

## **CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR EDIFICIO EDUCATIVO DE NIVEL PRIMARIO DE LA PROVINCIA DE TUCUMÁN Y EVALUACION DE CONSUMOS ENERGÉTICOS EN CASOS DE ESTUDIO**

**Ledesma, Sara Lía; Cisterna, M. Susana; Nota, Viviana M.; Martinez, Cecilia F.; Quiñones, Graciela I.; Márquez Vega, S. Gabriela; Llabra, Cristina; Gonzalo Guillermo E.; Mostajo, María de los A.; Ramos, Mariano; Villa, Cytia**

Centro de Estudios Energía, Habitabilidad y Arquitectura Sustentable (CEEHAS)  
Instituto de Acondicionamiento Ambiental-Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán

Av. Kirchner 1900 - 4000 Tucumán – Argentina - Tel.+ .54.381.4364093 - int. 7914  
[sledesma@herrera.unt.edu.ar](mailto:sledesma@herrera.unt.edu.ar) — [susanacisterna@yahoo.com.ar](mailto:susanacisterna@yahoo.com.ar) - [vnota01@yahoo.com.ar](mailto:vnota01@yahoo.com.ar)

*Recibido 13/08/16, aceptado 09/10/16*

**RESUMEN:** El siguiente trabajo tiene como objetivo identificar los edificios prototípicos del sector educativo de nivel primario de la provincia de Tucumán y analizar el consumo energético en electricidad en relación a las variables ambientales en edificios escolares más representativos. Para ello se recopilaron, sistematizaron y analizaron las características edilicias y constructivas de una muestra representativa del parque edilicio escolar (40%). Se seleccionaron edificios prototípicos, los que se analizaron comparativamente sus consumos en energía eléctrica en relación a las condiciones térmicas y lumínicas interiores, las cuales se determinaron a partir de mediciones in situ con instrumental específico. Los resultados alcanzados permitieron relacionar los consumos energéticos con las variables de diseño de los edificios escolares y detectar aspectos a modificar y tener en cuenta para reducir los consumos, principalmente en iluminación natural, como así también para lograr condiciones de confort interior a través del acondicionamiento natural.

**Palabras clave:** energía, habitabilidad, arquitectura, escuelas, tipologías.

### **INTRODUCCIÓN**

Los edificios escolares deben brindar adecuadas condiciones de habitabilidad en sus espacios de trabajo, ya que con ello se condiciona el rendimiento físico-intelectual de alumnos y docentes. Diversas investigaciones demuestran que, los estudiantes en edificaciones sin acondicionamiento térmico del aire rinden menos que sus contrapartes que estudian en espacios acondicionados dentro de la zona de confort humano, y que condiciones lumínicas adecuadas, son más favorables para el logro estudiantil (Hernández Vázquez, 2010)

Las condiciones de confort están relacionadas, entre otros, a aspectos termo-lumínicos que determinan elevados consumos de energía cuando los mismos resultan inadecuados y es necesario recurrir al acondicionamiento artificial para su solución. Se entiende entonces la importancia de conocer los consumos energéticos en los edificios escolares y los aspectos o condicionantes que los determinan.

Estudios del Centro M. Molina (2012), identifica a las escuelas como una de las tipologías edilicias que más energía eléctrica consume, siendo en condición de clima cálido húmedo de 50 a 100 kWh/m<sup>2</sup> año, recomendando 70 kWh/m<sup>2</sup> año para certificación de edificio sustentable. Otro estudio (García Kerdan, 2011) determina un consumo para escuelas de México en clima cálido de 165 kWh/m<sup>2</sup>año, correspondiendo el 44,97% a iluminación, es decir 74,112 kWh/m<sup>2</sup>año. Se infiere, por el elevado consumo, que los establecimientos cuentan con acondicionamiento térmico artificial.

Relevamientos y análisis realizados por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial en un período de 3 años para escuela pública de Buenos Aires, registra como resultados que el consumo de energía eléctrica para sistemas de computación representa el 2%, mientras que la iluminación representa el 84,1%: 45,2% lunes a viernes horario de uso, 24,5% en horas nocturnas y 14,4% fines de semana y feriados (INTI, 2011). También un informe de la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, indica que el consumo de energía eléctrica en edificios escolares de la CABA representa el 75% para iluminación (APrA, 2014).

Se considera que la organización morfo-espacial de un edificio, su tipología edilicia, la disposición de sus aulas, las características de las aberturas y protecciones, así como las soluciones constructivas adoptadas, van a tener influencia en las condiciones ambientales interiores, como el aprovechamiento de la iluminación natural, como se señala en el trabajo de Villalba, Pattini y Corica (2012).

El presente trabajo tiene como objetivo, determinar las tipologías edilicias más frecuentes en la provincia de Tucumán, y analizar los consumos energéticos en relación a las condiciones térmicas y lumínicas de las mismas. Se enmarca en el Programa de Investigación CIUNT: “Habitabilidad, energía, ambiente y post-ocupación en escuelas de Tucumán”, cuyo objetivo principal ha sido establecer parámetros de uso y consumo de energía eléctrica en edificios escolares prototípicos de la provincia de Tucumán, de manera tal de establecer pautas de diseño y de uso, que permitan mejorar el consumo energético global y la habitabilidad de los mismos, mejorando el rendimiento y la productividad tanto de alumnos como docentes, a la vez de lograr una mayor eficiencia en el uso de la energía convencional.

## DESARROLLO DEL TRABAJO

### *Análisis del parque edilicio escolar en Tucumán*

Con el objetivo de determinar los edificios prototípicos, se analizó el parque edilicio escolar primario de la Provincia de Tucumán. El trabajo consistió en la recopilación, procesamiento y análisis de la información brindada por diferentes organismos de control y gestión de infraestructura escolar; se analizaron los planos, así como las características edilicias de las diferentes escuelas. Se analizó en forma comparativa el área Metropolitana del Gran San Miguel de Tucumán (GSMT) que alberga el 52% de la población y el interior de la provincia (IPT). Se analizaron 256 escuelas, correspondiendo al 43% del universo de análisis.

Se analizaron los siguientes aspectos, (i) Antigüedad, se clasificaron las escuelas considerando sus períodos de construcción, a fin de determinar algunas características comunes a edificios de una misma época, como tipología y los materiales, aspectos que influyen, entre otros, en el rendimiento energético de un edificio. (ii)- Tipología, se consideró como referencia la tipología de distribución de las aulas, que se consideran el componente principal en la organización del edificio. Se definieron los siguientes tipos de agrupamiento: 1- A patio 2- En L 3- En peine 4- En T 5- En doble T 6- Lineal 7- En U 8- Otros (Fig.1)- (iii) Disposición de las aulas. La ubicación de las aulas se clasificó en: simple, dobles y mixta, combinación de ambas (Fig.2) (iv) Ubicación en el terreno, entre medianeras o perímetro libre. (v) Orientación del eje principal del edificio, (vi) Soluciones constructivas de la envolvente, cubiertas livianas, pesadas y mixtas y muros, considerando su espesor, (vii) Características y ubicación de las aberturas y características de las protecciones solares.

