

Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales

2017

Docencia
Investigación
Extensión
Gestión



DOCENCIA
INVESTIGACIÓN
EXTENSIÓN
GESTIÓN



Comisión evaluadora

Dirección general

Decano Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Dirección ejecutiva

Secretaría de Investigación

Comité organizador

Herminia ALÍAS
Andrea BENÍTEZ
Anna LANCELLE
Patricia MARIÑO

Coordinación editorial y compilación

Secretaría de Investigación

Diseño y diagramación

Marcelo BENÍTEZ

Corrección de texto

María Cecilia VALENZUELA

Impresión

BECOM S.I. - Obligado 311 -
Resistencia - Chaco -
becom-si@hotmail.com

Colaboradora

Lucrecia SELUY

Edición

Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad Nacional del Nordeste
(H3500COI) Av. Las Heras 727 |
Resistencia | Chaco | Argentina
Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

Teresa ALARCÓN / Jorge ALBERTO / María Teresa ALCALÁ / Abel AMBROSETTI / Guillermo ARCE / Julio ARROYO / Teresa Laura ARTIEDA / Gladys Susana BLAZICH / Walter Fernando BRITES / César BRUSCHINI / René CANESE / Rubén Osvaldo CHIAPPERO / Enrique CHIAPPINI / Mauro CHIARELLA / Susana COLAZO / Mario E. DE BÓRTOLI / Patricia DELGADO / Claudia FINKELSTEIN / María del Socorro FOIO / Pablo Martín FUSCO / Graciela Cecilia GAYETZKY de KUNA / Elcira Claudia GUILLÉN / Claudia Fernanda GÓMEZ LÓPEZ / Delia KLEES / Amalia LUCCA / Elena Silvia MAIDANA / Sonia Itatí MARIÑO / Fernando MARTÍNEZ NESPRAL / Aníbal Marcelo MIGNONE / María del Rosario MILLÁN / Daniela Beatriz MORENO / Martín MOTTA / Bruno NATALINI / Carlos NÚÑEZ / Patricia NÚÑEZ / Susana ODENA / Mariana OJEDA / María Mercedes ORAISÓN / Silvia ORMAECHEA / María Isabel ORTIZ / Jorge PINO / Nidia PIÑEYRO / Ana Rosa PRATESI / María Gabriela QUIÑÓNEZ / Liliana RAMÍREZ / María Ester RESOAGLI / Mario SABUGO / Lorena SÁNCHEZ / María del Mar SOLÍS CARNICER / Luciana SUDAR KLAPPENBACH / Luis VERA.

ISSN 1666-4035

Reservados todos los derechos.

Impreso en BECOM S.I., Resistencia, Chaco, Argentina.
Octubre de 2018.

La información contenida en este volumen es absoluta responsabilidad de cada uno de los autores.

Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la información contenida en el presente volumen con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL EN LAS AULAS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNNE. APLICACIÓN DE NORMATIVAS, MONITOREOS EXPERIMENTALES Y SIMULACIONES CON ECOTECT

CURRIE, Laura G.;
JACOBO, Guillermo J.;
ALÍAS, Herminia M.
 laucurrie@hotmail.com;
 gjjacobo@arq.unne.edu.ar;
 heralias@yahoo.com.ar

Cátedra Estructuras II. Área de la Tecnología y la Producción. FAU-UNNE.

RESUMEN

El trabajo se enfoca en el estudio y comparación de normativa específica, monitoreo experimental *in situ* y simulación, a través de un **software** específico, para establecer un diagnóstico global de la situación actual de la iluminación natural y artificial en las aulas de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE, para confirmar o refutar la hipótesis planteada que surge de una situación observada a diario: la falta de iluminación natural y el uso excesivo pero necesario de la iluminación artificial durante el día para realizar las distintas actividades en las aulas.

PALABRAS CLAVE

Iluminación; eficiencia; aulas.

OBJETIVOS

- Elaborar un diagnóstico de las condiciones de iluminación interior, natural y artificial, en el edificio de la Facultad de Arquitectura de la UNNE, para detectar posibles factores que repercutan en un uso excesivo de energía eléctrica (para la iluminación artificial del edificio) y en la calidad de vida que brindan los espacios.
- Desarrollar pautas y criterios arquitectónico-tecnológicos tendientes a racionalizar el uso de iluminación artificial y optimizar el aprovechamiento de iluminación natural en el edificio de la FAU-UNNE, factibles de ser transferidos para su aplicación a otros edificios educativos institucionales.

