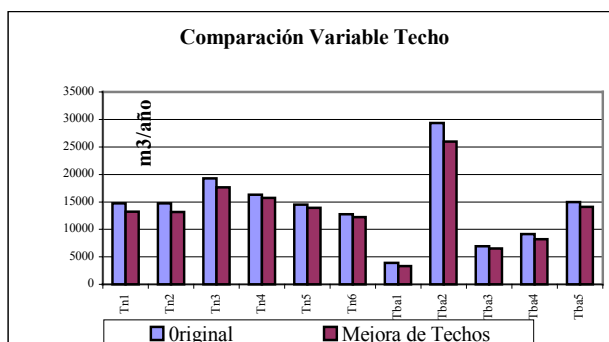


Figura 4: Comparación del consumo para la variable techo, para la situación original y mejorada por tipología.

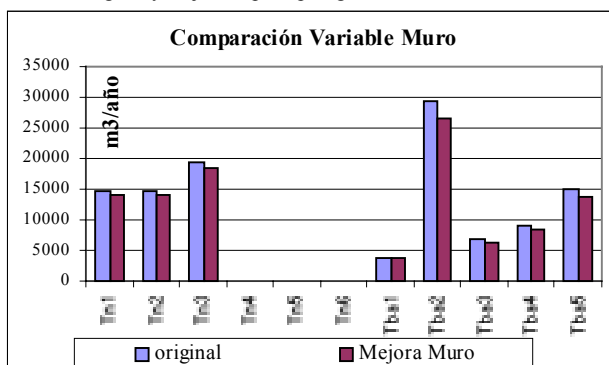


Figura 5: Comparación del consumo para la variable Muro para la situación original y mejorada por tipología.

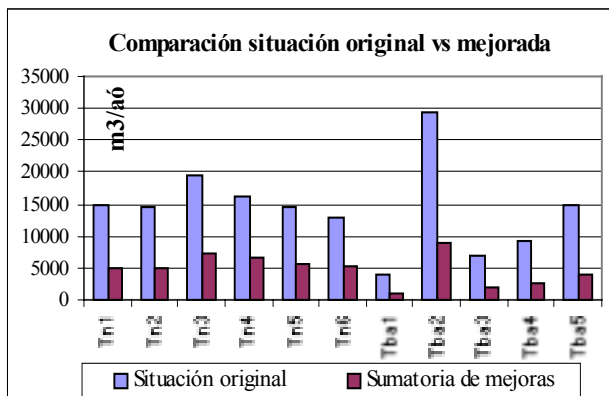


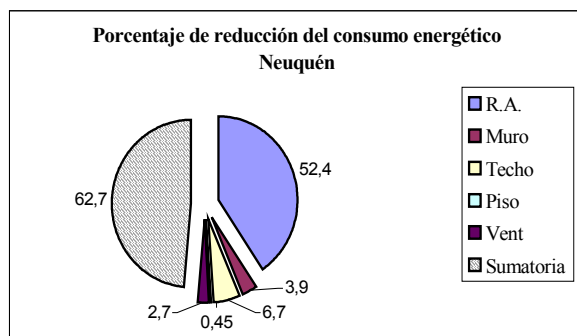
Figura 6: Comparación del consumo para la totalidad de las variables, para la situación original y mejorada por tipología.

	Ra/h	Techo	Muro	Total
Neuquén	1459	186	108	1746
BuenosAires	22106	4015	3423	30010

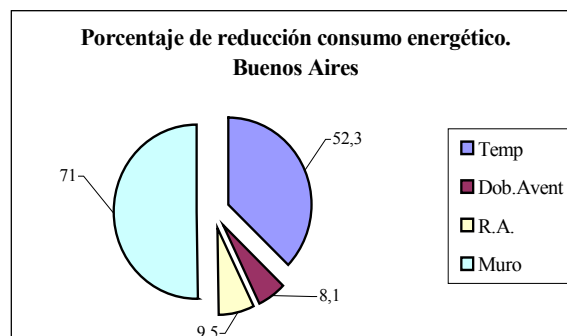
Tabla 2: Reducciones teóricas en TEP por variable de intervención.