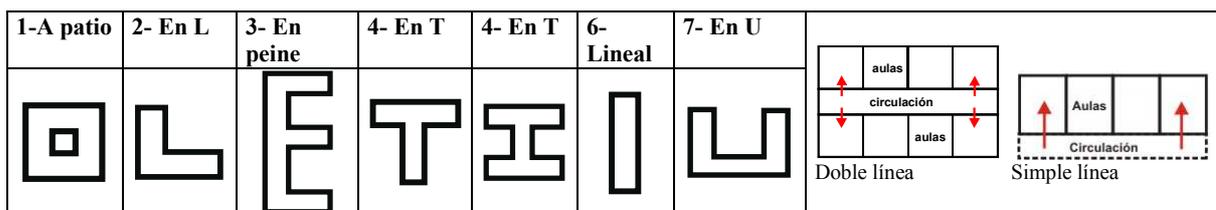


Figura 1: Tipologías de las escuelas

Figura 2: Organización de aulas

Al evaluar el período de construcción de las escuelas (fig. 3), se observa que en ambos contextos el mayor porcentaje de escuelas tiene una antigüedad superior a los 45 años, con un parque edilicio del

19% con antigüedad mayor a los 65 años. Con respecto al parque edilicio más reciente, con menos de 25 años, vemos que para el GSMT corresponde el 37% de los establecimientos, mientras que en el IPT representa solo el 23%, correspondiendo el 28% y el 10% respectivamente al “Programa Nacional 700 Escuelas”, es decir que tienen una antigüedad entre 5 a 10 años.

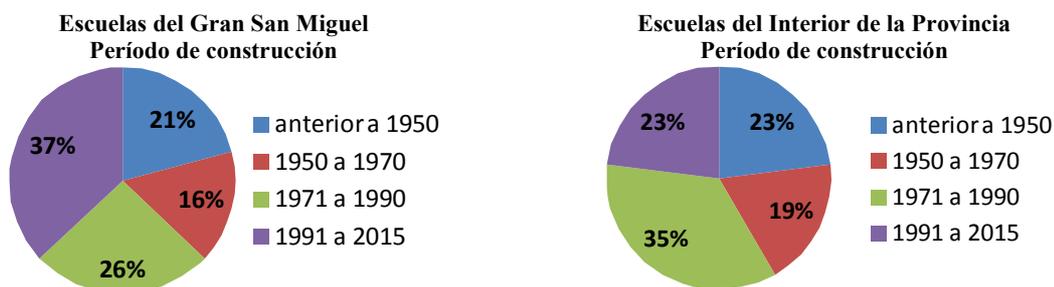


Figura 3: Período de construcción de las escuelas primarias consideradas

Si se toma en cuenta la población en edad de escolaridad primaria, se observa que el porcentaje de las escuelas construidas en el mencionado Plan no se relaciona directamente con la necesidad de escolarización, ya que la población en el IPT (30,4%) es mayor a la de GSMT (26,5%) (INDEC, 2010).

Al analizar las tipologías de los edificios escolares se observa que la dominante corresponde a la disposición lineal, correspondiendo un 41% al GSMT y 48% al IPT, siendo las tipologías en L y en peine las que le siguen, con un 9% y 7% para GSMT y un 13% y 6% para IPT (Fig.4).

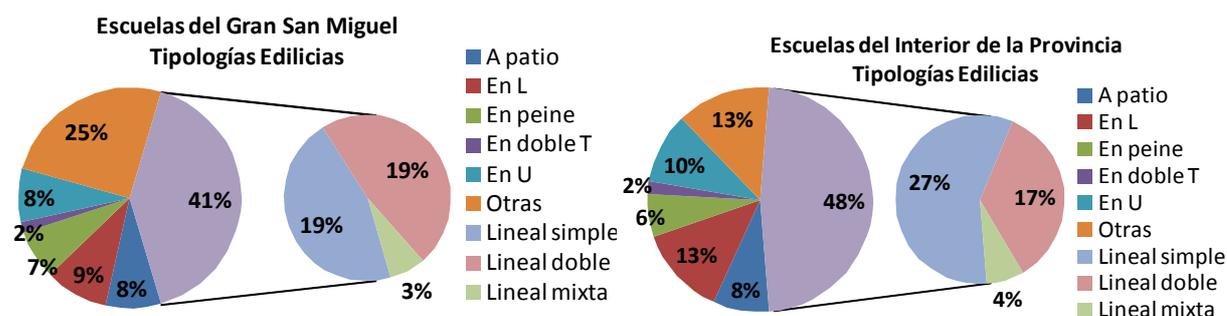


Figura 4: Condiciones tipológicas de escuelas

La disposición en forma lineal del edificio es, en una primera apreciación, una solución adecuada para posibilitar la búsqueda de una buena adaptación a las condicionantes del clima. No obstante es necesario reconocer la disposición de las aulas dentro de la tipología lineal, en fig. 4, se observa que corresponde a una organización lineal simple, el 19% para GSMT y el 27% para IPT, y con disposición lineal doble un 19% y 17% para GSMT e IPT respectivamente, esta última situación es menos conveniente, ya que no posibilita la ventilación en verano y el asoleamiento en invierno.

Otro aspecto relevado que condiciona la posibilidad de aprovechar el acondicionamiento natural es la situación del edificio en el terreno en relación a sus límites. En las escuelas relevadas se observa que, una reducida cantidad, se encuentran entre medianeras 18% para GSMT y 7% para el IPT, situación conveniente porque posibilita modificaciones que mejoren sus condiciones ambientales (Fig. 5)

Al analizar la orientación de los edificios escolares se observa también una situación favorable, ya que el mayor porcentaje de ellos, el 83% en GSMT y 59% en IPT, se encuentran orientados sobre un eje este-oeste, lo que posibilita las mayores superficies hacia la orientación Norte, que garantiza asoleamiento y facilidad de protección en verano, y hacia el sur que posibilita ingreso de aire para ventilación natural en períodos cálidos.

En referencia a la condición de las aberturas, para GSMT el 52% se produce en dos frentes y el 45% en el IPT, siendo esta situación la más favorable para garantizar una adecuada iluminación natural ya que brinda la posibilidad de lograr ventilación natural cruzada en el interior de los locales áulicos.

Finalmente, en relación a la disponibilidad de protecciones solares en las ventanas, elemento de gran importancia para el acondicionamiento natural, se observa que poseen algún sistema para control de radiación solar directa el 50% de las escuelas del GSMT y solo el 39% las escuelas del IPT, siendo la protección los aleros con quiebre y las celosías, solo en el IPT.