PLANTEO DEL PROBLEMA

El bienestar del ser humano y el logro del confort ambiental son el fin primordial de todo espacio construido. El confort ambiental, como un indicador de la Arquitectura Sustentable, es posible solo a partir de la consideración, análisis y regulación (a través del diseño del objeto arquitectónico) de los múltiples parámetros y factores del confort térmico, lumínico y acústico, considerados en forma simultánea. Debido a la creciente demanda energética, resulta indispensable la concientización del uso racional de

la energía, mediante la utilización de iluminación natural en horarios en que es posible, y el diseño adecuado con el fin de garantizar el bienestar con el menor gasto energético.

En nuestra región, las horas de luz diurna y la radiación solar anual permiten contemplar la posibilidad de iluminar los espacios interiores durante gran parte del día, sin necesidad de recurrir a la iluminación artificial. La posibilidad de iluminar los ambientes con luz natural permite utilizar racionalmente la energía y reducir su consumo. Asimismo, la utilización de la iluminación natural brinda salubridad ambiental y confort visual para los ocupantes (Aguaviva *et ál.*, 2002).

Los edificios públicos (nacionales, provinciales o municipales), como la Facultad de Arquitectura y Urbanismo del campus UNNE (Resistencia, Chaco), representan un potencial ahorro energético, por lo que contribuir a su estudio y a la aplicación de metodologías para determinar el

grado de eficiencia energética de dichos edificios resulta un importante aporte (Pacheco *et ál.*, 2008). Dentro del universo de edificaciones públicas, el presente trabajo se enmarca en la arquitectura educativa, debido a la función de la sede edilicia universitaria que monitorear, la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE. Las escuelas tienen como particularidad que, además de un adecuado confort higrotérmico, requieren condiciones de acondicionamiento lumínico de alta exigencia, debido a que el confort visual favorece la eficacia de la principal tarea que se realiza en sus espacios interiores: la lectoes-

critura (Pattini y Kirschbaum, 2007). En los espacios escolares, es de fundamental importancia garantizar los niveles de iluminancia sobre el plano de trabajo y una distribución homogénea de la luz para el bienestar físico y psíquico de sus ocupantes (Boutet *et ál.*, 2010: 05-25), lo que favorece su buen desempeño en las actividades.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se definieron locales que relevar, verificar y monitorear realizando un análisis de la frecuencia de uso de cada uno, como así también el volumen de usuarios de cada local. Se

buscó incluir espacios que resultaran representativos de las distintas situaciones, por lo que se seleccionaron espacios tanto del sector original de la facultad (1956) como en el sector "nuevo" (bloque de talleres 1990-2010); locales con aventanamientos en distintas orientaciones y ubicados en diferentes plantas del edificio, para lograr mayor diversidad en cuanto a los resultados. Del sector antiguo el aula 4 y el aula 5, en planta baja; mientras que del sector nuevo se seleccionaron el aula 12 y el auditorio en planta baja, el taller A9 en el primer piso y el taller A8 en el segundo.

