

SENSIBILIDAD ENERGÉTICO-AMBIENTAL DE MODULOS EDILICIOS ESCOLARES, PARA DOS SITUACIONES REGIONALES EN LA ARGENTINA

Gustavo San Juan¹, Santiago Hoses²

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat, UI nº2, FAU, UNLP
Calle 47 NE162. CC 478 (1900) La Plata. http://idehab_fau.unlp.tripod.com/ui2
e-mail: g-sanjuan@topmail.com.ar. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587/90. Int.: 254
e-mail: santhoses@yahoo.com. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587/90. Int.: 254

RESUMEN

El trabajo que se expone profundiza el estudio de la arquitectura educacional considerando el concepto de niveles de organización o principio de niveles de integración. Se expone la metodología y resultados del análisis del nivel jerárquico Módulo Edilicio (Sistema modular) o sectores funcionales homogéneos, a partir de su funcionamiento energético-ambiental de acondicionamiento para el período invernal. Se adoptan como ámbitos de estudio la producción edilicia escolar de las provincias de Buenos Aires (994 grados día₁₈) y Neuquén (1680 grados día₁₈) de la República Argentina, bajo el concepto de respuesta regional. Se expone metodología, técnicas utilizadas, escenarios de cálculo real y optimizado, resultados en disminución del consumo energético y emisión de poluentes.

La metodología de diseño que subyace bajo la presente propuesta de investigación es la de profundizar en la actitud metodológica del diseño a partir de la organización edilicia, lo que conocemos como respuesta tipológica, asentándose éste sobre sus diferenciales de composición/organización. Los módulos, repetibles o no, son considerados como energo-productivos en la relación oferta-demanda, tanto con su medio (materia y energía) como en función de las condiciones de prestación y confort que deben cumplir.

Palabras Clave: Arquitectura Educacional, Niveles de Integración, Energía, Ambiente, Tecnología

1. INTRODUCCION

El estudio particularizado de la arquitectura educacional –entre otras-, puede ser abordado a partir del concepto de “*niveles de integración*” o principios de control jerárquico, según el nivel y unidad de análisis del que se trate. Así como a los “*niveles de organización*”, asimilando el concepto a niveles bióticos planteados por la ecología moderna, donde a cada uno de ellos le corresponde un sistema funcional característico, con elementos, propiedades y relaciones entre ellos y su contexto (ODUM, E.P, 1975) (SAMAJA J., mimeo). La combinación de los diferentes componentes o sistemas, originan nuevas propiedades, definiendo una nueva organización y un nuevo sistema que no corresponde a su simple sumatoria. Para el presente trabajo se plantea el problema según los requerimientos de oferta y demanda de los recursos críticos necesarios para su funcionamiento, en particular el energético para su acondicionamiento ambiental, y la tecnología (técnicas + conocimiento) para poder realizar el estudio y su evaluación.

Se presenta la evaluación del funcionamiento energético-ambiental de diferentes “*módulos edilicios o sectores funcionales homogéneos*” de edificios escolares representativos de la producción edilicia en dos provincias argentinas significativas desde el punto de vista histórico de la gestión escolar, de la magnitud de su oferta y de sus características climáticas. Estos módulos analizados corresponden a:

¹

Investigador CONICET , ²

Becario de Perfeccionamiento CONICET

Aulas, Salón de Usos Múltiples, Administración y Circulación, correspondientes a un nivel de integración comprendido entre, *las partes* o componentes y el propio *edificio* como unidad. La incidencia de cada uno de ellos, en relación a las características dimensionales, tecnológicas, de confort del usuario, y del sitio de emplazamiento, caracterizan la demanda energética y su consecuencia ambiental. (Tabla 1)

Tabla 1: Niveles de organización, adaptado de ODUM E.P. (SAN JUAN G. 2000)

Unidades biológicas	Genes	Células	Organos	Organismos	Poblaciones	Comunidades
Componentes Abióticos		Mater ia			Energ ía	
Unidades físicas	Moléculas	Componentes	Módulos Edilicios	Edificios	Redes/no redes	Ciudad
Sistemas físicos	Sistema Molecular	Sistema Componente	Sistema Modular	Sistema Edilicio	Sistema Sectorial	Sistema Ciudad

Se exponen los resultados de la comparación de 11 tipologías edilicias representativas de la producción arquitectónica escolar de las provincias de Buenos Aires (994GD, 35°latitud sur, 57,9 longitud) y Neuquén (1680GD, 39°latitud sur, 68,1 longitud), de la Argentina, las cuales corresponden a tipos organizacionales y tecnológicos, correspondientes a las gestiones de gobierno de los últimos 50 años. Se trabaja sobre la situación original estándar y la aplicación de estrategias de mejoramiento tecnológico de la envolvente edilicia, con el objeto de disminuir el consumo energético, minimizar las emisiones de poluentes a la atmósfera y mejorar las condiciones de habitabilidad interior.