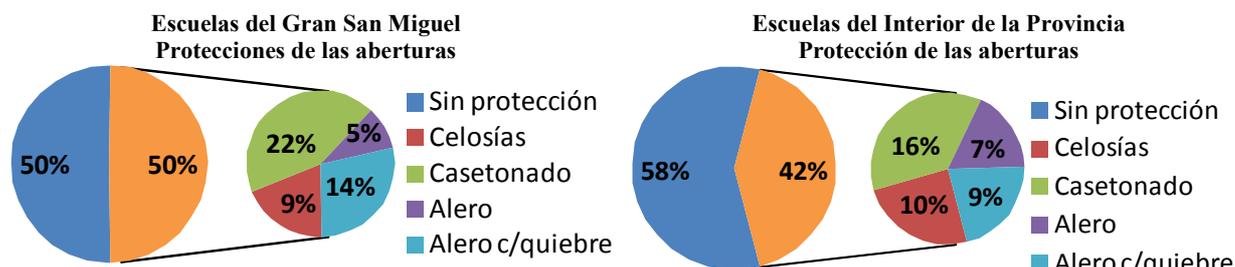
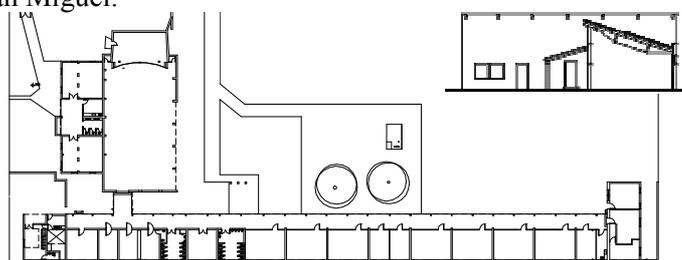


Figura 7: Protecciones de las aberturas en las escuelas

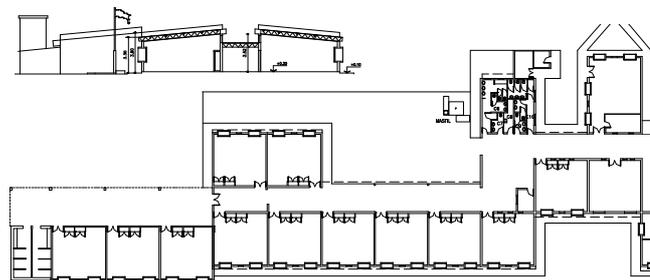
*Descripción de los casos de estudio:*

Una vez definidas las tipologías dominantes de escuelas en la Provincia y con el objetivo de analizar las condiciones de consumos energéticos, se seleccionaron cinco casos de estudio correspondientes a escuelas públicas de nivel primario del Gran San Miguel.

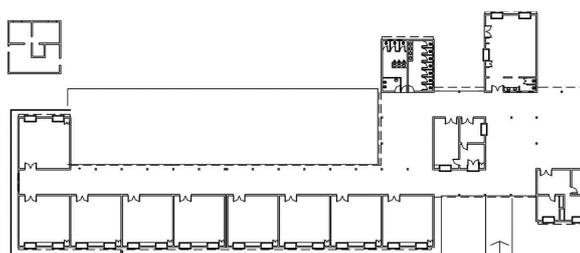
**Escuela Paul Groussac** (año 1957): presenta una superficie cubierta de 1912 m<sup>2</sup> con 464 alumnos. La planta es abierta con un desarrollo lineal, en donde las aulas se agrupan en una hilera en sentido E-O, con una galería de acceso y las ventanas principales de las aulas hacia el norte.



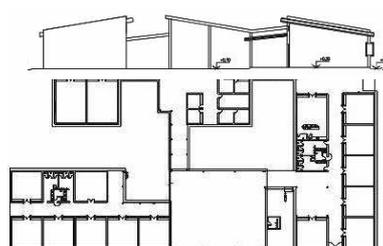
**Escuela Alberto García Hamilton** (año 1971): presenta una superficie cubierta de 1198 m<sup>2</sup> con 524 alumnos. La planta es abierta con un desarrollo lineal, en donde las aulas se agrupan en una hilera sobre un eje E-O, con galería de acceso al norte y las ventanas principales de las aulas hacia el sur.



**Escuela Capitán de los Andes** (año 1977): presenta una superficie cubierta de 1216 m<sup>2</sup> con 320 alumnos. La planta es abierta con un desarrollo lineal, en donde las aulas se agrupan en una hilera en sentido E-O, con la galería hacia el norte y las ventanas principales de las aulas hacia el sur.



**Escuela De La Patria** (año 1999): presenta una superficie cubierta de 2516 m<sup>2</sup> con 1288 alumnos. La planta es abierta con tres sectores de aulas, dos desarrollados sobre un eje norte-sur y uno sobre un eje este-oeste, en donde las aulas se disponen en doble hilera con una circulación central.



**Escuela Nueva Lomas de Tafi** (año 2010): presenta una superficie cubierta de 1893 m<sup>2</sup> con 628 alumnos. La planta es abierta con un desarrollo lineal, en donde las aulas se disponen en doble hilera sobre un eje E-O, con las ventanas principales hacia el norte o sur y secundarias hacia la circulación.



## ANÁLISIS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS

En los casos de estudio seleccionados se determinaron los rangos de consumo de energía eléctrica y su relación con las variables ambientales tales como condiciones térmicas interiores e iluminación, para definir condicionantes y recomendaciones que posibiliten la reducción de los consumos referidos, esencialmente, a los sistemas de iluminación artificial. Los datos fueron suministrados por la Dirección de Materiales y Construcciones Escolares, Ministerio de Economía de la prov. de Tucumán.

### *Análisis de consumos energéticos en relación acondicionamiento térmico*

A fin de determinar la relación de los consumos energético con las condiciones térmicas interiores, se realizó el análisis de los consumos de energía eléctrica mensuales promedio de las diferentes escuelas, considerando un período de cinco años, de 2010 a 2014, los que se observan en la tabla 1.

	G. Hamilton	P. Groussac	C. los Andes	L. de Tafi	De la Patria	Promedio
Enero	789	2140	817	788	2466	1400
Febrero	832	1867	820	1245	3151	1583
Marzo	2019	3218	1591	3857	5360	3209
Abril	2310	3534	1937	3859	5587	3446
Mayo	2373	3531	2105	4300	5281	3518
Junio	2223	3962	2013	4009	5679	3577
Julio	2304	3142	2242	3781	4410	3176
Agosto	2373	3626	2536	4012	5860	3681
Setiembre	2500	3295	2022	3442	5203	3292
Octubre	2437	3500	2281	3483	5483	3437
Noviembre	2215	3302	2251	3249	5975	3398
Diciembre	2293	2422	1482	2401	4433	2606
Promedio	2056	3128	1841	3202	4907	3027
Promedio/m <sup>2</sup>	1,7	1,5	1,5	1,7	2,0	

Tabla 1: Consumo de energía eléctrica promedio mensual (kWh)

Puede apreciarse, que los consumos promedios por metro cuadrado de las escuelas varían entre 1,5 a 2,0 kWh y, analizando los consumos mensuales promedios de todas las escuelas (Figuras 13 y 14), no existe una marcada variación estacional, estando los valores entre 1,7 a 2,0 kWh/m<sup>2</sup>, solo es notable la disminución del consumo en los meses en que las escuelas no tienen actividad, Enero y Febrero, con un promedio de 0,7 kWh/m<sup>2</sup> y en los meses de Julio y Diciembre, en donde solo hay actividad entre dos a tres semanas.

