

## **CONDICIONES LUMÍNICAS EN AULAS PROTOTÍPICAS DE ESCUELAS DE RECIENTE CONSTRUCCIÓN DE LA PROVINCIA DE TUCUMÁN. EVALUACIÓN Y PROPUESTAS.**

**Orio, Solana; Ledesma, Sara Lía; Nota, Viviana M.**

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) [solanaorio@gmail.com](mailto:solanaorio@gmail.com)

*Recibido 31/07/17, aceptado 02/10/17*

**RESUMEN:** El trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento frente a la iluminación y asoleamiento de aventanamientos prototípicos de las escuelas de reciente construcción en Tucumán y definir propuestas y soluciones de diseño, tendientes a generar condiciones de iluminación adecuadas y disminuir los consumos energéticos en las aulas. Para ello, a partir de la definición de la situación prototípica, se evaluaron sus condiciones lumínicas y de asoleamiento mediante mediciones in situ complementadas con la aplicación de software específicos, se verificaron las inadecuadas condiciones que presentan las aulas. Se realizaron y evaluaron propuestas de diseño para la remodelación de los mencionados aventanamientos y sus protecciones, las que se evaluaron empleando software de cálculo y métodos gráficos. Los resultados alcanzados permitieron demostrar que es posible mejorar las condiciones lumínicas de las aulas, con los consiguientes beneficios ambientales y de ahorro de energía. Se espera transferir los resultados a los organismos de infraestructura escolar.

**Palabras clave:** Iluminación, asoleamiento, energía, escuelas, habitabilidad.

### **INTRODUCCION**

La iluminación en las escuelas debe proporcionar un alto confort visual garantizando un nivel adecuado de iluminación en función de las actividades visuales que se desarrollan en el interior y controlando el riesgo de deslumbramiento producido por la incidencia de la radiación solar sobre el plano de trabajo, la cual no solo impedirá la correcta visión sino también producirá, en verano, sobrecalentamiento del interior de los espacios.

La iluminación es, además, un elemento clave a tener en cuenta para lograr ahorrar energía, ya que la iluminación artificial en aulas de enseñanza representan entre el 50 y 70% de las facturas eléctricas en muchos edificios escolares. Este gasto podría ser reducido aprovechando un recurso sin costo alguno como es la luz natural, simplemente a través de un correcto diseño de las ventanas.

Múltiples estudios indican la relevancia que tiene una adecuada iluminación, tanto natural como artificial convenientemente diseñada y controlada, en el rendimiento laboral e intelectual en los espacios educativos, así como en las condiciones de salud de sus ocupantes (Monteoliva y Pattini, 2013). Las recomendaciones de la NSSD (2005), hacen hincapié en la importancia de la iluminación natural en los espacios de enseñanza-aprendizaje, así como reconoce la importancia del uso de la iluminación natural como aspecto fundamental en función a lograr un ahorro energético importante, siendo este un aspecto no menor, ya que en nuestro país el uso de la iluminación artificial en aulas de escuelas representa un porcentaje relevante del consumo eléctrico (INTI, 2011).

Asimismo, el consumo energético en las escuelas depende en gran medida de las condiciones lumínicas interiores, como lo demuestran estudios realizados en escuelas primarias de la provincia de Tucumán, en donde se pudo verificar que la cantidad de energía que se utiliza para la iluminación artificial responde a la resolución formal de los aventanamientos y de sus protecciones. Es por ello que una adecuada resolución de diseño de las ventanas, así como la incorporación sistemas de protección y control, permitirían un sustancial ahorro de energía que destinado a la iluminación artificial (S.L. Ledesma et. al, 2015).

El siguiente trabajo se desarrolla en el marco del Programa de Investigación “Habitabilidad, Energía, Ambiente y Post-ocupación de Escuelas en Tucumán”, CIUNT B520 (2014-2018), cuyo objetivo principal es establecer metodologías de evaluación, propuestas de reglamentaciones y pautas de diseño que permitan mejorar el balance energético global y las condiciones ambientales del los espacios destinados a la enseñanza.

## DESARROLLO DEL TRABAJO

### *Determinación del prototipo de análisis.*

Se determinó la situación prototípica a evaluar, a partir del trabajo “Análisis Tipológico-Ambiental del Parque Edificio Escolar de Tucumán”, (Ledesma et al, 2015), el cual analiza en forma pormenorizada las características edilicias y morfológicas de las escuelas de la Provincia de Tucumán.

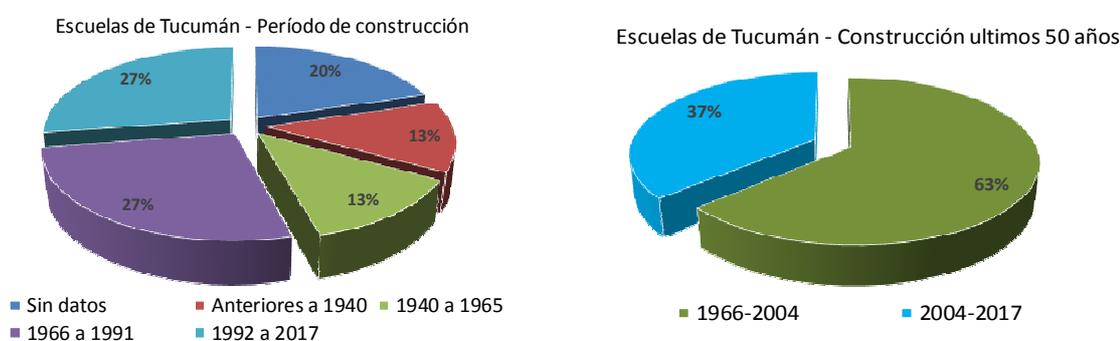


Figura 1: Análisis de parque edilicio escolar público según su período de construcción

Al analizar el período de construcción de las escuelas públicas (Fig. 1), puede observarse que el 54 % del parque edilicio escolar se construyeron en los últimos cincuenta años, correspondiendo al 37 % las escuelas construidas dentro del Programa Nacional “700 Escuelas” y “Mas Escuelas” (desarrollados desde 2004 a la fecha).