Si bien a lo largo de la historia de la humanidad se han destinado numerosos edificios a la educación, recién en el s.XIX aparece el término “arquitectura escolar”, en un trabajo escrito por Henry Banard en 1838. Pero el auge de la enseñanza primaria ocurrió en 1763 con la instauración de la escuela elemental obligatoria por Federico el Grande de Prusia. Surgen así las primeras construcciones de enseñanza elemental. Durante este período, influenciado por la revolución industrial y la migración hacia la ciudad, se incrementa la demanda de aulas tanto a nivel primario como secundario lo que llevó a fines del s.XIX a producirse los primeros manuales de soluciones escolares, donde lo pedagógico y lo arquitectónico se relacionaban. Luego de la primera guerra mundial se revisaron los sistemas, métodos y prácticas de la actividad educativa, marcada por la crisis general. Posteriormente a la segunda guerra, la explosión demográfica y la revolución tecnológica hacen que la escuela sea un organismo que se adecue a las necesidades sociales y económicas de sus núcleos de pertenencia. Comienzan así métodos y sistemas educativos, se realizan estudios especiales e investigaciones con el propósito de adecuar los espacios de funcionamiento cambiante a la demanda masiva.

Ya sobre la década '60, nace la idea de “prototipo”, como modelo repetible a escala regional. Esta ha sido desde entonces una de las líneas de diseño que pervive hasta nuestros días. La otra línea antagónica, plantea la relación franca entre continente (arquitectura) y contenido (pedagógico-curricular), perdiéndose la idea de modelo repetitivo.

A partir del año 1993, se sanciona en la Argentina la nueva “Ley Federal de Educación N°24.195”, la cual modifica la estructura educativa, sus contenidos, e influencia los requerimientos espaciales en los edificios escolares. Prioriza en forma expresa el “Proyecto Institucional”, el cual regula la estructura organizativa del establecimiento y las diferentes formas de enseñanza. Por otro lado exige la maximización del uso del recurso físico, con lo cual permitir una correcta relación costo-beneficio bajo las exigencias de confort y habitabilidad, según las condiciones locales, físicas, tecnológicas y sociales disponibles. (MCEN, 1997)

Podemos concluir al respecto que la nueva producción arquitectónica, pública de gestión pública, debería estar dirigida a un proceso integrado por estas dos visiones. Por un lado se deberá trabajar a niveles de gestión de redes homogéneas tanto entre establecimientos educativos (relación circular) como con los distintos organismos encargados de la gestión pública (relación vertical). Por otro lado no se podrá satisfacer las necesidades genuinas, más allá de la magnitud de la demanda, en cantidad de aulas o metros cuadrados acudiendo a la repetición de un “tipo”, donde por otro lado se exige la autonomía en el campo de las instituciones educativas. Se requiere en consecuencia operar sobre un nivel de integración intermedio, el *módulo edilicio* o unidad funcional mínima, el cual corresponde al diferencial de requerimientos, espaciales, funcionales, tecnológicos, energéticos, ambientales. Las partes o componentes definen las características del sistema inmediato superior.

2. METODOLOGIA

2.1. Universo de análisis

Se han adoptado para el análisis las unidades representativas de la producción oficial, no precarias ni obsoletas, las cuales en cada período de gestión han sido referentes repitiéndose una cantidad significativa de veces en las regiones analizadas. Estos edificios corresponden a organizaciones tipológicas las cuales cuentan además con diferentes modelos según su nivel educativo de pertenencia o el crecimiento registrado. 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 seis tipos representativos: Tn1 (gestión 1946-1955); Tn2 (1966-73); Tn3 (1976-83); Tn4 y Tn5 (1983-91); Tn6 (1991-99). Para la provincia de Buenos Aires cinco tipos representativos: Tba1 (1973); Tba2 (1981); Tba3 (1983); Tba4 (1997); Tba5 (1963) (Tabla 2 y 3).

Tabla 2: Tipologías representativas de la provincia de Neuquén

Tn1	Tn2	Tn3	Tn4	Tn5	Tn6

--	--	--	--	--	--

Tabla 3: Tipologías representativas de la provincia de Buenos Aires

Tba1	Tba2	Tba3	Tba4	Tba5

--	--	--	--	--

Las políticas de racionalización de la producción edilicia y su parque existente se deben sentar sobre el conocimiento del comportamiento de las tipologías que conforman el parque edilicio escolar y sus módulos o diferenciales de prestación que lo componen. Al respecto estos diferenciales o *sectores funcionales* (SF) de los establecimientos se agrupan teniendo en cuenta las particularidades de cada caso, determinándose áreas diferenciadas según el tipo de prestación. Dentro de cada una se consideran sus distintos servicios. Se distinguen las siguientes áreas (Tabla 4):