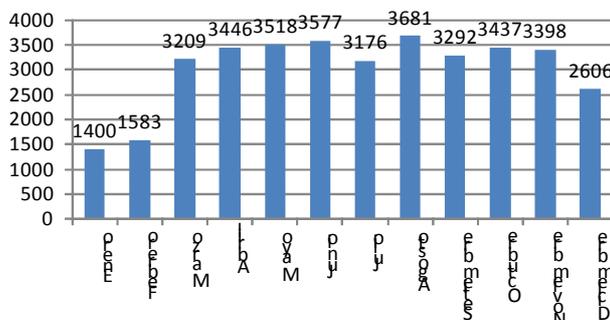


Figura 13: Consumo promedio mensual (kWh)

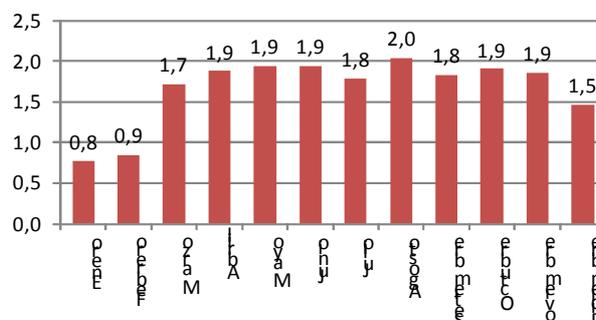


Fig.14: Consumo promedio mensual por m<sup>2</sup> (kWh/m<sup>2</sup>)

Con el objeto de realizar un estudio ajustado, se realizó una evaluación comparativa de las condiciones térmicas y el consumo de energía de tres de las escuelas prototípicas, dos de ellas resueltas con aula en simple fila y la otra en doble fila, las que corresponden a un porcentaje de 58% y 35% respectivamente, de las escuelas de la provincia. Se registraron los datos de temperatura interior y exterior en las aulas, para un mes de verano y uno de invierno, datos adquiridos mediante registradores HOBO Mod.H08-004. Se determinaron las ganancias o pérdidas de calor a través de la envolvente en régimen periódico, mediante planillas de cálculo desarrolladas en el Instituto, considerando los registros meteorológicos de temperatura y radiación horaria promedio del período de verano (dic, ene, feb) y de invierno (may, jun, jul), estimando una temperatura interior de 19° para invierno y de 25° para verano y las propiedades térmicas de la envolvente (K, retardo, amortiguamiento) calculadas con el programa CEEMAKMP.xls (Gonzalo, 2003). Estos datos así como los consumos mensuales de energía, se observan en la tabla 2.

Las condiciones de temperatura interior registradas para la situación de invierno y verano de cada escuela durante las horas de funcionamiento (13 horas) muestra que, para ambas estaciones, las temperaturas se encuentran fuera de los valores de confort térmico, no obstante ello, las escuelas no cuentan con sistemas de acondicionamiento del aire, para enfriamiento disponen de ventiladores de techo en las aulas y para calefacción solo algunos equipos tipo calventores en las áreas administrativas en algunas escuelas, los cuales, a pesar de ser un número reducido de artefactos, ocasionan un leve aumento del consumo de energía en período frío en el orden de 15%. Cabe destacar que este consumo no beneficia en forma directa a los estudiantes.

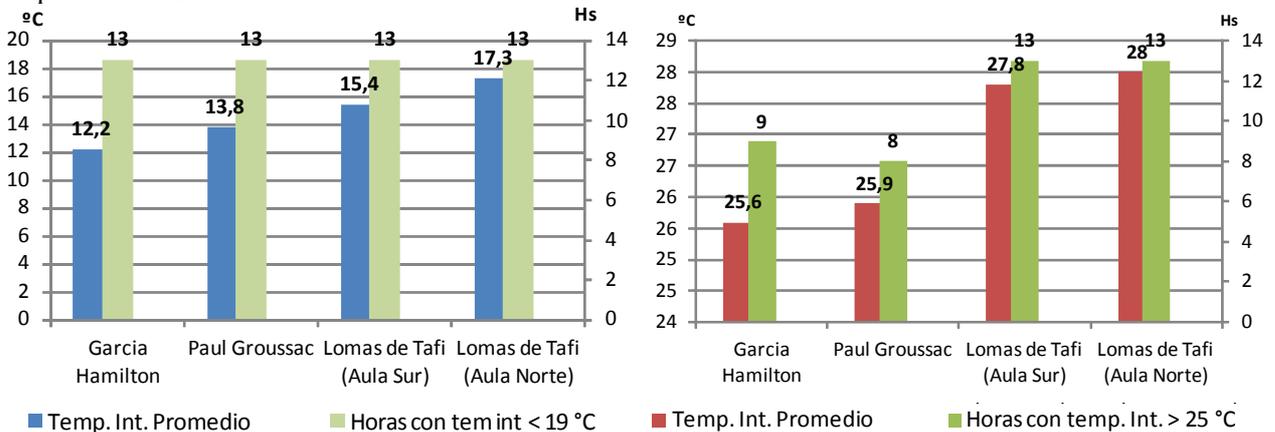


Figura 15: Temperatura interior promedio y nº de hs con disconfort en el período frío

Figura 16: Temperatura interior promedio y nº de hs con disconfort en el período cálido

No se aprecia una variación de los consumos energéticos en relación a la morfología edilicia, justamente porque no se disponen de sistemas de acondicionamiento del aire, de allí la importancia de brindar las mejores condiciones ambientales con disposiciones puramente arquitectónicas. El análisis de las condiciones de temperatura interior en dos aulas con diferente orientación de la escuela Nueva Lomas de Tafi permite ver claramente que, bajo las mismas condiciones constructivas, la sola modificación de la orientación posibilita lograr, para la situación de invierno, dos grados más de temperatura del aire interior en el aula norte en relación a la sur, como lo muestra la figura 17.

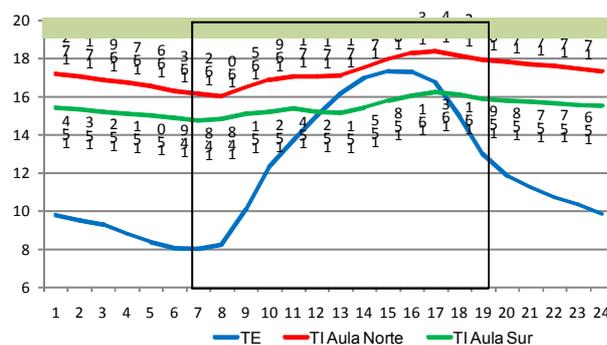


Figura 17: Temperaturas interiores aula norte y aula sur de la Escuelas Nueva Lomas de Tafi

