

# ANÁLISIS MORFOLÓGICO, TECNOLÓGICO, ENERGÉTICO Y ECONÓMICO DEL PARQUE EDUCACIONAL DEL NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA, LA PAMPA.

<sup>1</sup>C. Filippín y <sup>2</sup>C. de Rosa

CONICET- LAHV, C.C. 302 Santa Rosa, La Pampa

Fax 0954 34222

E-mail: evigliz@inta.gov.ar

## RESUMEN

Se analizaron los edificios escolares del nivel secundario de la ciudad de Santa Rosa. Se evaluaron sus consumos energéticos anuales en función del período histórico de pertenencia, horas de ocupación y factor de exposición, características morfológicas y constructivas. Se analizaron sus consumos totales de energía, según sus fuentes, por m<sup>2</sup> construido y por alumno. Se evaluó el costo total de la energía consumida. Surge del análisis la mayor participación relativa del gas natural en el consumo total. Para igual número de horas de uso y con un consumo de gas natural que satisface los requerimientos térmicos calculados, la Escuela Normal construida en la década de 1940 consumió menos energía. La contribución económica de la energía eléctrica y el gas natural en el total anual de energía consumida por los edificios no se diferenció. La participación de la energía consumida en el costo total promedio por alumno secundario de la provincia fue del 1,23%.

## INTRODUCCION

El planeamiento en general es una forma científica y técnica de encarar la acción. En la construcción escolar engloba medidas para mantener, alterar o desarrollar el parque educacional. En el planeamiento educativo se consideran imprescindibles: una política educativa, que concentra decisiones respecto a la composición y marcha del proceso educativo, una política de construcciones, y una política urbana referida a la localización de las escuelas. La infraestructura edilicia del servicio educativo respondió históricamente a los lineamientos generales centralizados del Estado Nacional. Con la promulgación de la Ley N° 17522/67 se logra una descentralización operativa. Los gobiernos provinciales en coordinación con el Consejo Nacional de Educación intervienen en la conservación, ampliación y construcción de los edificios escolares [1]. Los edificios fueron solicitados por una doble corriente de renovación originada, por un lado en nuevos planteos pedagógicos, y por otro en la continua revisión de los procedimientos arquitectónicos, ambos vinculados a una situación cultural [2]. La organización espacial respondió a un riguroso concepto de compartimentación de la actividad pedagógica y fue concebida como una sumatoria de espacios independientes y absolutos, inflexibles a todo cambio. La escuela de hoy debe estar dispuesta a recibir los cambios que origina el tiempo cultural de acuerdo con las tendencias históricas eliminando zonas muertas e integrando las de uso reducido para intensificar su ocupación [3].

Pese a los progresos en materia pedagógica y educativas se ha prestado escasa atención a los problemas edilicios del sector de educación, especialmente en relación al confort ambiental, a la eficiencia térmica y lumínica de los edificios y a su rentabilidad energética. Es necesario una investigación que permita diagnosticar el comportamiento energético de estos edificios con el fin de racionalizar decisiones futuras. El presente trabajo evalúa el comportamiento energético de un sector del parque educacional de la ciudad de Santa Rosa capital de la provincia de La Pampa. Se tienen en cuenta indicadores tales como factor de uso u ocupación, factor de exposición, período histórico de pertenencia y características morfológicas y tecnológicas [4 y 5]. Son objetivos del presente trabajo a) evaluar el consumo anual de energía medido de seis de los diez establecimientos escolares secundarios de la ciudad de Santa Rosa, b) analizar la participación de las distintas fuentes, gas natural y energía eléctrica, en el consumo total de energía, c) evaluar el consumo de energía por m<sup>2</sup> y por alumno teniendo en cuenta el factor de ocupación y de exposición del edificio, d) evaluar el costo de la energía consumida y la participación relativa de las fuentes en el costo total y e) evaluar el costo de la energía consumida por alumno y su participación en el costo total anual por alumno.