Tabla 4. Módulos edilicios que conforman os edificios escolares

1	AU	Aulas: Comunes, especiales.
2	SA	Sectores Administrativos: Dirección, Secretaría, Administración, tesorería, Cooperadora.
3	SM	Salón de Usos Múltiples (SUM): salón de actos, Comedor
4	AC	Circulaciones.
5	AX	Servicios auxiliares y de apoyo
6	DE	Areas deportivas y de esparcimiento, al aire libre

Cada una de estos SF conforman lo que se denomina Módulos Edilicios Energo-Productivos (MEEP) dimensionados a partir de sus características funcionales y dimensionales, sobre sus solicitudes energéticas y de habitabilidad requerida. En el presente trabajo sólo se trabaja a partir de los cuatro primeros, ya que el dimensionado se realiza a partir de las necesidades de climatización de los sectores. (ROSENFELD Y. et al, 1997) (DISCOLI C. et al, 1996).

2.2. El universo de análisis

Analicemos ahora en números el universo de análisis, o sea todas aquellas entidades o casos en las cuales es posible generalizar los resultados. Entendemos que el presente trabajo expone una metodología de análisis y resultados provisorios, los cuales muestran una tendencia, no estudios extensivos. En este caso se analizan sólo los edificios dedicados a nivel primario, actual EGB (Educación General Básica). Como características de la educación común, se desprende que la concentración de los recursos del Estado en la enseñanza básica corresponden al *sector estatal*, con el 74,9% de las unidades educativas, el 75,6% del alumnado y el 69,4% de los docentes en actividad, donde el 60% corresponde al nivel primario (MCEN, 1996), el doble del sector privado.

Podemos acercar algunos indicadores que nos caractericen la red de edificios escolares de las dos provincias involucradas. El país cuenta con 33.496 edificios, correspondiendo el 76% al sector estatal y el 24% restante al privado, sabiendo que a diferencia de los últimos, los primeros constituyen por lo menos un 75% de edificios construidos con tal finalidad. En el sector estatal a la provincia de Buenos Aires le corresponde el 58% y a Neuquén el 89%. En cuanto a la antigüedad de la producción edilicia es estable a través de los años, aunque podría inferirse que si bien en las últimas tres décadas se ha realizado el 40%, lo que implica que el 60% restante estaría desactualizado según las nuevas prácticas educativas y fundamentalmente al cambio debido a la aplicación de la Ley Federal de Educación. También se desprende de este dato que seguramente se posee carencias de mantenimiento, recambio de equipos, y mejoras de acuerdo a los avances tecnológicos actuales. Un indicador que acompaña lo recién indicado es el que atañe a la infraestructura de servicios. En el sector estatal, a escala nacional, el 55% sólo accede al agua de la red pública y el 77% cuenta con electricidad, agravándose en situaciones como la provincia de Neuquén donde este indicador alcanza el 66%. En cuanto a la provisión de energía eléctrica por red en el mismo sector a nivel país se cuenta con el 77,3% en similar correlato para las provincias analizadas (MCEN, 1996)

2.2. Regiones de análisis

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. (IRAM 1990-99) (Tabla 5)

Tabla 5: Datos climáticos relevantes y Zonificación Bioclimática

	LA PLATA	NEUQUEN
Zona Bioambiental	IIIb	IVb
Temp. Media Día	°C	16
Temp. Máx. med. Día	°C	21,4
Temp. Mín. med. Día	°C	11,9
Vel. Viento	Km/h	11,4
Rad. Global. Med. Día	MJ/m2	16,1
GD. Calef. 18	°C	994
GD. Enf. 25	°C	139
HR med. Invierno	%	84
HR med. Verano	%	72
Temp. Med. Rocío inv.	°C	7,9
Temp. Med. Rocío ver.	°C	16,2
		-1,2
		5,5

2.4. Escenarios de cálculo

Los escenarios propuestos están representados por las variables que a continuación se detallan y que son consideradas como *operacionales*, mediante las cuales se producirá la comparación entre la simulación “real” y “optimizada”, de los distintos casos analizados:

0. *Situación original*: Considerando una temperatura base de calefacción de 18°C para Aulas y Administración, y 16°C para SUM y Circulación. Nueve renovaciones de aire por hora (ra/h), en función del tipo y calidad de las carpinterías existentes. Tecnología original según cada propuesta.
1. *Situación optimizada*: 1.1. Reducción de las renovaciones de Aire: a 4ra/h; 1.2. Mejora de la transmitancia térmica (“K”); 1.3. Mejora de la capacidad de aislación térmica de muros expuestos; 1.4. Incorporación de doble vidrio (Sólo para Neuquén); 1.5. Aislación perimetral en pisos en contacto con el exterior (Sólo para Neuquén); 1.6. El total de las mejoras realizadas: ra/h + techo + muro + ventanas + piso (Neuquén) y ra /h+ techo + muro (Buenos Aires).