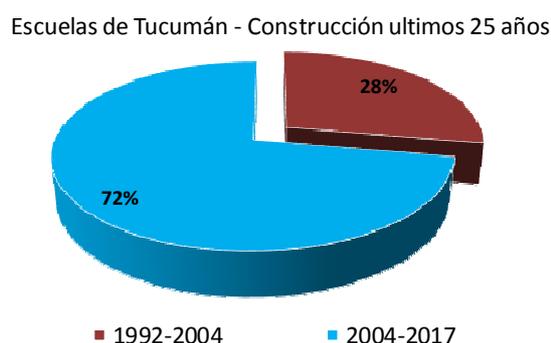


Figura 2: Análisis de las escuelas construidas en los últimos 25 años

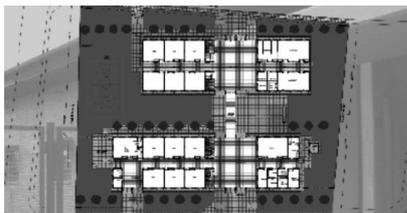
Al evaluar las escuelas construidas en los últimos veinticinco años, puede observarse que el 72% de las mismas corresponden a los mencionados programas, (Fig. 2) los que fueron lanzados con los objetivos de mejorar las condiciones de infraestructura escolar y reforzar las políticas contra la deserción escolar.

Esta importante representatividad de las escuelas construidas en los últimos años en relación al resto de los establecimientos, determinó que fuera seleccionado como prototipo de análisis para desarrollar el presente trabajo.

*Escuela Agrotécnica de Concepción. Chicligasta. Año 2008.*



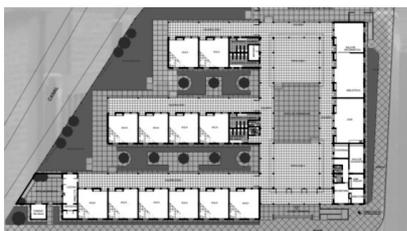
*Escuela Barrio Costanera. San M. de Tucumán. Año 2007.*



*Escuela Lomas, B° Lomas de Tafí, Tafí Viejo. Año 2008.*



*Escuela S.S. Juan Pablo II. San Miguel de Tucumán. Año 2005.*



*Escuela especial de Monteros. Monteros. Año 2007.*



*Escuela Nueva en las Talitas. Las Talitas, Tafí Viejo. Año 2008.*

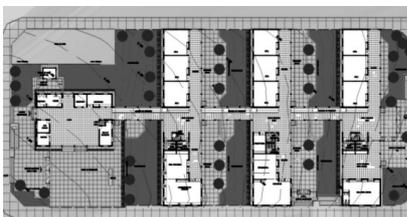


Figura 3: Ejemplos de escuelas construidas en el Plan “700 escuelas”

Al analizar las escuelas primarias del Area Metropolitana del Gran San Miguel de Tucumán (GSMT) que fueron construidas dentro de los citados programas, se puede observar que la tipología edilicia preponderante es la lineal, con un predominio del 84 % sobre las demás, los edificios se encuentran desarrollados en su mayoría (81 %), sobre un eje este-oeste, situación altamente favorable, dado que posibilita que las mayores fachadas tengan orientación Norte y Sur, siendo la primera recomendable por las ventajas frente al aprovechamiento de la radiación solar en invierno y la facilidad de protegerse de la misma en el verano y la orientación Sur es una de las orientaciones desde donde incide el viento con mayor frecuencia, lo que posibilita su aprovechamiento para el refrescamiento en el verano.

Si bien la mayoría de las escuelas no presentan limitaciones por su terreno, dado que se construyeron en predios de generosas dimensiones y ninguna se encuentra entre medianeras; la mayoría de ellas fueron diseñadas con una organización de las aulas en doble fila, situación poco recomendable para nuestra situación climática, ya que no permite que todas las aulas posean idéntico beneficio frente al asoleamiento y ventilación natural. (Fig. 4)

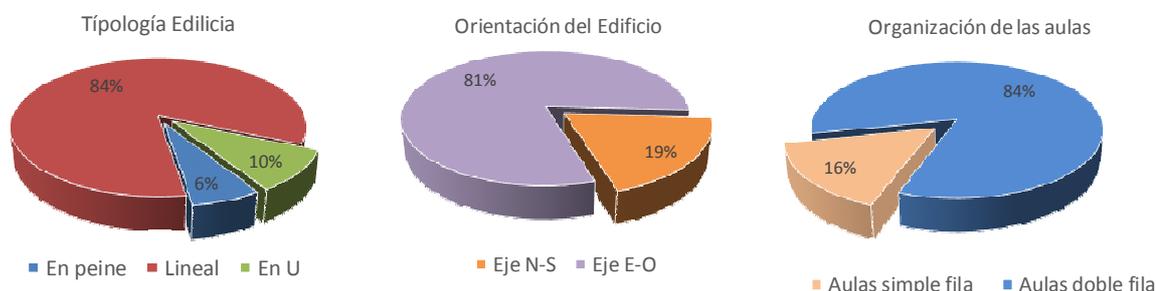


Fig. 4: Análisis de las escuelas primarias públicas del GSMT, construidas desde 2004 a la fecha