Son hipótesis del presente trabajo, 1) para igual período de uso y consumos de gas natural que satisfacen los requerimientos térmicos calculados, la infraestructura edilicia escolar construida en la década de 1940 sería energéticamente más eficiente y también, menor el costo de la energía consumida por metro cuadrado construido y por alumno 2) en el consumo y el costo total anual de energía es el gas natural, el que tiene mayor participación relativa 3) en el costo total por alumno, el costo de la energía consumida absorbe un porcentaje importante 4) el período de ocupación, es uno de los indicadores que define la performance energética edilicia.

## MATERIALES Y METODOS

Se construye una base muestral correspondiente a seis establecimientos escolares secundarios de la ciudad de Santa Rosa cuya localización geográfica y sus datos climáticos se muestran en la Tabla 1. La base incluye variables dimensionales, morfológicas y energéticas. Se incorporan datos de matrícula y horas de ocupación del edificio y su factor de exposición. Las variables dimensionales, morfológicas e indicadores del comportamiento térmico, son: el perímetro, el área, el volumen, el factor de forma, el coeficiente global de pérdidas, la transmitancia térmica de las

<sup>1</sup> Investigadora Asistente CONICET

<sup>2</sup> Investigador Independiente CONICET

superficies de la envolvente, y calor auxiliar anual. Los consumos anuales de energía total (Kwh), la energía eléctrica anual consumida, el consumo de gas natural, y el consumo total de energía/m<sup>2</sup> construido, son las variables energéticas estudiadas. Los datos fueron suministrados por la Compañía Distribuidora de Gas Pampeana y la Cooperativa Popular de Electricidad y corresponden al periodo 1994/95 y 1991/96, respectivamente (Información sin publicar).

Tabla 1: Coordenadas Geográficas y Datos Climáticos de Santa Rosa, La Pampa.

Coordenadas Geográficas Latitud: -36.57° Longitud: 64.45 Altitud: 189m sobre el nivel del mar					
Temperatura de Bulbo Seco(°C)	Valores Anuales			Julio	Diciembre
	Media	Máx.Abs.	Mín.Abs.	Mínima Media	Máxima media
	15.5	42	-12	1.4	31.9
Grados-día Anuales de Calefacción (Base 16°C): 1136, Grados-día Anuales de Enfriam.(Base 23°C):128					
Radiación Global Horizontal: 16 MJ/m2d					

Según el periodo histórico de pertenencia se clasifican los edificios en dos grupos: 1) El Colegio Nacional (CN) y la Escuela Normal (EN) construidos en la década de 1940, y 2) la Escuela Provincial de Educación Técnica (EPET), Ciudad de Santa Rosa (CSR), Provincia de La Pampa (PLP) y Fernando Araoz (FA), correspondientes a las décadas de 1970, 1980 y 1990, respectivamente. Parte de la infraestructura edilicia escolar analizada alberga más de un establecimiento, escuelas diferentes y turnos diferentes, razón que hace compleja la definición de la matrícula de cada edificio. Los datos fueron suministrados por el Departamento de Investigación de la Subsecretaría de Planeamiento Educativo de la Provincia de La Pampa. Corresponden a cada edificio analizado los siguientes valores de matrícula: 1100, 864, 1391, 1167, 370 y 396 para el CN, CSR, EN, EPET, FA y PLP, respectivamente.

En función de las horas de ocupación de los establecimientos escolares surge que con la excepción de dos de ellos, el resto aloja actividades de distintos niveles. En el CN y CSR se desarrollan actividades del nivel secundario, la EN concentra el nivel inicial, primario, secundario y terciario y la EPET, modalidad secundaria técnica, con turno vespertino. Los colegios PLP y FA concentran exclusivamente las tareas del nivel secundario. La Oficina para la Eficiencia Energética del Departamento del Ambiente de Gran Bretaña (E.E.O.) clasifica a los edificios escolares, según su grado de exposición: en abrigo, normal y expuesto. Según la localización de los edificios analizados en el entorno urbano, excepto el colegio Fernando Araoz al que se considera expuesto, todos se encuentran dentro del rango normal [5]. Con el fin de calcular el calor auxiliar anual (Q) que requiere cada edificio y según sus horas de uso y en función del periodo lectivo, se corrigen los Grados día anuales, base 16°C, para un periodo de clase de 160 días (Tabla 2). Estadísticamente se calculan promedios (X), desvíos standard (STD) y coeficientes de variación (CV) como indicador de la dispersión relativa de los consumos de energía.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Tabla 2: Datos dimensionales, morfológicos e indicadores del comportamiento térmico.