El funcionamiento anual establecido para los establecimientos educativos del nivel EGB, considera 130 días hábiles anuales y 10hs diarias, considerándose 30al/aula, lo que implica que el consumo real de energía para calefacción se reduce a un 24,3% del total teórico (100%) de funcionamiento continuo (24hs-365días). Para el cálculo de la carga térmica se utilizó un balance estacionario en soporte AutoCAD y valores de transmitancia térmica (“K”) según norma (IRAM, 1990-1999) Las emisiones fueron calculadas sólo para el vector energético de gas, destinado a calefacción. Esta metodología podría realizarse para otros combustibles utilizados, líquidos o sólidos o inclusive para la producción de energía eléctrica. Esta información es valiosa para conocer los inventarios de emisión producidos no sólo por las redes de educación sino por otros sectores edilicios involucrados en la ciudad.

3. RESULTADOS

3.1. Condiciones tecnológicas de la envolvente edilicia

La minimización del consumo energético -para este caso de estudio-, derivado de las necesidades para acondicionar los espacios habitados, depende por un lado del aprovechamiento de los aportes **pasivos** (P), tanto internos, aportados por los propios usuarios, como externos derivados de la incidencia de la radiación solar. Para este último caso las respuestas derivadas de la forma edilicia, la correcta disposición de los elementos de captación y fundamentalmente su emplazamiento, determinan la calidad ambiental interna. La mayoría de las escuelas representadas corresponden a localizaciones urbanas, donde, debido a los exiguos grados de libertad que ofrece la relación entre la tipología, el loteo de la trama y el tejido circundante asociado a obstrucciones aledañas, limita dicho aprovechamiento. Esta estrategia requiere de un estudio particularizado para cada caso, aunque por cierto existen reglas generales de aplicación.

Por otro lado, el otro componente posible es la **conservación** (C), o sea la aplicación de estrategias con el objeto de hacer eficiente la energía utilizada por el edificio mediante una acción planificada de los recursos críticos. Se adopta entonces una serie de medidas asentadas sobre la mejora de la calidad y sobre la capacidad de aislación térmica de la envolvente edilicia, entendida ésta como la interface entre las condiciones ambientales interior y exterior. De este modo se minimizan las pérdidas de calor, implementando acciones mínimas, como por ejemplo burleteo y cierre automático de aberturas, o el reemplazo de carpinterías por otras de mejor calidad, adecuando el diseño de apertura, control solar, minimización de puentes térmicos y reducción de las infiltraciones de aire, además de la adopción -si se justifica- de doble vidrio como en el caso de Neuquén. (PATTINI A., et al, 1996)

Por otro lado, las superficies opacas, compuestas por, piso, muro y techo, admiten para todas las tipologías en las dos regiones, mejoras sustanciales, adicionando aislante térmico (poliestireno expandido o lana de vidrio, de 20kg/m³). Otra posibilidad de mejora es la reducción de los volúmenes edilicios y por consiguiente de cantidad de aire a calefaccionar; su manejo sectorizado en relación con los equipos de climatización adoptados; el uso de reguladores de temperatura automáticos y el diseño tecnológico del edificio en relación al tipo de uso, duración de la actividad y período diario utilizado.

3.1. Nivel de integración: Módulo Edilicio

Podemos focalizar el análisis en un nivel de integración menor, con lo cual las unidades de análisis se corresponden con los sectores funcionales los cuales corresponden a diferenciales de comportamiento del edificio como totalidad. Ya hemos comentado en la introducción sobre los *niveles de organización* donde a cada uno de ellos le corresponde requerimientos particulares, así como análisis específicos. En este nivel entonces analizaremos los cuatro sectores representativos, Aula, Salón de Usos Múltiples (SUM), Circulación y Administración. Cada uno adquiere un aporte proporcional tanto en el requerimiento ambiental, energético y colabora en la emisión de poluentes. Estos sectores son llamados también módulos edilicios energo-productivos, (MEEP) (Ver tablas 6 y 7)

Para el caso de los edificios en Neuquén, se observa con claridad que para todas la tipologías, el sector aula es el de mayor incidencia, con un promedio de 8100 m³/año correspondiendo al 52,5% del consumo total anual. Para los casos Tn1, Tn2 y Tn3, los más antiguos, los valores de consumo tanto en la situación original como mejorada son los más altos, debido a las dimensiones de sus aulas y su tecnología constructiva. Se registra para este MEEP, significativas reducciones en relación al total del área calefaccionada con un 40% para Tn1, Tn2 y Tn3 y 30% para Tn4, Tn5 y Tn6.