	Cantidad	Kwh/m2	Kwh/año
Tn1	2	118,7	1596042
Tn2	9	138,6	3200166
Tn3	13	133,8	2201290
Tn4	9	128,8	1400300
Tn5	14	135,6	1436733
Tn6	10	141,5	2730494
Atípol. (prom)	23	132,8	3854653
Total	80	---	13539678

Tabla 3: Carga Térmica total y por grupo tipológico para el Distrito 1 “Confluencia”, de la provincia de Neuquén.



**Figura 7:** Comparación de la reducción del consumo energético según medidas de mejora de la envolvente. Provincia del Neuquén.



**Figura 8:** Comparación de la reducción del consumo energético según medidas de mejora de la envolvente. Provincia de Buenos Aires.

## CONSIDERACIONES FINALES

El estudio de la sensibilidad de variables, es un trabajo teórico que requeriría un análisis de campo exhaustivo si se quisiera ajustar los resultados obtenidos. De todos modos, se entiende que la situación de uso real no corresponde a modelos estacionarios; así como que se registran establecimientos con infra consumo energético, o con registros de uso de equipos de calefacción, alejados de un uso eficiente de los mismos. Otro de los aspectos es que no se han considerado ganancias internas o por radiación solar incidente.

Los valores obtenidos ofician de indicadores tendientes a una posible intervención en casos donde se puede actuar por reciclado edilicio y sobre todo en la nueva arquitectura educacional. Además se estiman globalmente los recursos destinados a un área del sector terciario –como es la educacional- y establecer estrategias y políticas en la gestión del sector. Sólo se valoran en este trabajo, los posibles ahorros energéticos, pero se deberían incluir las reducciones de emisión de contaminantes a la atmósfera; la eliminación o disminución de patologías constructivas, y la mejora de las condiciones de habitabilidad y confort de los ocupantes, teniendo en cuenta que el universo involucrado congrega 127.707 y 2.330.153 personas (docentes y alumnos respectivamente) que habitan en estos edificios diariamente.

## REFERENCIAS

- Czajkowski, J (1995). “Sistema Informático en ambiente CAD, EnergoCAD, para el diseño bioclimático y diagnóstico energético de edificios en múltiples escenarios”. Anais III Encontro Nacional ANTAC. Conforto no Ambiente Construido. Gramado. Págs. 366-370.
- IRAM (1990-1999). “Serie de normas sobre acondicionamiento térmico de edificios: 11549, 11601, 11603, 11625”. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- MC y EN. (1996). “Censo Nacional de Docentes y Establecimientos educativos, 1994”. Resultados definitivos, Serie N°1.
- Rosenfeld E., Discoli C. (1993). “El uso de los recursos del hábitat. Edificios bioclimáticos inteligentes”. En “Elementos de Política Ambiental”, de la Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. (pp649 a 664)
- San Juan G. (1994). “Comparación de variables arquitectónico-energético, en el ámbito de la provincia de Buenos Aires”. Publicado en el Boletín NE4 del IDEHAB, FAU, UNLP. (7 pag).
- San Juan G. (1997-2000). “Implicancias Ambientales de las Variables Estructurales correspondientes al parque edilicio de educación”. Tesis de Magister. Escuela de posgrado en ambiente y patología ambiental UNLP, Universidad de los Altos Estudios de Siena.

**ABSTRACT:** The educational building typologies comparative analysis from the Neuquén and Buenos Aires counties are presented, as for the building and energetic variables reply. The work is carried out from the detection of those official production sufficiently representative buildings, comparing their energy consumption in order to quantify and to value the incidence of the involved variables. Real and optimised situation indicators are exposed, as well as the incidence in a school district.