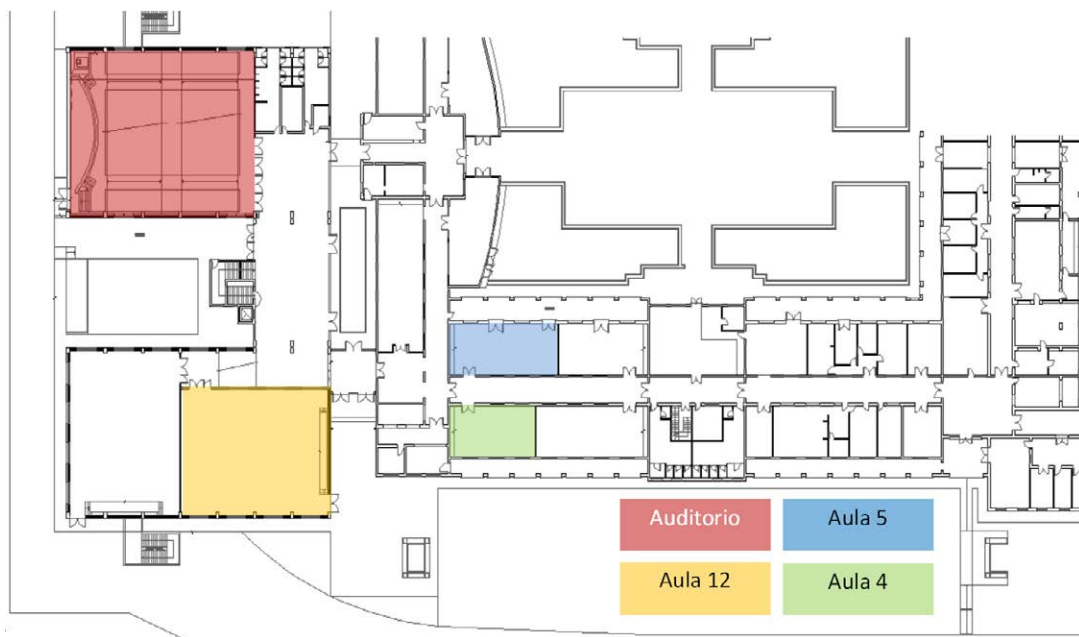


Figura 1. Ubicación de los locales para monitorear: planta baja, FAU-UNNE

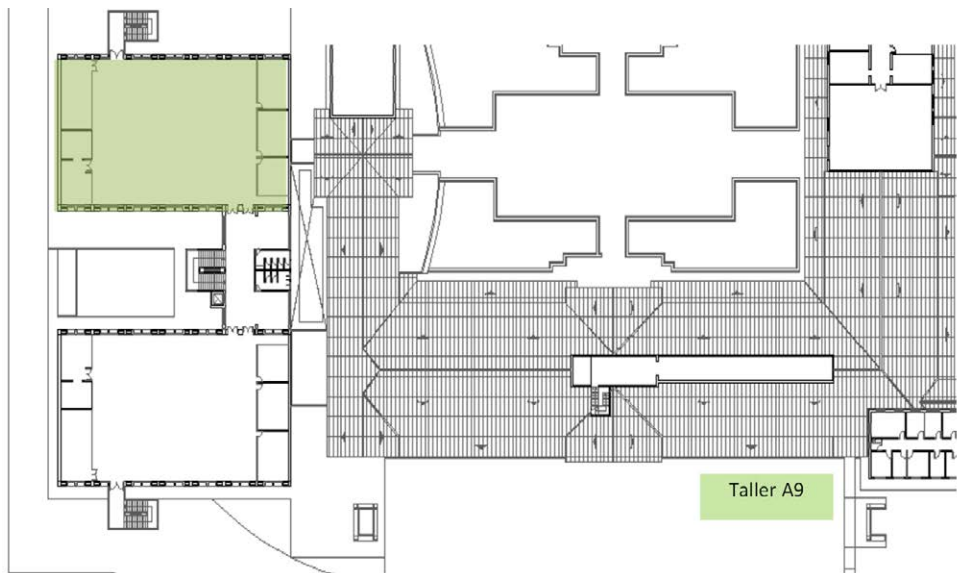


Figura 2. Ubicación de los locales para monitorear: primer piso FAU-UNNE

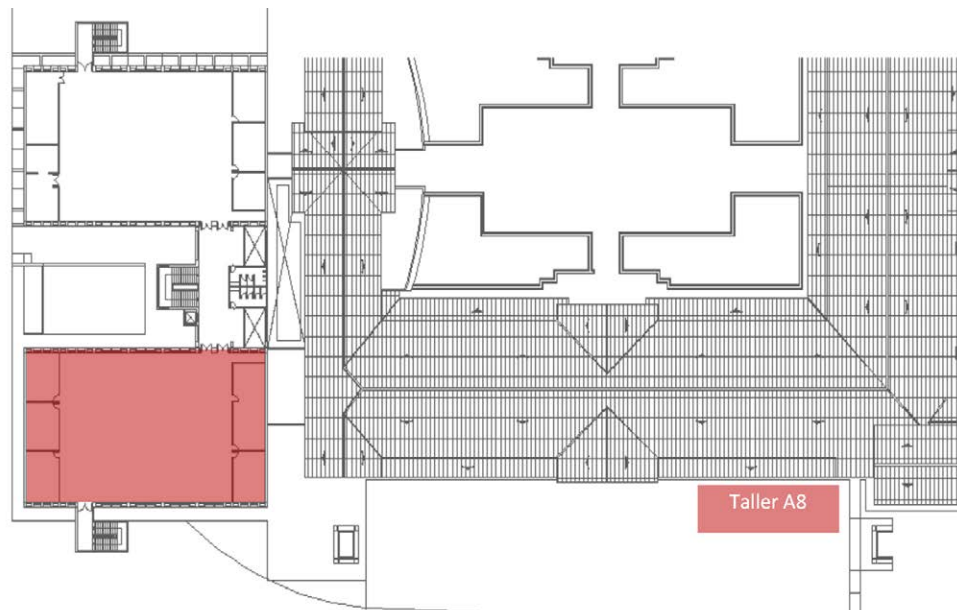


Figura 3. Ubicación de los locales para monitorear: segundo piso, FAU-UNNE

Para alcanzar los objetivos se trabajó en tres etapas.

Primera etapa: relevamiento-análisis. Consistió en el estudio de antecedentes y en el completamiento del relevamiento tecnológico-construtivo existente del edificio de la FAU-UNNE, así como en la revisión de normativas vigentes de acondicionamiento lumínico de edificios, código de edificación de la ciudad de Resistencia y reglamentos de construcción. El relevamiento expone el estado, disposición y características técnicas tanto de las aberturas y vanos de los locales principales del edificio como de los dispositivos de iluminación empleados en ellos, a fin de obtener una sistematización de datos que permita, primero, encarar la verificación según las normas luminotécnicas vigentes y, en una segunda instancia, aplicar los procedimientos previstos en la segunda etapa.

Segunda etapa. Operacionalización: monitoreos-simulaciones. Consistió en la aplicación de procedimientos de verificación de las condiciones lumínicas en los espacios definidos; primero a través del monitoreo experimental *in situ*. Se procedió a realizar mediciones en dos talleres y cuatro aulas de la facultad en dos instancias, en julio y en diciembre, que se corresponden con el solsticio de invierno y verano, respectivamente, con la intención de verificar el nivel de iluminación de los locales en los momentos del año en que el sol posee menor y mayor altura. El protocolo de monitoreo consistió en la colección

de datos a través de mediciones con un luxómetro digital, del nivel de luz natural, artificial y ambas a la vez. Las mediciones se realizaron en los horarios de uso habituales de los locales durante el período de clases. Antes de comenzar el monitoreo se establecieron puntos de medición; esto permitió que los valores registrados en el transcurso de los días de monitoreo se efectuaran en un lugar preciso.