Las características de los aventanamientos resulta de gran importancia por la relación directa entre los mismos con la disponibilidad de iluminación natural, el aprovechamiento y protección de la radiación solar directa y de los vientos. El análisis del parque edilicio construido desde el año 2004 a la fecha muestra que la mayoría de las escuelas (90%) presentan doble aventanamiento, o sea aberturas en muros enfrentados, situación altamente beneficiosa para el clima en análisis, así también el 66 % de ellas presentan protecciones solares en las ventanas, siendo el alero con quiebre la situación que se presenta en mayor porcentaje (89 % de los casos). (Fig. 5)



Fig. 5: Características aberturas de las escuelas primarias de GSMT, construidas desde 2004 a la fecha

#### Caso de Estudio

Habiendo definido cuáles son las situaciones que se presentan con mayor frecuencia: organización lineal en doble hilera, desarrollada sobre eje este-oeste, con aulas con doble aventanamiento y protección solar con alero con quiebre, se seleccionó para analizar las condiciones de iluminación natural y asoleamiento que presentan sus aulas a la escuela Lomas de Tafí, la cual responde a las mencionadas características,

La Escuela Nueva Lomas se encuentra ubicada en el Barrio Lomas de Tafí, sito en el Departamento de Tafí Viejo, el cual forma parte del Área Metropolitana de GSMT. La escuela fue construida en los años 2010 y 2011. Presenta una planta organizada en dos sectores de aulas, desarrollados sobre un eje E-O, separados por patios intermedios y vinculados a través de una circulación central en sentido N-S

Las aulas de la escuela se organizan en doble hilera con una circulación central y sus dimensiones son 7,00 m de ancho por 7,00 m de largo y una altura media de 2,98 m. Presentan, hacia el exterior (Norte o Sur), dos ventanas de 1,40 m por 1,40 m con protecciones solares conformadas por aleros horizontales con quiebre de 0,60 m de profundidad y hacia el pasillo central ventanas que por sus características, su aporte lumínico es prácticamente nulo. (Fig. 6)

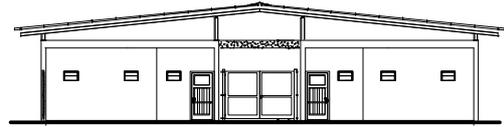
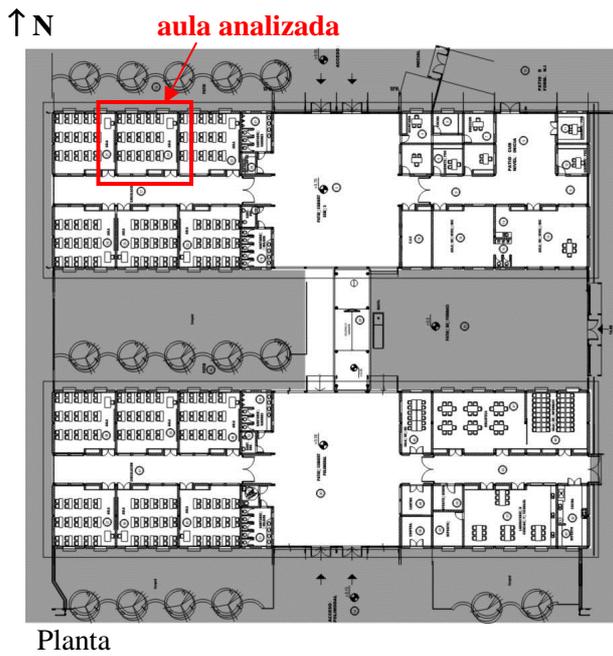


Figura 6: Escuela Nueva Lomas

A partir del relevamiento de las condiciones lumínicas y de asoleamiento en la escuela, se seleccionó para su estudio, un aula ubicada hacia la fachada Norte, situación desfavorable, dado que ingresa sobre los pupitres radiación solar, produciendo deslumbramiento, por tal motivo se utiliza en el aula cortinado interior que no permite el ingreso de la luz, ni el aprovechamiento de la radiación solar directa para su calefacción solar pasiva. (figura 7).

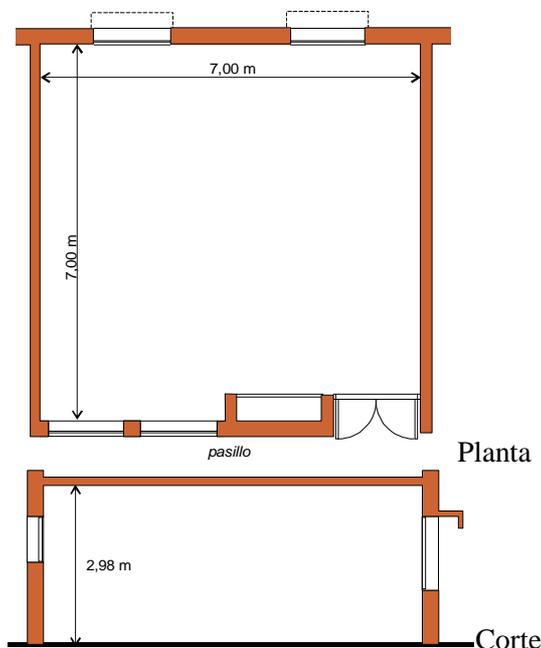


Figura 7: Características del aula seleccionada para el análisis

#### Análisis de asoleamiento

A fin de determinar la incidencia de la radiación solar en el interior del aula, se analizó la obstrucción solar que producen los aleros dispuestos en las ventanas, utilizando para ello la metodología del Diagrama de Trayectoria Solar y de Visión de Bóveda (Mazria, 1983).