Establecimientos	P	A	V	FF	S*K	KG	KGAd	G	FO	GD
CN	406	2624	11415	0,60	9410	1,38	1,07	1,31	19	587
CSR	335	3608	15429	0,44	9346	1,39	1,21	1,26	19	587
EN	391	3722	16388	0,41	9560	1,41	1,25	1,06	14	433
EPET	360	4503	15944	0,47	13465	1,79	1,18	1,48	14	433
FA	233	2135	7891	0,48	5060	1,34	1,17	1,38	10	309
PLP	294	2937	11089	0,48	7493	1,41	1,17	1,30	10	309

Referencias; P: perímetro (m), A: área (m<sup>2</sup>), V: volumen (m<sup>3</sup>), FF: factor de forma, S\*K: superficie por coeficiente de transmisión térmica (W/°C), KG: coeficiente de transmisión térmica global (W/m<sup>2</sup>°C), KGAd: coeficiente de transmisión térmica global admisible según Norma Básica de la Edificación española, G: coeficiente global de pérdidas (W/m<sup>3</sup>°C), FO: factor de ocupación (hs). GD: Grados-día, base 16°C.

La Tabla 2 muestra los datos dimensionales y morfológicos e indicadores del comportamiento térmico de los edificios analizados. Calculados los coeficientes de transmisión térmica global (KG) y tomando como modelo la Norma Básica de Edificación Española NBE-CT-79 para una región climática similar, los valores resultan superiores a los admisibles establecidos por dicha Norma [6]. Se observa, la influencia de las características de los materiales empleados en los cerramientos. El uso indiscriminado del hormigón armado a la vista, como elemento de diseño, en el edificio EPET eleva el KG a 1,79 W/°Cm<sup>2</sup> siendo el valor admisible de 1,18.

La Tabla 3, muestra el consumo de gas natural y electricidad y la energía total consumida por edificio en Kwh. La electricidad tiene la mayor variabilidad estadística entre edificios y la menor participación relativa de las fuentes. El consumo de gas natural es más estable y es mayor su participación con una baja dispersión entre edificios. En función de la tabla de valoraciones de la "E.E.O.", el consumo de energía por metro cuadrado permite desintegrar los edificios en tres grupos, bajo, medio y alto consumo. Al 1° grupo pertenecen los edificios del CN, EN, CSR y FA y al 2° y 3° respectivamente, PLP y EPET. En función de la matrícula y calculado el consumo total anual por alumno, la muestra ofrece una alta variabilidad estadística.

La mayor disponibilidad de superficie construida por alumno, significa al mismo tiempo un mayor consumo de energía por alumno. Edificios subutilizados y con un consumo de gas que supera ampliamente el calor auxiliar calculado, serían energéticamente no rentables.

Tabla 3: Consumo Anual de Energía en Kwh y Participación Relativa de las Fuentes en el Total

Establecimientos	Consumo Anual de Energía en Kwh						Participac. Relativa de las Fuentes en %	
	Q	GN (*)	EE (*)	Total	Kwh/m2	Kwh/alumno	GN	EE
CN	210782	235335	11453	246788	94	224	95	5
CSR	274027	200660	73918	274578	76	317,8	73	27
EN	180423	365091	38485	403576	108	290	90,5	9,5
EPET	243430	451337	82538	533875	250	457,5	84,5	15,5
FA	76104	181057	16191	197248	92	533	91,8	8,2
PLP	109415	535224	30920	566144	193	1430	94,5	5,5
promedio (X)	182363	328117	42251	370368	135,5	542	88	12
desv. stand.(STD)	70184,6	145550	29651	155295,7	63,7	449	7,6	7,6
coef.de.var. (CV)	38,5	44	70	38	47	83	8,6	63

Q: calor auxiliar anual base 16°C (Kwh), GN: gas natural (Kwh), EE: energía eléctrica (Kwh)

\* Fuente: Compañía Distribuidora de Gas Pampeana y Cooperativa Popular de Electricidad.