Tabla 6. Indicadores e índices de caracterización. Provincia de Neuquén. Consumo de gas destinado a calefacción para la situación real y mejorada

Tipología Tn1 MEEP m2cub.	Original			Mejorada			
	m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup	
Aula	613	8533	58.0	13.9	2399	48.0	3.9
Administración	112	1522	10.3	13.6	487	9.7	4.3
S.U.M.	196	3019	20.5	15.4	1345	26.9	6.9
Circulación	135	1649	11.2	12.2	771	15.4	5.7
Total	1056	14723	100	13.9	5002	100	4.7

Tipología Tn2 MEEP m2cub.	Original			Mejorada			
	m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup	
Aula	687	8371	57.0	12.2	2093	43.3	3.0
Administración	112	757	5.2	6.8	220	4.5	2.0
S.U.M.	270	3954	26.9	14.6	1817	37.6	6.7
Circulación	165	1604	10.9	9.7	706	14.6	4.3
Total	1234	14686	100	11.9	4836	100	3.9

Tipología Tn3 MEEP m2cub.	Original			Mejorada			
	m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup	
Aula	816	10911	56.5	13.4	3480	48.3	4.3
Administración	108	1488	7.7	13.8	501	7.0	4.6
S.U.M.	290	3839	19.9	13.2	1694	23.5	5.8
Circulación	270	3084	16.0	11.4	1531	21.2	5.7
Total	1484	19322	100	13.0	7206	100	4.9

Tipología Tn4 MEEP m2cub.	Original			Mejorada			
	m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup	
Aula	661	7344	45.0	11.1	2351	36.1	3.6
Administración	49	581	3.6	11.9	212	3.3	4.3
S.U.M.	490	5795	35.5	11.8	2659	40.8	5.4
Circulación	294	2591	15.9	8.8	1295	19.9	4.4
Total	1494	16311	100	10.9	6517	100	4.4

Tipología Tn5 MEEP m2cub.	Original			Mejorada			
	m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup	
Aula	640	7432	51.4	11.6	2367	41.4	3.7
Administración	87	1087	7.5	12.5	381	6.7	4.4
S.U.M.	206	3759	26.0	18.2	1824	31.9	8.9
Circulación	242	2187	15.1	9.0	1143	20.0	4.7
Total	1175	14465	100	12.3	5715	100	4.9

Tipología Tn6 MEEP m2cub.	Original			Mejorada			
	m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup	
Aula	539	6057	47.0	11.2	1885	36.7	3.5
Administración	54	753	5.8	13.9	281	5.5	5.2
S.U.M.	260	3536	27.4	13.6	1635	31.8	6.3
Circulación	234	2536	19.7	10.8	1333	26.0	5.7
Total	1087	12882	100	11.9	5134	100	4.7

Tabla 8: Indicadores e índices de caracterización. Prov. de Buenos Aires.
Consumo de gas destinado a calefacción para la situación real y mejorada

Tipología Tba1	MEEP m2cub.	Original			Mejorada		
		m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup
Aula	1237	20847	70.4	16.9	6723	73.1	5.4
Administración	157	2818	9.5	17.9	855	9.3	5.4
S.U.M.							
Circulación	1189	5946	20.1	5.0	1620	17.6	1.4
Total	2583	29611	100	11.5	9198	100	3.6

Tipología Tba2	MEEP m2cub.	Original			Mejorada		
		m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup
Aula	280	4933	70.2	17.6	1481	76.2	5.3
Administración	60	1082	15.4	18.0	354	18.2	5.9
S.U.M.	219	1010	14.4	4.6	108	5.6	0.5
Circulación							
Total	559	7025	100	12.6	1943	100	3.5

Tipología Tba3	MEEP m2cub.	Original			Mejorada		
		m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup
Aula	816	5751	62.9	7.0	1897	69.2	2.3
Administración	108	1374	15.0	12.7	435	15.9	4.0
S.U.M.	290	1624	17.8	5.6	330	12.0	1.1
Circulación	270	389	4.3	1.4	78	2.8	0.3
Total	1484	9138	100	6.2	2740	100	1.8

Tipología Tba4	MEEP m2cub.	Original			Mejorada		
		m3 gas	%	m3/sup	m3 gas	%	m3/sup
Aula	768	11945	78.1	15.6	3459	85.1	4.5
Administración	61	1134	7.4	18.6	393	9.7	6.4
S.U.M.	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
Circulación	577	2219	14.5	3.8	211	5.2	0.4
Total	1406	15298	100	10.9	4063	100	2.9

El segundo sector en importancia corresponde al SUM, con un promedio de 26% del consumo total anual. Las variaciones en este caso corresponden a las dimensiones volumétricas y el grado de exposición de las superficies envolventes. El tercer sector significativo en importancia corresponde a las circulaciones con un promedio de 14,8%. En este caso las variaciones dependen de la cantidad y grado de exposición de este tipo de superficies según la resolución tipológica, recordando además que la temperatura base de calefacción considerada es de 16°C y no 18°C. El aporte del sector Administración es menor con una participación de un 6,6% en el consumo total. (Figura 1)