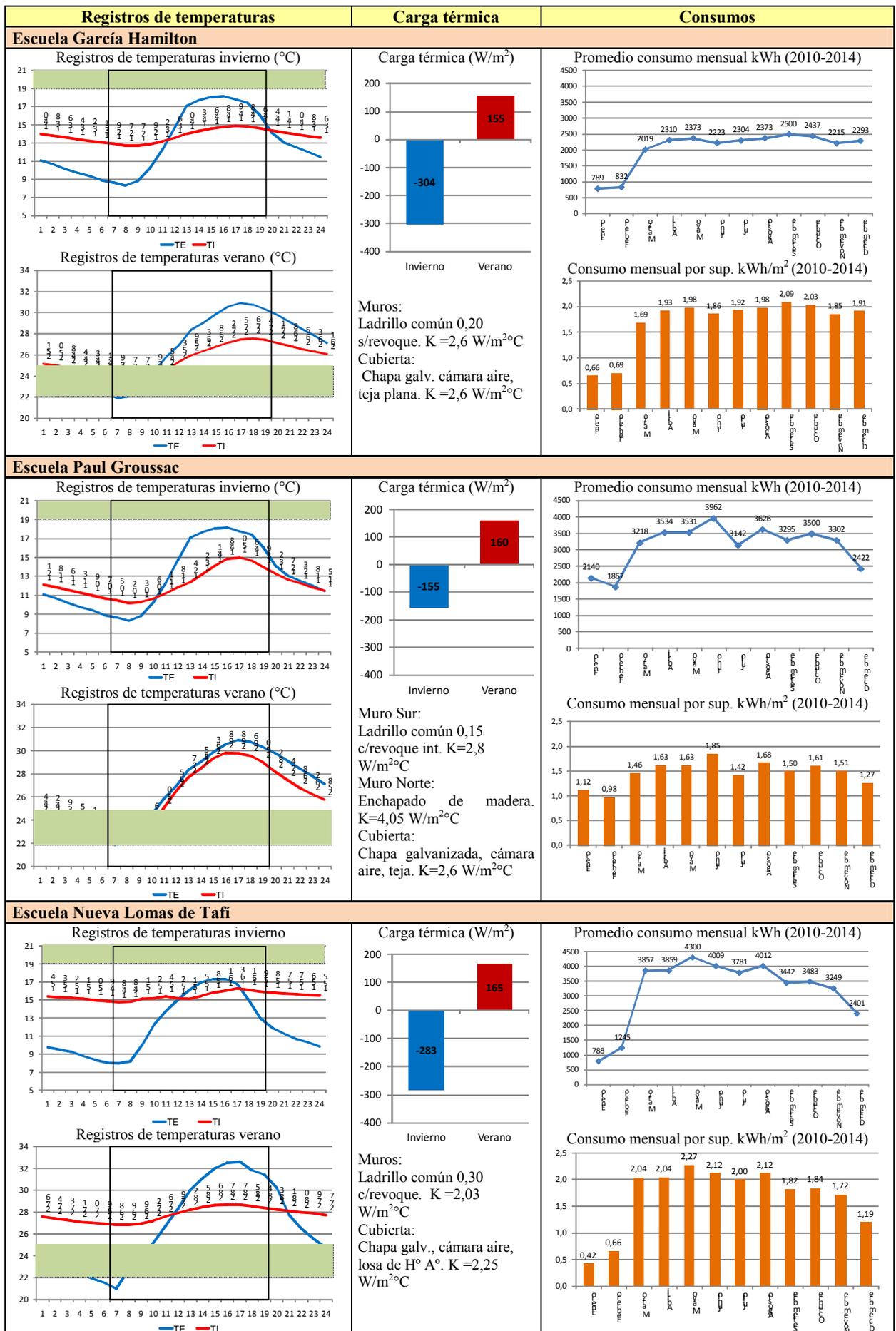


Tabla 2: Condiciones térmicas interiores y consumos en energía eléctrica de tres escuelas.

### Análisis de consumos energéticos en relación acondicionamiento lumínico

Se analizaron los consumos de energía eléctrica promedio mensuales (2010-2014) de las cinco escuelas estudiadas, con el objetivo de determinar la relación de los consumos energético con las condiciones lumínicas interiores y poder definir recomendaciones que posibiliten la reducción de los consumos en iluminación artificial.

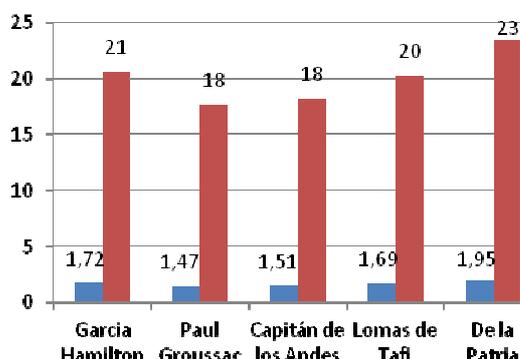


Figura 18: ■ Consumos promedio mensual  
■ Consumo total anual (kWh/m<sup>2</sup>)

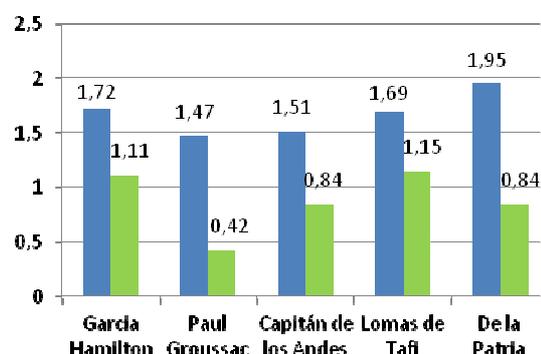


Figura 19: ■ Consumos promedio mensual  
■ Consumo promedio con ocupación (kWh/m<sup>2</sup>)

Del análisis comparativo del consumo de energía eléctrica de las escuelas analizadas, se observa que no existe una diferencia sustancial entre los consumos promedio mensual por unidad de superficie entre las escuelas, variando los valores entre 1,47 a 1,90 kWh/m<sup>2</sup>, siendo el valor promedio de 1,7 kWh/m<sup>2</sup>. Los valores de consumo total anual varían entre 18 y 23 kW/m<sup>2</sup>.

Si se puede observar una marcada diferencia en el consumo de las escuelas en el horario de ocupación de las mismas. En la figura 19 puede apreciarse en forma comparativa los consumos mensuales totales y en el horario de ocupación, es decir descontando el consumo de energía que se utiliza en horario nocturno y en los días que no hay actividad escolar (fines de semana y meses de vacaciones). De los consumos considerados, un 10% (promedio de las escuelas analizadas) se destina a acondicionar espacios que no tienen a los alumnos como usuarios, tales como las dependencias administrativas.

A partir de ello, pudo concluirse que las escuelas consumen una gran cantidad de energía para iluminación de espacios exteriores e interiores fuera de horario escolar, es decir que no se la utiliza para brindar adecuadas condiciones ambientales a los alumnos y docentes sino que se la emplea básicamente por cuestiones de seguridad. Los valores de consumo en horario sin ocupación varían entre el 71% y el 32% del total de consumo (Escuela Paul Groussac y Nueva Lomas de Tafi respectivamente). Se considera que este consumo se podría disminuir a partir de un adecuado diseño de la iluminación y de sistemas de protección y control edilicio (rejillas, alarmas, etc).