En segundo lugar, se efectuaron mediciones a través de simulaciones de desempeño lumínico con el **software** Ecotect. Se procedió a cargar el modelo en el programa, y luego se realizaron las simulaciones de iluminación natural, iluminación artificial y ambas combinadas, a través del uso de la grilla (grip) que desarrollamos en el programa cargando los parámetros. El cálculo realizado en los espacios interiores tiene en cuenta tres parámetros: elementos internos de reflexión, elementos externos de reflexión de la luz solar y la ponderación de la luz arrojada por la bóveda celeste dada por la localización geográfica del modelo, para lo cual se debe geolocalizar el modelo. Luego de las simulaciones, el mismo programa genera un resumen de los datos en forma de tabla que posteriormente son analizados aula por aula, y arrojan diagnósticos parciales sobre cada situación.

Tercera etapa: diagnóstico-desarrollo de pautas para el uso racional de la energía (URE) para iluminación. Consistió en la síntesis y sistematización de la información relevada,

recopilada, analizada y verificada, y en la formulación de un diagnóstico de las condiciones de iluminación interior, natural y artificial, en el edificio de la FAU-UNNE, que se constituya en la base para el desarrollo de pautas y criterios de diseño y uso, tanto para el mejoramiento de los dispositivos de entrada de luz natural con que los espacios analizados cuentan como para la racionalización del uso de iluminación artificial en los sectores en que dicho uso se verificó como intensivo.

RESULTADOS

Luego de la etapa de relevamiento de la normativa vigente y del edificio de la Facultad de Arquitectura, se detectaron los siguientes conflictos:

Superficie vidriada insuficiente

Altura del antepecho de la ventana: según la Norma IRAM-AADL J 20-03, se debe adoptar como altura del antepecho de la ventana en estudio la altura del plano de trabajo (0,80 m sobre el nivel de solado). Las aberturas ubicadas en el sector original y del aula 12 de la facultad se encuentran a 1,20 m sobre el nivel de solado, lo que es desventajoso en lo referente al ingreso de luz natural.