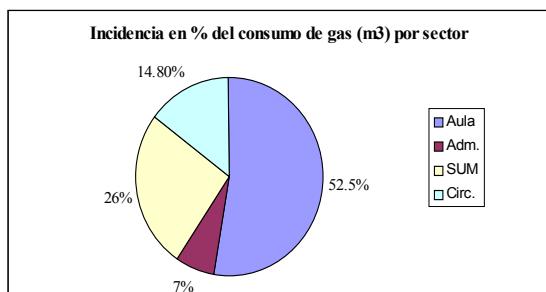


Figura 1: Tipologías de la prov. de Neuquén

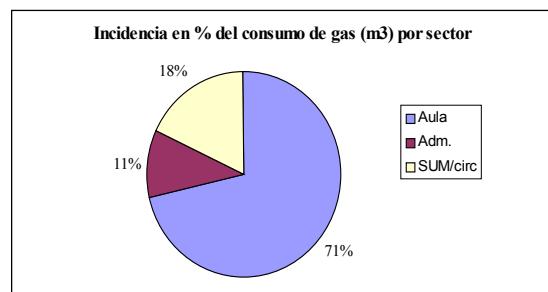


Figura 2: Tipologías de la prov. de Buenos Aires

Para las tipologías correspondientes a la provincia de Buenos Aires, se corrobora la misma hipótesis, el sector aula se convierte en el MEEP energo intensivo con un promedio del 71% sobre el total del consumo anual para calefacción, el cual es dispar para cada una de las tipologías, con valores extremos entre 20100 m³/año a 5000 m³/año. En un segundo plano de participación se encuentra al área correspondiente a SUM y circulaciones aportando con el 18,4%. Se consideraron en forma conjunta para el cálculo ya que generalmente no se reconoce una definición clara entre los dos sectores. El sector administrativo cuenta con el 10,6%. (Figura 2) (Figura 3)

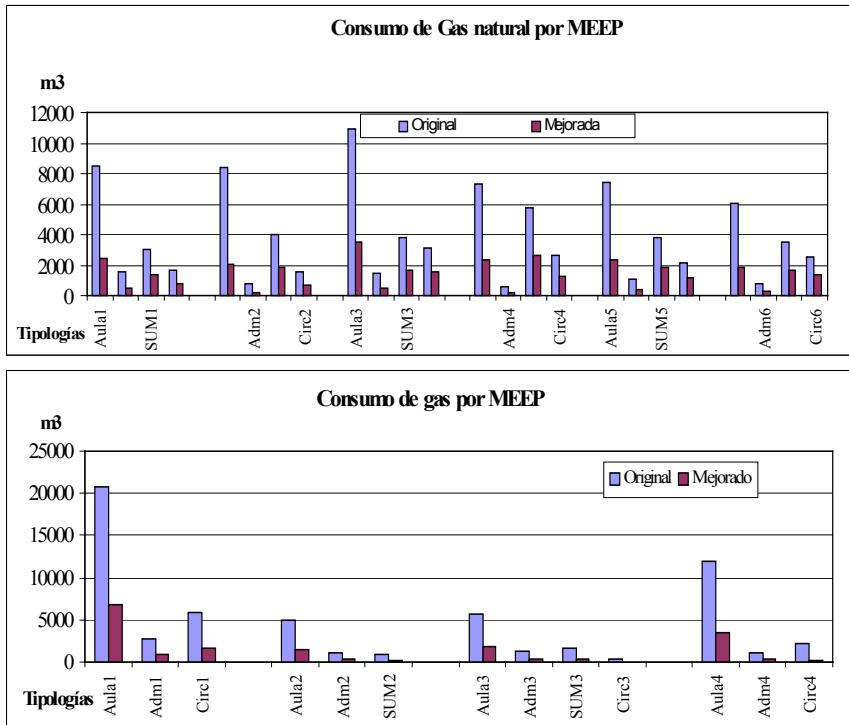


Figura 3: Representación de los Módulos Edilicios por tipología. Neuquén y Buenos Aires

3.3. Emisión de poluentes a la atmósfera

Las consecuencias de un diseño no consciente de la aplicación de criterios de conservación de la energía, no sólo incide sobre la calidad ambiental interior de los espacios, afectando el confort del usuario, sino influye además en los costos operativos de mantenimiento, funcionamiento y sobre los *costos ambientales globales*. Estos últimos, debidos a la emisión de poluentes contaminantes a la atmósfera, siendo el producto de la combustión de los distintos vectores energéticos involucrados en el funcionamiento de los edificios y en el nivel de organización mayor, la ciudad.