Por otro lado, se observa una marcada diferencia en el consumo en el horario de uso de las escuelas. Se pudo verificar que, por ejemplo, la escuela que registra el menor consumo en horario de ocupación, (Paul Groussac con 0,42 kWh/m<sup>2</sup>), gasta un 65 % menos de energía que la de mayor consumo, (Nueva Lomas de Tafi, con 1,15 kWh/m<sup>2</sup>).

Se ha verificado, además que la energía consumida se emplea básicamente para la iluminación artificial, ya que las escuelas solo poseen en algunos casos ventiladores de techo, como sistema de enfriamiento, solo algunas cuentan con un número reducido de calentadores y computadoras. Se ha determinado que la energía consumida se emplea para la iluminación artificial en un promedio del 85%.

Se analizaron, por lo tanto las condiciones de iluminación natural y artificial de las aulas, de manera tal de relacionarlas con el consumo energético. Las mismas se observan en la tabla 3

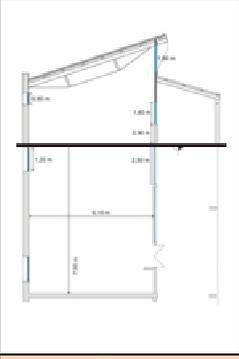
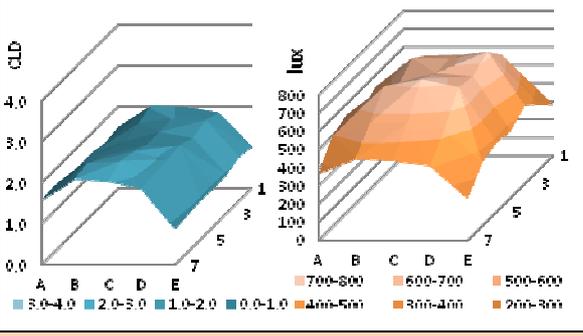
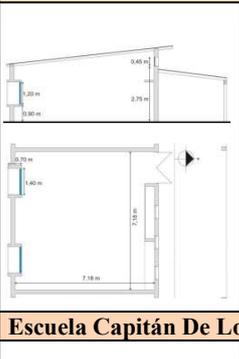
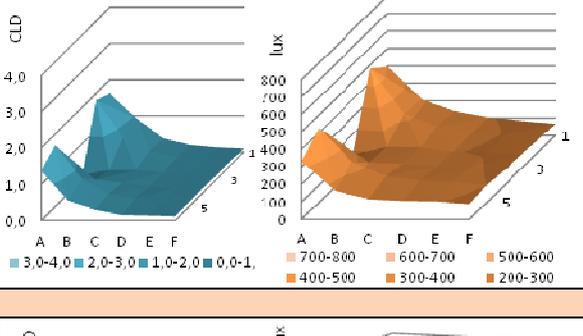
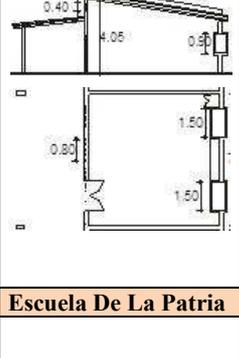
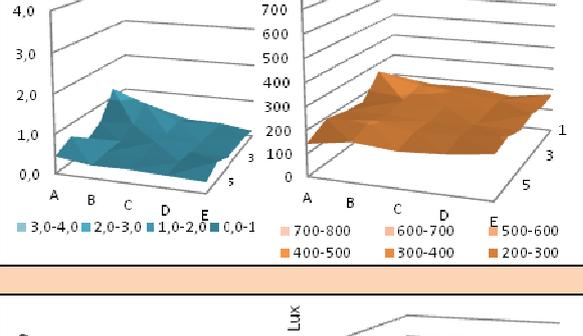
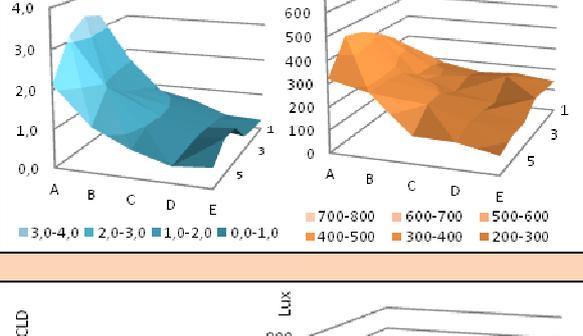
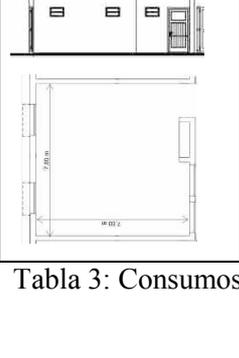
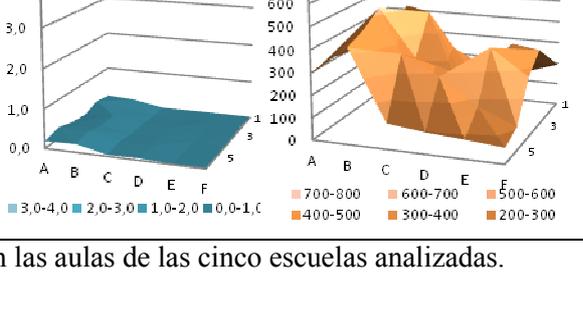
Escuela	Consumos kWh/m <sup>2</sup>	Niveles de iluminación natural (CLD) y artificial (Lux)																						
<b>Escuela Paul Groussac</b>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Consumo kWh/m<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Marzo</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>0,8</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>Setiembre</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>0,2</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>	Marzo	0,4	Abril	0,6	Mayo	0,6	Junio	0,8	Julio	0,4	Agosto	0,6	Setiembre	0,5	Octubre	0,6	Noviembre	0,5	Diciembre	0,2	
Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>																							
Marzo	0,4																							
Abril	0,6																							
Mayo	0,6																							
Junio	0,8																							
Julio	0,4																							
Agosto	0,6																							
Setiembre	0,5																							
Octubre	0,6																							
Noviembre	0,5																							
Diciembre	0,2																							
<b>Escuela García Hamilton</b>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Consumo kWh/m<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Marzo</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>1,3</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>1,4</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>1,3</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>1,4</td></tr> <tr><td>Setiembre</td><td>1,5</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>1,4</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>1,3</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>	Marzo	1,1	Abril	1,3	Mayo	1,4	Junio	1,2	Julio	1,3	Agosto	1,4	Setiembre	1,5	Octubre	1,4	Noviembre	1,2	Diciembre	1,3	
Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>																							
Marzo	1,1																							
Abril	1,3																							
Mayo	1,4																							
Junio	1,2																							
Julio	1,3																							
Agosto	1,4																							
Setiembre	1,5																							
Octubre	1,4																							
Noviembre	1,2																							
Diciembre	1,3																							
<b>Escuela Capitán De Los Andes</b>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Consumo kWh/m<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Marzo</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>0,9</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>1,4</td></tr> <tr><td>Setiembre</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>0,5</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>	Marzo	0,6	Abril	0,9	Mayo	1,1	Junio	1,0	Julio	1,2	Agosto	1,4	Setiembre	1,0	Octubre	1,2	Noviembre	1,2	Diciembre	0,5	
Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>																							
Marzo	0,6																							
Abril	0,9																							
Mayo	1,1																							
Junio	1,0																							
Julio	1,2																							
Agosto	1,4																							
Setiembre	1,0																							
Octubre	1,2																							
Noviembre	1,2																							
Diciembre	0,5																							
<b>Escuela De La Patria</b>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Consumo kWh/m<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Marzo</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>Setiembre</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>1,3</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>0,6</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>	Marzo	1,0	Abril	1,1	Mayo	1,0	Junio	1,1	Julio	0,6	Agosto	1,2	Setiembre	1,0	Octubre	1,1	Noviembre	1,3	Diciembre	0,6	
Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>																							
Marzo	1,0																							
Abril	1,1																							
Mayo	1,0																							
Junio	1,1																							
Julio	0,6																							
Agosto	1,2																							
Setiembre	1,0																							
Octubre	1,1																							
Noviembre	1,3																							
Diciembre	0,6																							
<b>Escuela Nueva Lomas De Tafi</b>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Consumo kWh/m<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Marzo</td><td>1,5</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>1,5</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>1,7</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>1,6</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>1,5</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>1,6</td></tr> <tr><td>Setiembre</td><td>1,3</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>1,3</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>0,7</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>	Marzo	1,5	Abril	1,5	Mayo	1,7	Junio	1,6	Julio	1,5	Agosto	1,6	Setiembre	1,3	Octubre	1,3	Noviembre	1,2	Diciembre	0,7	
Mes	Consumo kWh/m <sup>2</sup>																							
Marzo	1,5																							
Abril	1,5																							
Mayo	1,7																							
Junio	1,6																							
Julio	1,5																							
Agosto	1,6																							
Setiembre	1,3																							
Octubre	1,3																							
Noviembre	1,2																							
Diciembre	0,7																							