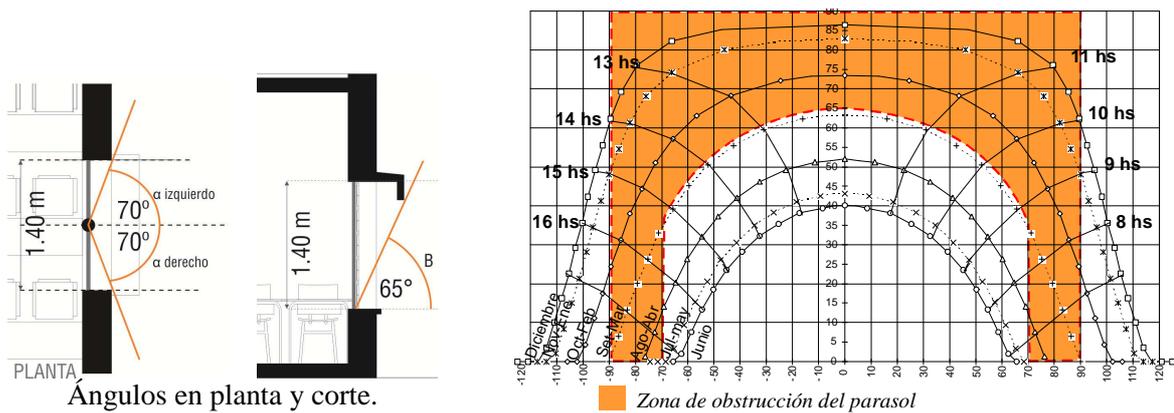


Diagrama de trayectoria solar en superposición a diagrama de visión de bóveda para la orientación norte.

Figura 8: Obstrucción solar de los aventanamientos del aula analizada.

Se pudo verificar que, en verano, la radiación solar no ingresa a través de las ventanas, dado que el parasol existente obstruye el sol en el período de Setiembre a Marzo (figura 8), lo cual resulta adecuado ya que restringe el aporte de calor por radiación directa sobre las superficies transparentes. No obstante, en invierno se observa un importante ingreso de sol por las ventanas durante todas las horas del día, situación que, por un lado resulta favorable ya que el aporte solar contribuye a calefaccionar en forma pasiva el aula, pero por otro lado, presenta el inconveniente de producirse deslumbramiento por incidencia del sol sobre los pupitres. Por este último motivo en las aulas con orientación Norte, los docentes cierran las cortinas interiores para evitar la ingreso solar y encienden las luces todo el día, con el correspondiente gasto de energía ocasionado por la iluminación artificial. (Fig. 9).



Aula con cortinas cerradas y luces encendidas



Aula sin cortinas, ingreso de sol en pupitres.

Figura 9: Vista interior en invierno del aula.

#### Análisis de iluminación natural

Para evaluar las condiciones de iluminación natural en el interior del aula, se realizaron mediciones y simulaciones, para el mes mas desfavorable (Junio).

- i. Las mediciones in situ de los niveles interiores de iluminación natural se realizaron con Luxímetro Tenmars DL-201 en el horario de mayor altura solar (entre las 11:00 y las 12:00 hs), bajo condición de cielo despejado, con el fin de evaluar la incidencia de la radiación solar.
- ii. Las simulaciones de los niveles interiores de iluminación natural se realizaron con el software Autodesk Ecotec Analysis, a primeras horas del inicio de actividades (9:00 horas), bajo las condiciones de Cielo cubierto uniforme, a fin de evaluar los niveles lumínicos bajo condiciones de reducida iluminación externa.

Para el registro de datos se adoptó una retícula de 1,00 m por 1,00 m a una la altura del plano de trabajo de 0,75 m del nivel de piso terminado, obteniendo un total de 36 puntos. Los valores de iluminancia obtenidos se compararon con los establecidos por las Normas de Higiene y Seguridad en el Trabajo (Ley N°19587, 1979) que establece un valor mínimo de iluminación sobre el plano de trabajo para las aulas comunes de 500 lux.

A partir de las mediciones in-situ, (Fig. 10), se pudo verificar que en un día con cielo despejado, por el ingreso del sol al interior, existe una distribución deficiente de la iluminación natural, se produce una iluminancia muy elevada en la zona próxima a las ventanas, y en las zonas más alejadas a las mismas se generan amplios sectores de muy baja iluminación. Si bien algunos sectores presentan valores superiores a los establecidos por Normas, éstos son los próximos a la mancha solar y hay puntos presentan notable deslumbramiento. El valor de uniformidad de 0,2 es muy inferior al valor mínimo recomendado (0,5), por lo que se encuentra muy lejos de las condiciones de confort lumínico aconsejable. Cabe reiterar, como se muestra en la fig. 4, que para evitar el ingreso del sol, el cortinado interior se corre, por lo tanto el nivel de iluminación decae notablemente y se encienden las luces interiores en forma permanente.

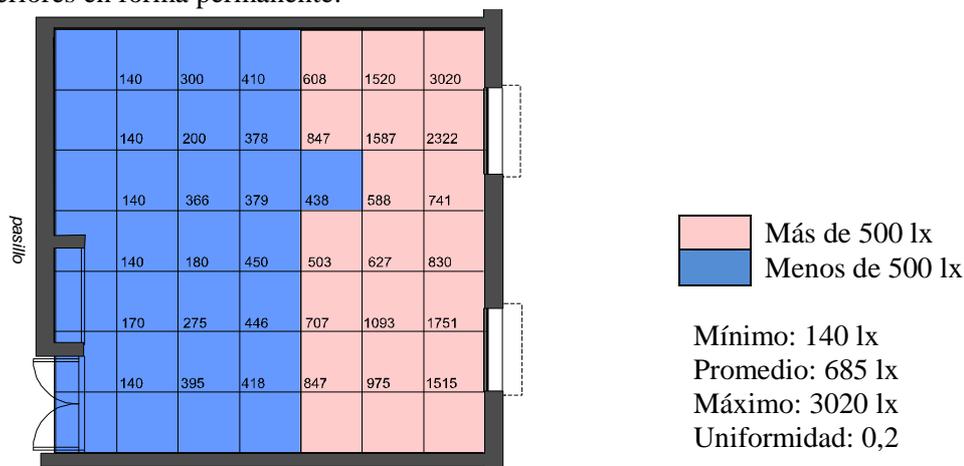


Figura 10: Valores de iluminancia registrados in situ, bajo condiciones de cielo claro

En las simulaciones lumínicas se adoptó para el cielorraso el coeficiente de reflexión del 70%, correspondiente a pintura blanca, para las paredes de 65% correspondiente pintura amarillo crema y del 65% para el piso, correspondiendo al granito blanco y gris claro. No se consideraron obstrucciones exteriores ni reflexiones del pavimento exterior.