Ancho de las ventanas: a partir de los valores establecidos en la norma IRAM-AADL J 20-03, se verifica que las dimensiones de las aberturas de las aulas seleccionadas son inferiores a las requeridas (tabla 1).

Pérdida por vidriados y laminados plásticos: en el caso del Taller 8 A, se utilizaron como cerramiento de los aventanamientos laminados de

Tabla 1 Cuadro comparativo

EXISTENTE				REQUERIDO POR LA NORMA IRAM AADL 20-03		
AULA	Alto de ventana (hv)	Ancho de ventana (av)	Sup. de ventanas (m2)	Alto de ventana (hv)	Ancho de ventana (av)	Sup. de ventanas (m2)
2	1,33	6,87	9,14	2,85	11,86	33,80
4	1,33	9,43	12,54	2,85	11,86	33,80
5	1,33	6,00	7,98	2,85	11,48	32,72

plásticos, que disminuyen considerablemente el ingreso de iluminación natural mínimamente en un 22 %, en comparación con el resto de las áreas donde se utilizó vidrio común de 4 mm de espesor, que obtuvieron solo un 15 % de reducción.

Mala disposición del equipamiento en las aulas. *Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar*, promovido por el Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, establece que en las aulas durante el horario diurno debe asegurarse que la luz natural provenga desde la izquierda, considerando la ubicación de los alumnos. Esta premisa no se cumple en el aula 2, 4 y en el aula 12, donde las ventanas se encuentran sobre el lado derecho del local, según la disposición de los equipamientos.

Pérdida por obstrucciones: en muchos casos, la iluminación natural disponible no ingresa en el local de forma correcta, por obstrucciones en las aberturas, como rejas (aula 12 y auditorio), cortinas o parantes (talleres).

Problemas de falta de mantenimiento: la elección de las aberturas en algunos casos no fue la indicada, ya que no permite su fácil acceso para

reparación o limpieza de los paños transparentes, tanto desde el interior como desde el exterior. La falta de mantenimiento hace que se acumule suciedad, que no permite el ingreso de la iluminación natural en su totalidad, lo que desperdicia superficie vidriada y favorece el uso de iluminación artificial.

Problemas de utilización por parte de los usuarios: los usuarios de las aulas no utilizan la iluminación natural y mantienen los dispositivos de control de las aberturas cerrados. Esto se puede deber a la falta de mantenimiento de aquellos, a la falta de conciencia sobre el aprovechamiento de la luz natural por parte de los usuarios o incluso al ingreso de luz solar directa a las aulas.

Utilización excesiva de la iluminación artificial. Se ha observado durante el relevamiento que la luz artificial es utilizada durante todo el día.

Las verificaciones obtenidas a través de la comparación entre los datos relevados de las distintas áreas y los requisitos de las Normas IRAM-AADL y Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar promovido por el Ministerio de Cultura y Educación de

la Nación avalan la situación que se relevó en todas las aulas: la necesidad del uso de los artefactos de iluminación artificial, en horas de luz diurna dentro de los espacios.

Además de los problemas detectados a través de la comparación de lo existente con las normas analizadas, se comprende, a través de las simulaciones realizadas con Ecotect, que también existe un gran problema desde el punto de los requerimientos mínimos, expuesto en la Norma IRAM AADL J 20-06 (500 lux), para lograr bienestar al realizar las actividades de lecto-comprensión y el desarrollo de actividades manuales. A continuación, como ejemplo, los resultados obtenidos con el **software** Ecotect en el aula 4, para iluminación natural, iluminación artificial e iluminación natural y artificial al mismo tiempo.

Destacando lo relevado como situación corriente en el ámbito académico, la utilización de iluminación artificial durante las horas de luz solar, se propuso como parte de una de las hipótesis que los niveles mínimos mencionados por la norma eran alcanzados con el uso de

la iluminación artificial sumado a la iluminación natural. A través de la simulación y el análisis de los valores mostrados, se concluye que los niveles de iluminación no son alcanzados incluso usando la iluminación artificial en horas diurnas.