Tabla 3: Consumos y niveles de iluminación interior en las aulas de las cinco escuelas analizadas.

Como puede observarse en el cuadro descriptivo de cada escuela y en la figura 20, donde se muestra la relación existente entre los Coeficientes de Iluminación Diurna (CLD), determinado a través de mediciones in situ con Luxímetro Tenmars DL-201, y los consumos energéticos promedio mensual por unidad de superficie (kWh/m<sup>2</sup>), vemos que hay una relación inversa entre los niveles de iluminación natural y los mencionados consumos.

Se observa que la Escuela Paul Groussac, presenta el menor consumo de energía con 7,18 kWh/m<sup>2</sup> y registra las mejores condiciones de iluminación natural con un CLD medio de 1,2%. En contraposición la Escuela Nueva Lomas de Tafi, es la que presenta los mayores consumos de energía y los menores valores de CLD promedio (Figuras 20)

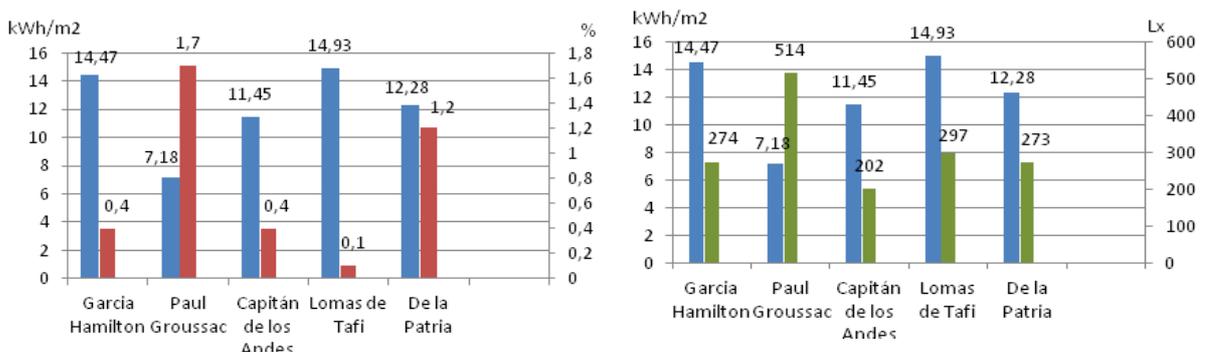


Figura 20: ■ Consumo anual con ocupación (kWh/m<sup>2</sup>) ■ CLD %  
 Figura 21: ■ Consumo anual con ocupación (kWh/m<sup>2</sup>) ■ Iluminación Natural y Artificial Media

Al analizar los niveles promedio de iluminación de las aulas, considerando la luz natural y artificial, en relación a los consumos de energía, figura 21, se observa que la mayoría de ellas, si bien presentan elevados consumos, no alcanzan los niveles mínimos de iluminación establecidos por normas, con excepción de la escuela Paul Groussac.

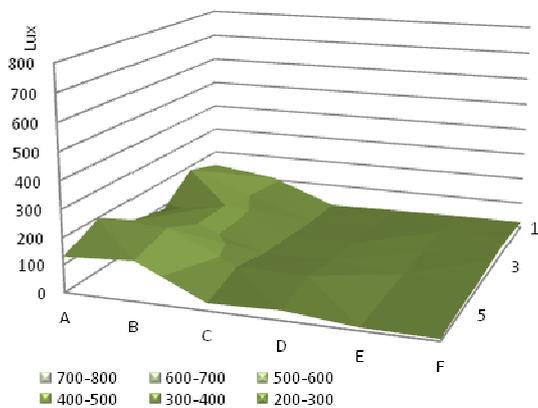


Figura 22: Iluminación natural (Lux)  
 Escuela Nueva Lomas de Tafi

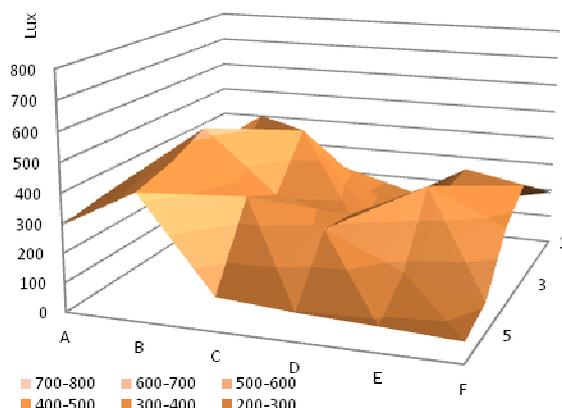


Figura 23: Iluminación natural y artificial (Lux)  
 Escuela Nueva Lomas de Tafi

Así también, se observó que la presencia de luz artificial no modifica las condiciones de distribución y uniformidad de la iluminación, situación que se muestra para la escuela Nueva Lomas de Tafi en las figuras 22 y 23, pero que se repite en la totalidad de los casos analizados. Esto se produce fundamentalmente porque la ubicación y cantidad de luminarias y su encendido no responde a la consideración de los horarios en que se dispone de luz diurna.