A partir de los resultados de las simulaciones de los niveles de iluminación del aula en condiciones de cielo cubierto uniforme pudo observar que, en el 88% de los puntos medidos, los valores de iluminancia son inferiores a los recomendados por Normas, solamente en el 12% de los puntos se superan los niveles mínimos de Normas. Por lo que se verifica que los niveles de iluminación resultan inadecuados para la tarea visual que se desarrolla en el interior. (Fig. 11)

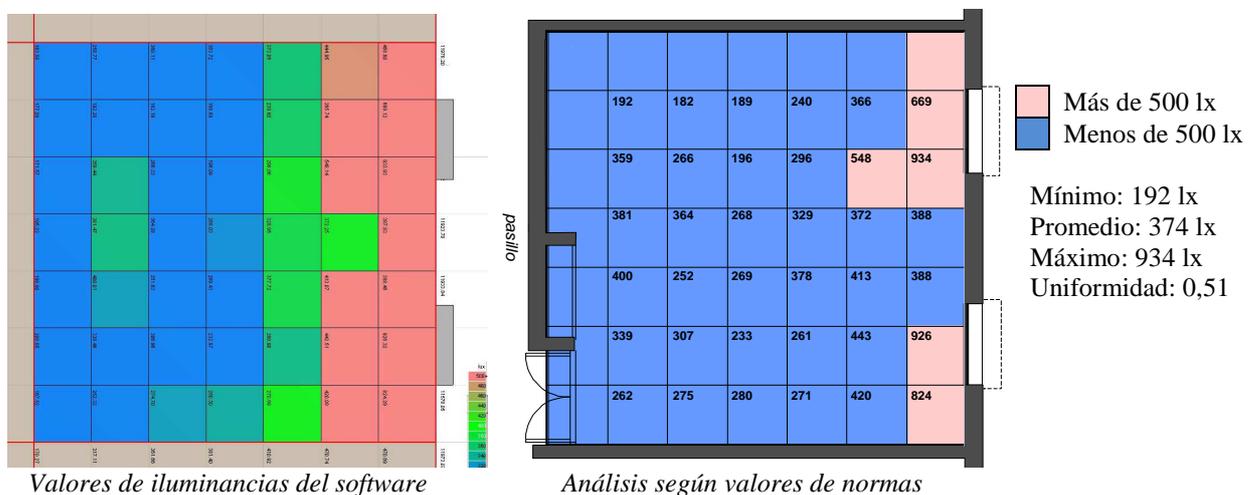


Figura 11: Valores de iluminancia determinados con Ecotect Analysis, condición cielo cubierto.

A partir de los resultados de las simulaciones en condiciones de cielo cubierto uniforme se pudo observar que, en el 88% de los puntos medidos, los valores de iluminancia son inferiores a los recomendados por Normas, solamente en el 12% de los puntos se superan los niveles mínimos de Normas, por lo que se verifica que los niveles de iluminación resultan inadecuados para la tarea visual que se desarrolla en el interior.

#### *Propuestas de diseño de los aventanamientos*

A partir del análisis de la situación actual del aula se verificó que los niveles de iluminación natural resultan insuficientes para la tarea visual en el interior, que el ingreso de sol en el invierno genera discomfort visual por deslumbramiento al incidir sobre los planos de trabajo y que no se aprovecha la radiación solar para la calefacción pasiva del ambiente.

Por ello, se plantearon y analizaron mejoras al sistema de aventanamientos con el objetivo de obstruir la mancha solar de invierno, aumentar los niveles de iluminación natural, reforzar la iluminación en zonas alejadas al plano de las ventanas y captar la radiación solar directa para calefacción pasiva en invierno, las cuales consistieron en:

- Utilizar protecciones solares en las ventanas que permitan la obstrucción total de la radiación solar incidente tanto en el invierno como en el verano.
- Utilizar ventanas superiores para mejorar la iluminación natural interior ya que permiten: el ingreso de luz hacia la parte más profunda del local, el aporte de iluminación desde un sector más luminoso de la bóveda celeste y una menor posibilidad de obstrucción por elementos exteriores.
- Incorporar estantes de luz los cuales mejoran la distribución de la iluminación natural en el interior a la vez que permiten el ingreso de radiación solar en el invierno, evitando su incidencia sobre los planos de trabajo.

Las propuestas consistieron en la incorporación de una ventana superior corrida, analizando dos opciones:

- Opción A: Ventana superior corrida de 0,50 m de altura con bandeja de luz de 0,30m de profundidad. La bandeja cumple la doble función, por un lado recibe la radiación solar directa de invierno con la consiguiente carga beneficiosa de calor y por otro lado impide que ésta incida sobre los planos de trabajo.
- Opción B: Ventana superior corrida de 0,25 m sin bandeja de luz, siendo esta innecesaria ya que por las reducidas dimensiones de la ventana no ingresa el sol al interior a través de la misma.