En las simulaciones se hace evidente que en ninguna de las aulas ni talleres se alcanzan los niveles recomendados por la Norma IRAM AADL J 20-06, que establece para aulas comunes (aula 4, aula 5, aula 12 y auditorio) 500 lux como nivel de luminancia, y por la Norma IRAM AADL J 20-04, que establece para aulas especiales (Taller 9 A y Taller 8 A) 750 lux como nivel óptimo de iluminación. A su vez establece que en las aulas donde la escritura se realiza con lápiz, el valor

medio del servicio de la iluminación se debe incrementar en un 20 %, requiriendo por lo tanto un mínimo de 900 lux para los talleres.

La iluminación natural registrada en ningún aula ni taller supera los 100 lux. Esto confirma lo que se observó en cada espacio de manera ocular: que para realizar cualquier tarea es necesario contar con iluminación artificial durante todo el día. Sin embargo, en determinados puntos de medición cercanos a las aberturas, se registraron valores importantes para ser tenidos en cuenta entendiendo que el potencial de luminancia está presente, y que por diferentes situaciones (dimensiones de aventanamientos, obstrucciones, galerías, etc.) no es aprovechado y dirigido correctamente al espacio.

En general, se observó que en el momento de encender las luminarias en el espacio siendo de día, los niveles de iluminación aumentaron e incluso llegaron a rondar los 300 lux en la mayoría de los espacios, lo que da un nivel mínimo para desarrollar las tareas planteadas en los distintos espacios. Del total del nivel de iluminación, el porcentaje que aportó la iluminación natural en general va del 1 % al 10 %, salvo en el caso puntual del aula 5, donde durante las mediciones realizadas en el mes de diciembre el aporte de la iluminación natural fue del 50 % al total del nivel de iluminación registrado. Si bien los porcentajes son mínimos en la mayoría de los casos, el uso de ambas iluminaciones al mismo tiempo generó en el espacio una iluminación más homogénea.

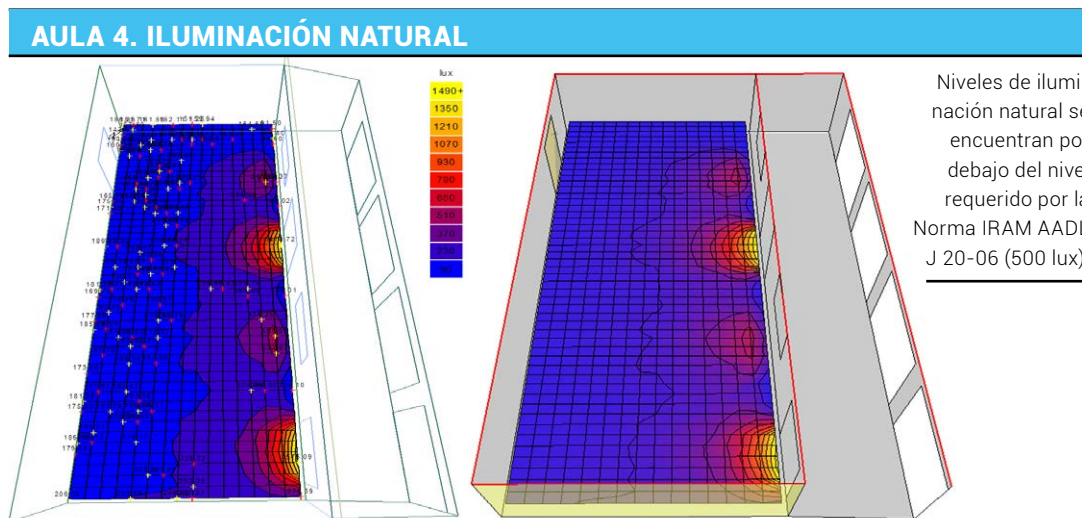
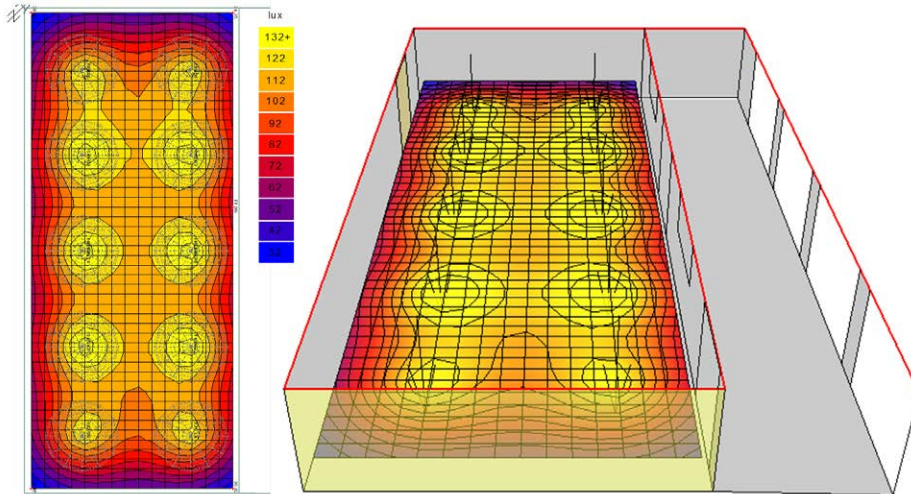