Si bien todas las escuelas están resueltas con tipología lineal, como puede observarse la diferencia de consumo energético no difiere de acuerdo a la conformación en simple o doble línea. Sí responde de manera directa a la resolución formal de los aventanamientos y sus protecciones, siendo las más favorables las de las escuelas Paul Groussac y De La Patria, que presentan aventanamiento corrido en ambos casos, siendo en la primera de ellas, una iluminación cenital, lo que ha favorecido la

distribución y uniformidad de la luz interior (Figura 24). Cabe reconocer que en ambos casos la obstrucción a la radiación solar directa no ha sido resuelta.

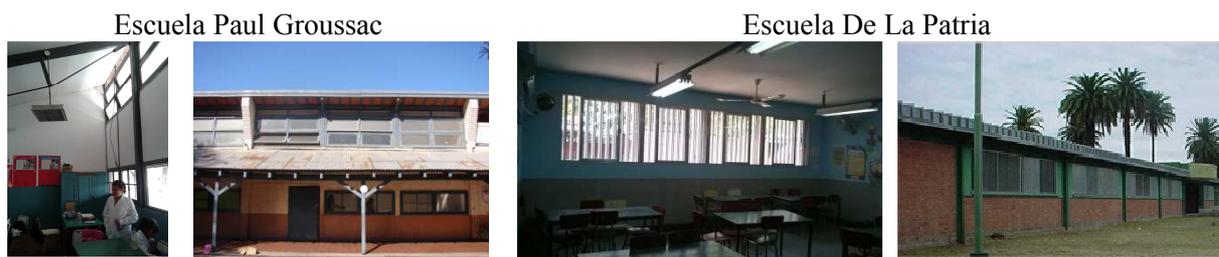


Figura 24: Vistas interiores y exteriores de las aulas

En caso contrario, las escuelas García Hamilton, Capitán de Los Andes y Nueva Lomas de Tafi, los aventanamientos son pequeños con gran obstrucción de la bóveda celeste, lo que impide la adecuada iluminación natural y por lo tanto los consumos resultan muy elevados.



Figura 25: Vistas exteriores del sector de las aulas de las escuelas

## CONCLUSIONES

El análisis de las características del parque edilicio escolar permitió identificar situaciones edilicias y constructivas favorables y desfavorables. Se pudo observar que un mayor porcentaje de edificios presentan organización lineal en un eje E-O favoreciendo esto el aprovechamiento de la orientación norte para el asoleamiento y la sur para la ventilación y que un mayor número de escuelas presentan aberturas en dos frentes, condición favorable para la iluminación y ventilación natural. Asimismo, los sistemas de protecciones solares, fundamentales para el clima de esta localidad, en un gran número de escuelas no se incorporan y en los que sí, no se resuelven correctamente.

Al analizar de la morfología edilicia y los consumos energéticos, no se observó una marcada relación entre estos y las condiciones térmicas interiores, pero sí se reconocieron diferentes condiciones lumínicas interiores de acuerdo a la misma, de allí la importancia del correcto diseño de los edificios escolares, el cual debe responder a las características del clima, a fin de brindar condiciones de confort térmico y lumínico.

A partir del análisis de los consumos energéticos en relación a las condiciones lumínicas interiores, se pudo observar que el mismo no depende de la conformación morfológica de los edificios, ya que no se presentan variaciones del tipo siendo en todo los casos lineales, pero sí responde a la resolución formal de los aventanamientos y de sus protecciones. También se verificó que en las escuelas se consume una gran cantidad de energía para la iluminación de espacios exteriores e interiores fuera de las horas de uso, debido a cuestiones de seguridad. Es por ello que una adecuada resolución de diseño de los aventanamientos sumado al empleo de sistemas más eficientes de iluminación artificial, así como la incorporación sistemas de protección y control, permitirían un sustancial ahorro de energía que actualmente se destina a la iluminación artificial.

## REFERENCIAS

- APrA (2014). Agencia de Protección Ambiental, Gobierno de Buenos Aires. El cambio climático y Buenos Aires. Informe. 2014. Acceso 7-2016. <http://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/cambioclimatico/publicaciones>
- CMM (2012). Centro Mario Molina. Estudio Sectorial Edificaciones Sustentables. México. Acceso 7-2016. <http://centromariomolina.org/desarrollo-sustentable/estudio-sectorial-edificaciones-sustentables/>
- Conway, S., K. Epps, y P. Plympton (2000). Daylighting in Schools Improving Student Performance and Health at a Price Schools Can Afford. The American Solar Energy Society Conference. Madison, Wisconsin. Acceso 7-2016. <http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/28049.pdf>
- Filippin C. (1999). Comportamiento energético de dos tipologías de edificios escolares en distintas localizaciones geográficas y diferentes entornos. Revista Avances en energías renovables y medio ambiente. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/1999/1999-t007-a004.pdf>
- Gonzalo G (2003). Manual de Arquitectura Bioclimática, 2da. Edición. pp. 222. ISBN 950-43-9028-5. Hernández Vázquez J. M.(2010). Habitabilidad educativa de las escuelas. Marco de referencia para el diseño de indicadores. Revista Sinéctica N°35 Tlaquepaque.
- INDEC (2010) [www.sig.indec.gov.ar/censo/2010](http://www.sig.indec.gov.ar/censo/2010) Acceso 6-2016.
- INTI (2011). Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Presentación del informe sobre Estudio Energético del Edificio Escuela N° 8 Arturo M. Bas. Acceso 6-2016. <http://www.inti.gob.ar/e-renova/erUP/er06.php>
- García Kerdan Iván (2011). Línea base del uso final de la energía eléctrica en edificios comerciales y de servicios de la República mexicana: Indicadores energéticos. Tesis de Maestría Universidad Autónoma de México. Acceso 6-2016. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4709/tesis.pdf>
- NSSD (2005). A Resource for Educators and Designers. American Architectural Foundation and Knowledge Works Foundation. Acceso 07-2015. <http://www.ncef.org/pubs/nationalsummit.pdf>
- Villalba A., Pattini A. , Corica M. (2012). Análisis de las características morfológicas de las envolventes edilicias y del entorno urbano desde la perspectiva de la iluminación natural. Ambiente Construido, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 159-175. ISSN 1678-8621, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Acceso 7-2016. <http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n4/11.pdf>

**ABSTRACT:** The work aims to identify the prototypical buildings for education at the primary level in the province of Tucuman and analyze energy consumption in electricity, related to environmental variables in most representative school buildings. For this purpose it was collected, systematized and analyzed the qualities of design and construction of 256 schools. Several representative cases of the most common types of school buildings were selected, typologies of most common buildings, and analyzed on a comparative basis the consumption of electricity related to the thermal and lighting values of the interiors of the classrooms, which were obtained from measurements with specific instruments. The results allowed the energy consumption related to the design variables of school buildings and make proposals to reduce them, mainly through natural lighting, as well as to achieve interior comfort conditions through natural conditioning.

**Keywords:** energy, architecture, habitability, schools, typology.