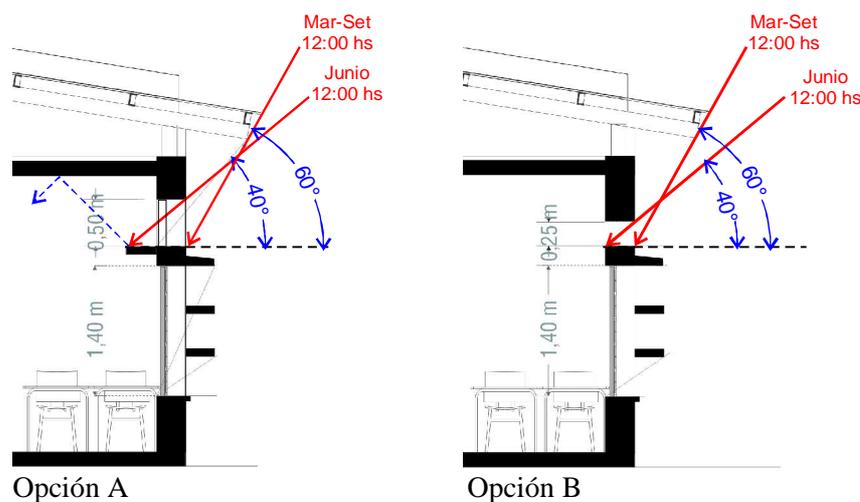


Figura 12: Ángulos de obstrucción solar de las ventanas superiores

Para cada una de opciones descriptas se analizaron tres alternativas para evitar el ingreso del sol a través de las ventas existentes:

1. Incorporar dos aleros horizontales intermedios y quitar del alero existente la visera (quebre)
3. Incorporar un alero horizontal intermedio que complemente el alero existente (con visera o quebre).
2. Incorporar una obstrucción móvil de lamas horizontales y quitar del alero existente la visera.

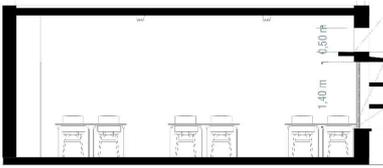
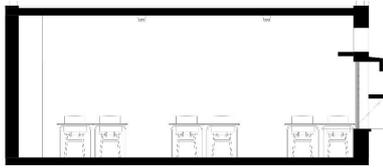
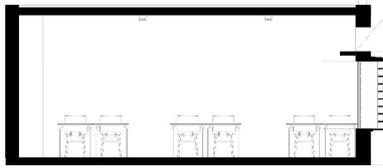
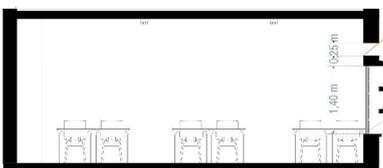
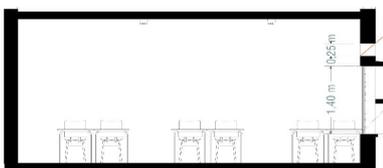
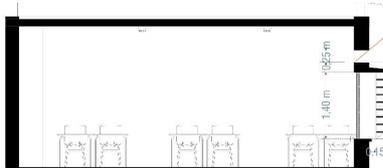
Opción A: Ventana superior de 0,50 m con bandeja de luz		
<b>1.</b> Alero superior sin visera Dos aleros intermedios en ventanas inferiores.	<b>2.</b> Alero superior existente Alero intermedio en ventanas inferiores	<b>3.</b> Alero superior sin visera Obstrucción móvil en ventanas inferiores.
		
Opción B: Ventana superior de 0,25m sin bandeja de luz		
<b>1.</b> Alero superior sin visera Dos aleros intermedios en ventanas inferiores.	<b>2.</b> Alero superior original Alero intermedio en ventanas inferiores	<b>3.</b> Alero superior sin visera Obstrucción móvil en ventanas inferiores.
		

Figura 13: Propuestas de aventanamientos analizadas

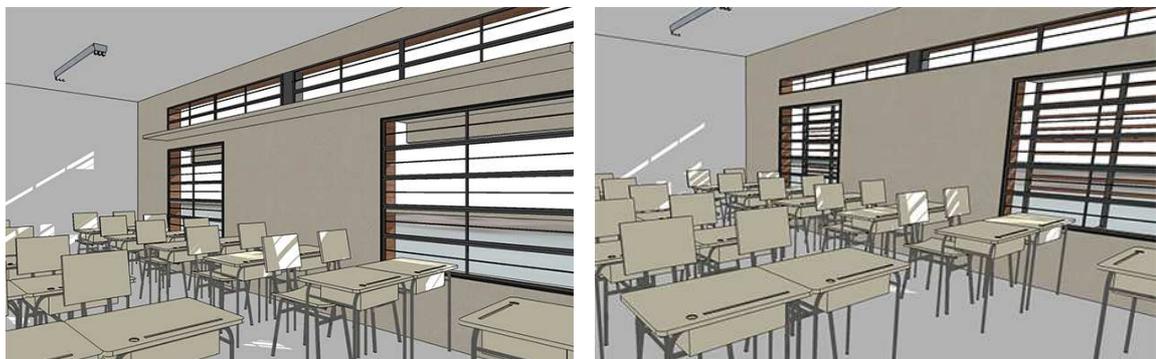


Figura 14: Vistas interiores de las opciones A y B de ventanas superiores.



Figura 15: Vistas exteriores de las alternativas 2 y 3 de protecciones para las ventanas existentes.

Las propuestas planteadas fueron evaluadas con el software Autodesk Ecotec Analysis, manteniendo las mismas condiciones de simulación adoptadas para la situación original: 9:00 horas en el mes de junio, condiciones de cielo uniforme, coeficientes de reflexión de 70% en cielorraso, 65% en paredes

y 65% en piso, sin obstrucciones exteriores ni reflexiones del pavimento exterior. Los valores obtenidos pueden observarse en la figura 16.