Figura 4. Simulación de los niveles de iluminación natural del aula 4.
Fuente: elaboración propia con el software Ecotect

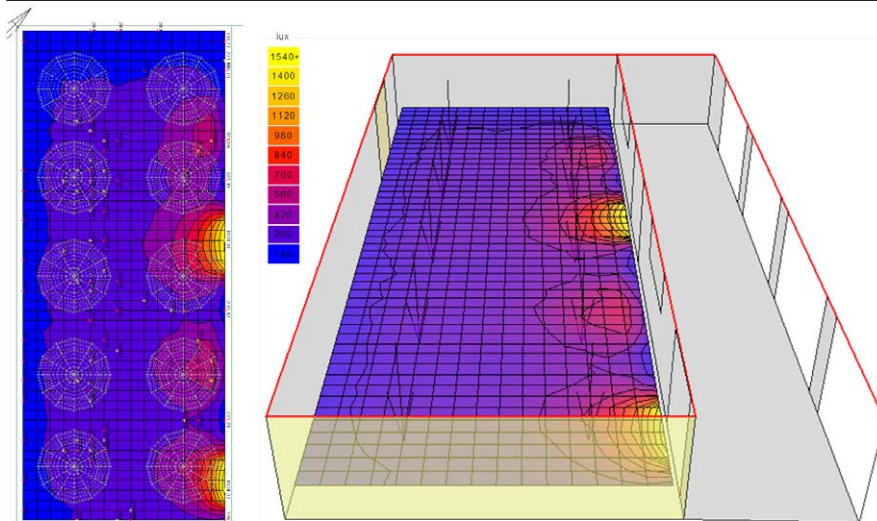
AULA 4. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL



Niveles de iluminación por debajo del nivel requerido por la Norma IRAM AADL J 20-06 (500 lux). No es homogénea la distribución de la iluminación en el espacio.

Figura 5. Simulación de los niveles de iluminación artificial del aula 4. Fuente: elaboración propia con el software Ecotect

AULA 4. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL Y NATURAL



Niveles de iluminación por debajo del nivel requerido por la Norma IRAM AADL J 20-06 (500 lux). No es homogénea la distribución de la iluminación en el espacio.

Figura 6. Simulación de los niveles de iluminación natural + artificial del aula 4. Fuente: elaboración propia con el software Ecotect

Concluidas las simulaciones, se realizaron las mediciones de iluminancias en las aulas en dos períodos del año, julio y diciembre, durante quince días respectivamente. Para ello, se utilizó un multímetro digital auto rango 5 en 1 - MS8229 – MASTECH, con foto detector (4000Lux/40000Lux±5.0%).

En los monitoreos las mediciones realizadas en diciembre presentan mayor nivel de iluminación que las de julio, excepto en el auditorio, debido a la poca superficie vidriada que presenta, y en el Taller 9, debido a que posee iguales superficies vidriadas en lados opuestos con orientación nordeste y suroeste, se encuentra a quince metros en ambos lados frente a dos edificaciones que sobrepasan la altura de las aberturas propias del taller, arrojándole sombra al volumen sea en invierno o verano. Teniendo en cuenta las orientaciones, los espacios que cuentan con galería, como las aulas 4 y 5, ven disminuido el ingreso de iluminación natural de forma exponencial.