Son factores, entre otros, determinantes del costo de la energía consumida por cada institución educativa, las condiciones climáticas, el edificio, el costo de la energía propiamente dicho, los patrones de uso, administradores, el personal, los alumnos, etc. Dentro del costo que significa al estado provincial mantener su matrícula escolar, el costo de la energía consumida por alumno es uno de los indicadores necesarios para analizar las necesidades presupuestarias de los establecimientos escolares. Se transforma el consumo de energía en Kwh en costo de la energía consumida, según el valor del Kwh del gas natural y electricidad de 0,015 y 0,169 \$, año 1996 respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4: Indicadores económicos del consumo de energía en los edificios secundarios

Establecimientos	Costos de la energía anual consumida por edificio en (\$)			Participación Relativa (%)		Costo de la energía anual consumida por m2(\$)			Costo de la energía anual consumida por alumno (\$)		
	GN	EE	total	GN	EE	GN	EE	total	GN	EE	total
CN	6331	2204	8535	74,2	25,8	2,4	0,8	3,2	5,7	2	7,7
CSR	3010	12492	15502	19,4	80,6	0,8	3,5	4,3	3,5	14,5	18
EN	5476	6504	11980	45,7	54,3	1,5	1,7	3,2	3,9	4,7	8,6
EPET	6770	13949	20719	32,7	67,3	1,5	3,1	4,6	5,8	12	17,8
FA	2716	2736	5452	49,8	50,2	1,2	1,3	2,5	7,3	7,4	14,7
PLP	8028	5225	13253	60,6	39,4	2,7	1,8	4,5	20,3	13,2	33,5
Promedio (X)	5388,5	7185	12573,5	47	53	1,7	2	4,2	7,7	8,9	16,7
Desv.Standard (STD)	1939,5	4524,5	4877,9	17,8	17,8	0,7	0,9	1,7	5,7	4,6	8,5
Coef.de Variac. (CV)	35,9	62,9	38,8	37,8	33,7	39,3	47,1	39,9	74,2	51,3	50,9

Referencias: GN: gas natural (Kwh), EE:energía eléctrica (Kwh), 1kwh de gas natural \$0,015, 1Kwh de energía eléctrica \$ 0,169 (1996). Fuente: Distribuidora de Gas Pampeana y Cooperativa Popular de Electricidad. 1kwh de gas natural \$0,015 1 Kwh de energía eléctrica \$ 0,169 (1996).

La participación del gas natural y la energía eléctrica en el consumo total y anual se diferencian, diferenciación que se diluye al considerar la participación económica de las dos fuentes en el costo total de la energía consumida. El costo anual de la energía eléctrica, entre edificios, ofrece mayor variabilidad que el gas natural que es más estable. El costo de la energía que consume cada alumno anualmente es más dispersa que el costo de la energía por superficie construida. Edificios contemporáneos, con sistema central de calefacción, con igual período de uso diario y número similar de alumnos ofrecen comportamientos muy diferentes. Es el establecimiento PLP el económicamente más desfavorable desde el punto de vista energético. Concentra respecto a la muestra analizada, uno de los mayores valores del costo por metro cuadrado y el mayor valor del costo de la energía consumida por alumno. Patrones de uso del edificio y la subutilización de su capacidad podrían perjudicar su rentabilidad.