La emisión anual puede ser calculada a partir de los coeficientes de emisión de cada combustible en Kg/TEP (tonelada equivalente de petróleo) en relación del consumo energético primario o al final. Para el presente análisis, se asienta el cálculo a partir del consumo de gas natural (GN) para calefacción, obteniéndose la emisión de cada poluente en kg/TEP/año, determinándose además los índices de caracterización, por m² y por alumno:

- Emisión poluente [kg CO₂;CO; SO₂ Nox;HC, Part. /año]
- Emisión poluente [kg CO₂;CO; SO₂ Nox;HC, Part. /m²]
- Emisión poluente [kg CO₂;CO; SO₂ Nox;HC, Part. /alumno]

A partir del cálculo teórico de cada uno de los MEEP analizados y generalizando los datos en función de los tipos edilicios, se estiman las emisiones producidas, involucrando el universo de análisis total de las provincias de Buenos Aires y Neuquén a partir de la construcción de índices de consumo promedio tales como: consumo (m³)/al; consumo (m³)/sup.constr (m²); consumo (m³)/vol. const (m³). Si bien estos índices han sido elaborados a partir de datos de cálculo teóricos, y sobre un universo restringido, la metodología desarrollada sustenta la posibilidad de generalizar los resultados con el fin

de estimar un “consumo teórico global” y un “inventario global” de emisiones. En la tabla 8 se sintetizan los consumos según la situación original de los edificios y la hipótesis de aplicación de una mejora en las condiciones tecnológicas de la totalidad de los edificios.

Tabla 8: Indices de consumo “teórico” por alumno para el soporte físico involucrado.

	BUENOS AIRES		NEUQUEN		Reducción (%)
	Kwh/al	m3/al	Kwh/al	m3/al	
ORIGINAL	229.9	21.2	220.2	20.3	70.7
MEJORADA	66.8	6.2	20.3	9.8	51.7

Se calcula entonces la emisión de cada poluente, considerando los niveles de educación común, correspondiendo a los niveles: Educación General Básica (EGB) y Polimodal, correspondiendo con los anteriores niveles: inicial-primario y medio, respectivamente. (DISCOLI C, 1998)

$$\text{Emisión CO}_2, \text{CO; SO}_2, \text{NO}_x, \text{HC, Part. /año} = (\text{GN [m}^3\text{]}/1070) \cdot \text{coef.emisión.} = (\text{GN [TEP]} \cdot \text{coef.emis.}) = \text{Eq.01}$$

Por lo tanto considerando 2.131.701 alumnos para la provincia de Buenos Aires y 118.309 alumnos para Neuquén se obtiene un consumo estándar de: 42.236 TEP y 2.245 TEP en la situación original y 12.248 TEP y 838 TEP para la hipótesis de mejoramiento, aplicando la totalidad de las medidas. Si bien se entiende que el sector educación tiene la particularidad de contar con numerosos establecimientos educativos de mediana complejidad y baja densidad energética, si se involucra el sector Salud, se implican importantes demandas energéticas a escala regional (Por ejemplo en el área piloto del Gran La Plata, corresponde al 50% del consumo energético del Sector Terciario) (DISCOLI C., SAN JUAN G., 1998). (Tabla 9)

Tabla 10: Indicadores de emisión de poluentes. Situación original y optimizada respectivamente.

SITUACION	BUENOS AIRES		NEUQUEN	
STANDARD	Kg/TEP/año	Kg/TEP/50años	Kg/TEP/año	Kg/TEP/50años
CO2	16.050	802.475	853	42646
CO	16.050	802.475	853	42646
SO2	2.112	105.590	112	5611
Nox	76.024	3.801.200	4040	202.005
Hc	16.050	802.475	853	42646
Particulado	8.025	401.240	426	21323
SITUACION	BUENOS AIRES		NEUQUEN	
OPTIMIZADA	Kg/TEP/año	Kg/TEP/50años	Kg/TEP/año	Kg/TEP/50años
CO2	5.987	299.350	247	12.350
CO	5.986	299.350	247	12.350
SO2	788	39.400	33	1.624
Nox	28.357	1.417.850	1.172	58.580
Hc	5.987	299.350	247	12.368
Particulado	2.993	14.9650	124	6.177

Por otro lado se debe tener en cuenta que el GN es considerado como un combustible “limpio”. Para el caso de Neuquén se debe tener en cuenta el subsidio al gas actualmente en vigencia en el sur patagónico, lo que implica un acostumbramiento a consumos no controlados, no conscientes, justificados por el bajo costo, lo que se magnifica en los edificios del sector público, agravándose el escenario debido a la rigurosidad climática y la inadecuada calidad térmica edilicia.