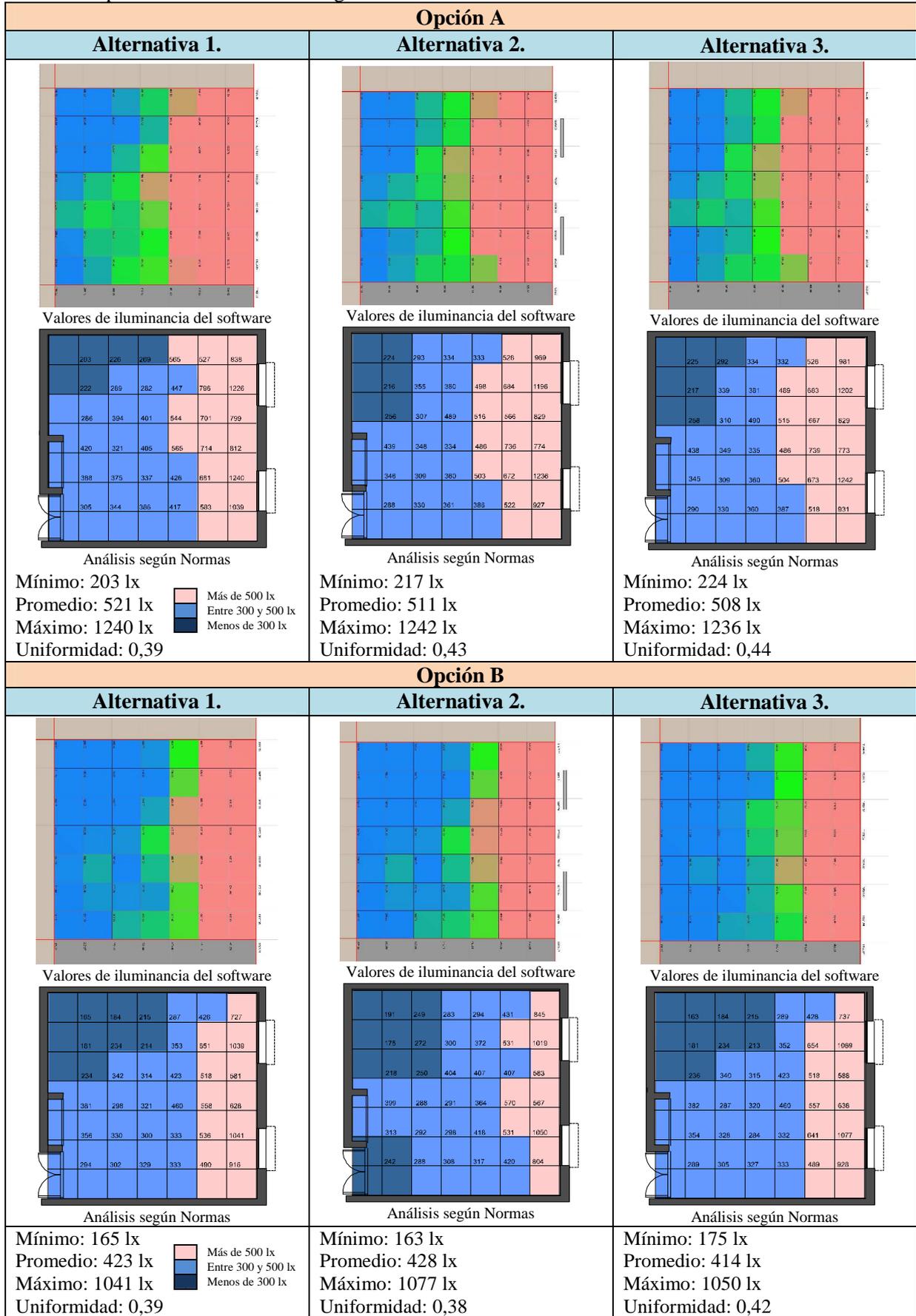


Figura 16: Resultados de la simulación lumínica del aula para las diferentes soluciones de diseño.

Al comparar las situaciones propuestas con la existente se nota una clara mejoría con los planteos realizados. Si se compara la opción A, alternativa 1, con la situación actual, vemos que la primera presenta el 43% de los puntos supera los 500 lx, solo el 19 % se encuentra con valores entre 200 y 300 lx y ningún sector tiene valores debajo de los 200 lx en contraposición con la situación real la cual solo un 14% supera los valores normados y el 45 % se encuentra entre los 100 y 300 lx.

Al comparar las diferentes alternativas planteadas, se pudo verificar que la opción A (ventana superior de 0,50 m de altura con bandeja de luz) permite mayores niveles de iluminación, siendo la iluminancia promedio un 18% mayor que la opción B (ventana superior de 0,25 sin bandeja). Se observa que, en la opción A, el 44% de los puntos calculados superan los valores de iluminancia establecidos por Normas, mientras que en la opción B el 30%. Esta opción no solo resulta más conveniente desde el punto lumínico, sino también desde el aspecto térmico, ya que permite el ingreso de radiación al interior al incidir sobre la bandeja.

En relación a las alternativas de protecciones planteadas para las ventanas existentes, no se observa una diferencia sustancial en el comportamiento lumínico entre las diferentes variantes analizadas, por lo que la alternativa 2 será más conveniente ya que, al mantener el alero original, resultará menos costosa.

Al analizar una condición promedio de iluminación natural (11:00 hs) se verifica que, con la propuesta de diseño de los aventanamientos, en la mitad de los puntos calculados se alcanzan los valores de Normas por lo que se pueden lograr ahorros de energía en iluminación artificial de hasta un 50% en el período de invierno.