El costo promedio total y anual por alumno, en la provincia, concentra el pago de salarios docentes, no docentes, gastos de funcionamiento y gastos de energía. Siendo el costo promedio total y anual por alumno en la provincia de \$1.350,71, y \$1.360 el valor promedio correspondiente a los establecimientos secundarios, el costo promedio de la energía consumida por los alumnos del parque educacional analizado, representaría el 1,23% del costo total por alumno. Si consideramos la participación del costo de la energía en gastos operativos no salariales, la contribución se eleva al 58,33% [7]. Se observa en la Tabla 5 la participación de los distintos rubros en el costo total por alumno.

Tabla 5: Participación de los distintos rubros en el costo total por alumno

Salarios docentes	92,49
Salarios no docentes	5,38
Gastos de funcionamiento	0,90
Costo del consumo de gas natural y electricidad	1,23

## CONCLUSIONES

Analizados energéticamente los edificios escolares del nivel secundario en función de las horas de ocupación, su grado de exposición y la pertenencia a una época histórica es posible ratificar algunas de las hipótesis planteadas. El edificio de la Escuela Normal, construido en la década de 1940, para igual número de horas de uso y con un consumo de gas natural que satisface los requerimientos térmicos calculados, consume menos energía por metro cuadrado construido y por alumno que el edificio de la Escuela Técnica. El edificio del Colegio Nacional, cuya estructura original ha sido modificada, para igual periodo de uso consume menos energía por alumno y algo más por metro cuadrado construido que un edificio de la década de 1980. Es también menor el costo de la energía consumida por alumno.

La participación relativa promedio del gas natural en el consumo total de energía es mayor respecto a la energía eléctrica. Económicamente la situación se invierte, no llegando a una diferenciación. La participación del costo de la energía consumida por alumno representa el 1,23% del costo total por alumno. Edificios con menores horas de ocupación, con consumos medios de energía por metro cuadrado construido y elevados consumos de energía por alumno, indican una subutilización de los espacios y menor eficiencia energética. Establecimientos con menores horas de ocupación, requieren una inversión mayor por alumno para calefaccionar e iluminar los espacios. Sistemas de calefacción que permanecen encendidos durante la noche significa suministrar calor a edificios que se desocupan a las 18hs. Edificios con mayor número de horas de uso parecen ser más rentables energéticamente, situación compatible con las estrategias de funcionamiento de los establecimientos analizados. Los patrones de uso de los sistemas de calefacción e iluminación son decisivos en la performance energética de los edificios. No es posible ratificar la totalidad de las hipótesis planteadas.

Establecimientos con menor horario de uso requieren, en promedio, mayor inversión por alumno para calefaccionar e iluminar los espacios. El colegio Provincia de La Pampa, edificio con la mayor disponibilidad de metros cuadrados construidos por alumno, presenta un consumo medio de energía por metro cuadrado y un alto costo de la energía consumida por alumno. Patrones de uso de los edificios e infraestructura subutilizada podrían, además de otros indicadores, determinar la rentabilidad energética de los edificios. Auditorías y monitoreos en situaciones reales de uso serán objetivos de próximos trabajos.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Grupo Nacional de Desarrollo- Convenio CONESCAL, Separata N° 68, SUMMA (1973).
- [2] Boggio Videla, Juan Manuel, Separata N° 17, SUMMA (1969).
- [3] Estrella, F. y Camgiano M., Separata N° 17, SUMMA (1969).
- [4] San Juan, G. y Rosenfeld, E. Mejoramiento de las Redes Edilicias de Educación de la Provincia de Buenos Aires, Actas de la 16a. Reunión de Trabajo de ASADES, 73-80 (1993).
- [5] Introduction to Energy Efficiency in Schools, Energy Efficiency Office, Department of the Environment, Great Britain (1994)
- [6] Norma Básica de la Edificación Española NBE-CT-79, Condiciones térmicas en los edificios., Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (1993).
- [7] Costo Promedio por Alumno. Anexo I Edificios Escolares. División Investigación de la Subsecretaría de Planeamiento Educativo de la Provincia de La Pampa (1995).



COLEGIO NACIONAL



COLEGIO CIUDAD DE SANTA ROSA