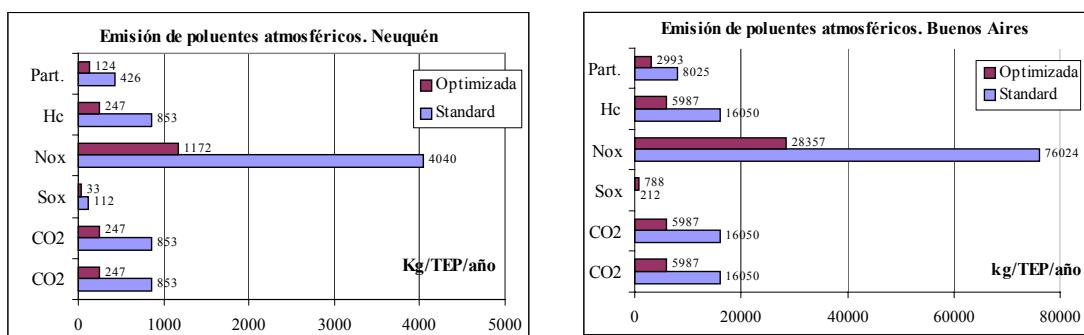


Figura 4. Emisión de poluentes atmosféricos. Neuquén y Buenos Aires. Original y Optimizada.

4. CONCLUSIONES

Este tipo de estudios continúa la investigación en desarrollo la cual se adentra en cada uno de los niveles de integración planteados, tanto sobre la *gestión de redes edilicias* de educación, entendidas éstas como el conjunto de establecimientos con atributos comunes de funcionamiento, control de gestión, prestación de servicios, materialidad que operan en una unidad geográfica común y que en conjunto conforman una misma unidad espacial; como sobre los propios *edificios*, o sobre los componentes que conforman y caracterizan cada uno de los módulos edilicios. (SAN JUAN G., EVANS M. et al 1996). Se trabaja no sólo sobre el estudio de los edificios existentes, módulos o componentes, detectando su situación estándar; sino proponiendo pautas de diseño sobre diferentes aspectos: tecnología, dimensiones, forma, ubicación, entre otras características.

La metodología de diseño que subyace bajo la presente propuesta de investigación es la de profundizar en la actitud metodológica del diseño a partir de la organización edilicia, lo que conocemos como respuesta tipológica, asentándose éste sobre los elementos diferenciales de composición/organización. Los módulos seleccionados, repetibles o no, son considerados como energo-productivos en la relación oferta-demanda, tanto con su medio (materia y energía) como en función de las condiciones de prestación y confort que deben cumplir.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DISCOLI, Carlos. **El diagnóstico de la gestión productiva-energético-ambiental de las redes territoriales del sector Salud.** UNLP-Argentina. Escuela de Patología Ambiental. La Plata, 1998.
- DISCOLI, Carlos, SAN JUAN, Gustavo. **Modedización de las redes del terciario en sus dimensiones edilicias, energéticas y productivas. Determinación y comparación de perfiles característicos de comportamiento de los sectores Salud y Educación.** Revista AVERMA. Vol 2, año 1998, Pág. 06.17.
- IRAM. Instituto Argentino de racionalización de materiales. **Serie de normas sobre acondicionamiento térmico de edificios: 11549, 11601,11603,11625.** Años 1990-99.
- ODUM, Eugene P. **Ecología.** Nueva Editorial Interamericana, México D.F. 1972.
- MCEN. **Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar.** Ministerio de Cultura y Educación de la nación, Argentina, 1997.
- MCEN. **Censo Nacional de Docentes y Establecimientos educativos 1996. Relevamiento anual.** Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, Argentina. Secretaría de programación y evaluación,1996.
- PATTINI, Andrea, MITCHELL, Jorge, DE ROSA, Carlos. **Diseño de ventanas, térmica y lumínicamente construidas con tecnología regional.** Actas de la 19 Reunión de Trabajo de ASADES. Mar del Plata, Argentina, 1996.
- ROSENFIELD, Yael, MARTINI, Irene, DISCOLI, Carlos. **Incorporación de los módulos edilicios energéticos productivos (MEEP) de educación a la biblioteca informatizada.** Revista AVERMA, Vol X, 1997.
- SAMAJA Juan. **Análisis del proceso: el objeto modelo, la teoría y las observaciones.** Mimeo.
- SAN JUAN, Gustavo. **Implicancias ambientales de la variables estructurales correspondientes al parque edilicio de educación.** Tesis de Maestría en Ambiente y Patología Ambiental. U.N.L.P.- U. de los Altos Estudios de Siena. 2001.
- SAN JUAN G., EVANS J.M., BOGATTO M. MARMORA M. **Evaluación del comportamiento lumínico en aulas con diferentes soluciones de envolvente edilicia.** Actas de la 18 Reunión de Trabajo de ASADES. San Luis, Vol II, pág. 06.15. 1995.