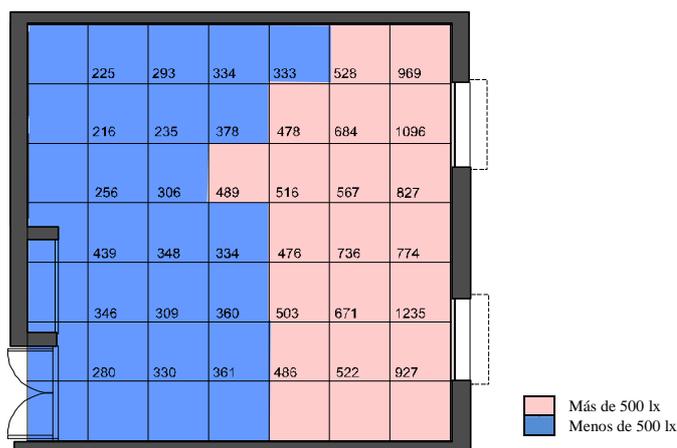


Figura 17: Valores de iluminancia para Junio 11:00 hs

## CONCLUSIONES

El estudio descripto, que abarcó las instancias de diagnóstico de las condiciones de iluminación natural de una aula tipo de escuela, y que incluyó un estudio sobre el comportamiento lumínico y de asoleamiento de diferentes soluciones de ventanas y sus protecciones, permitió arribar a una propuesta de diseño de sistemas de aventanamientos más apropiados para nuestra situación climática y de fácil aplicabilidad en los establecimientos escolares construidos o a construir en nuestra provincia.

Las propuestas planteadas permiten solucionar los problemas que ocasionan los sistemas de aventanamientos que se utilizan actualmente en las escuelas al posibilitar la obstrucción de la mancha solar en invierno evitando el deslumbramiento visual, el incremento de los niveles de iluminación natural a fin de alcanzar los niveles adecuados para la tarea visual que se desarrolla en el interior y la captación de la radiación solar directa para calefacción pasiva en invierno

Los beneficios energéticos posibles de alcanzar, son un aspecto fundamental a tener en cuenta, por un lado al considerar la crisis energética actual y el posible agotamiento de los recursos naturales y por

otro al considerar el ahorro económico que trae aparejado un diseño que contemple el correcto aprovechamiento de la iluminación natural. Pero el diseño de las superficies vidriadas que permitan el ahorro energético no solo brinda beneficios económicos, sino también una mejor calidad de vida y un menor deterioro del medio ambiente

## REFERENCIAS

- Assaf L. (1997) Seminario sobre Ahorros energéticos en iluminación artificial, Postgrado Auditoria Energética, FAU-UNT.
- Bistoni, A. Iriarte, A. Pereyra, M. Kiskía, G. Lesino y V. Javi (2010).” Construcción de una metodología para transferencia de tecnología en energías renovables. Un aporte desde experiencias comunitarias urbanas y rurales”.
- IRAM-AADL J20-04: iluminación en escuelas: características. Bahía Blanca, 1974.
- INTI (2011). Estudio Energético del Edificio Escuela N° 8 Arturo M. Bas, CGBA. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Acceso 08-2014. <http://www.inti.gob.ar/e-renova/erUP/er06.php>
- Ledesma S.L., Martínez C.F, Quiñones, G.I.; Llabra, C.; Márquez Vega, S. G.; Mostajo M., Orio, S.(2015-2016) “Análisis tipológico-ambiental del parque edilicio escolar de Tucumán”- IAA-FAU-UNT.
- Ledesma S.L., M.S. Cisterna, C.F. Martínez, V.M. Nota, G.E.Gonzalo (2014) “Análisis cuali-cuantitativo de la iluminación de aulas en escuelas primarias de Tucumán. Propuestas de mejoramiento”. Actas de la XXXVII Reunión de Trabajo de ASADES, Vol. 1.
- Ledesma S.L., G.E. Gonzalo M.S. Cisterna, G. Márquez Vega, G. Quiñones, V.M. Nota. (2005) “Evaluación del ahorro energético en iluminación artificial en aulas de edificios escolares en Tucumán” Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 9, p.p. 05.19 a 05.24, ISSN 0329-5184.
- Ley N° 19587 – Decreto N° 351/79 (1979). Normas de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Ministerio de Trabajo. Buenos Aires. Argentina.
- Mazria, E. (1983). El libro de la energía solar pasiva. Ed. G. Gilli. Méjico.
- Monteoliva J.M. y Pattini A. (2013) Iluminación natural en aulas. Análisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en climas soleados. Revista Ambiente Construido vol.13 no.4 Porto Alegre. On-line versión ISSN 1678-8621 [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212013000400016&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212013000400016&script=sci_arttext)
- Pattini, A. La Luz Natural en las Escuelas: aprovechamiento y control de la luz solar en aulas. Buenos Aires: Dunken, 2009.
- Rodriguez, R; Del Rosso, R; Dumit, C; Yamin Garretón, J; Roca, MB; Monteoliva, JM & Pattini, A. (2014). Evaluación de Usabilidad del protocolo LAHV de medición de iluminación de espacios de trabajo.» En actas IX Jornadas de Ergonomía Argentina. Córdoba, Argentina

## ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the behavior of lighting and sunning prototypical approaches of schools of recent construction in Tucumán and to define proposals and design solutions, tending to generate adequate lighting conditions and reduce energy consumption in classrooms. To do this, from the definition of the prototypical situation, its lighting and sunshine conditions were evaluated by means of in situ measurements complemented by the application of specific software, the inadequate conditions presented by the classrooms were verified. Design proposals were made and evaluated for the remodeling of the aforementioned projections and their protections, which were evaluated using calculation software and graphic methods. The results showed that it is possible to improve the light conditions of the classrooms, with consequent environmental and energy saving benefits. The results are expected to be transferred to school infrastructure agencies.

**Keywords:** Lighting, sunning, energy, schools, habitability,