La iluminación del aula 12 podría ser superior, como simula el Ecotect (promedio 330 lux), pero en el momento de realizar el monitoreo, las cortinas de las aberturas eran difíciles de correr, y la superficie de la abertura se veía reducida a la mitad.

La iluminación natural no es uniforme en los locales monitoreados y simulados, ya que en todos los casos se verifica que el nivel de iluminación es superior en las cercanías a los aventa-

namientos y disminuye bruscamente al alejarse de ellos.

Cuando se analizan los datos de la combinación de la iluminación natural y la artificial, se evidencia que tam-

co permiten alcanzar los valores mínimos recomendados por las normas. Si la iluminación natural y la artificial son utilizadas de manera simultánea, el nivel de iluminación general de los locales es considerablemente mayor

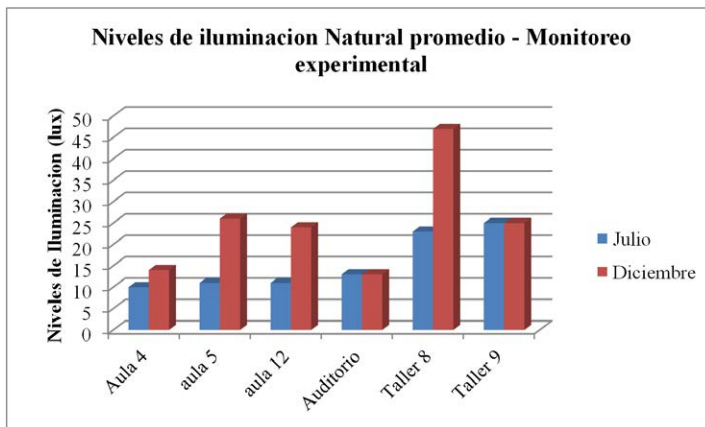


Figura 7. Niveles de iluminación natural promedio de las aulas monitoreadas. Fuente: elaboración propia

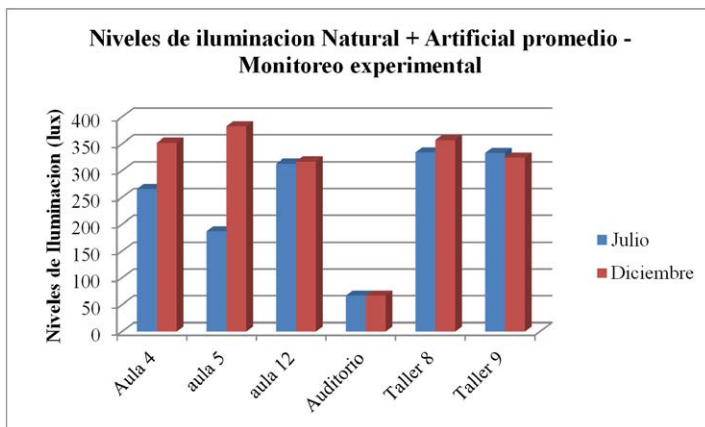


Figura 8. Niveles de iluminación natural + artificial promedio de las aulas monitoreadas. Fuente: elaboración propia

y los niveles registrados se aproximan más a lo requerido por la normativa, en comparación con la utilización de iluminación natural o artificial de manera independiente.

Sin embargo, según estipula la norma IRAM AADL J 20-04, los talleres considerados como aulas especiales deberían alcanzar una iluminación mínima de 750 lux, y por tratarse de un lugar donde eventualmente se pueden realizar tareas a lápiz, necesitaría 900 lux para una iluminación óptima, valores alejados de la realidad.

El nivel de iluminación natural y artificial promedio oscila entre los 67 lux y los 383 lux en los distintos locales, observándose los mayores valores en el mes de diciembre, entendiéndose que el aporte de la iluminación natural al conjunto se ve representado. Cuando se utiliza la iluminación natural y artificial de manera simultánea, la uniformidad de iluminación en los locales mejora, si bien en las aulas comunes (aulas 4, 5 y 12), se observa una clara disminución de la iluminación en los puntos de medición ubicados en el frente del local, donde está el pizarrón, sector que por normativa requiere mayor iluminación que en el resto del local (1000 lux).

El auditorio es un caso particular, ya que el bajo nivel de iluminación se debe a una configuración basada en su función original. Se lo sometió a las simulaciones y monitoreos para comprobar algo que a simple vista se evidenciaba: la falta de iluminación

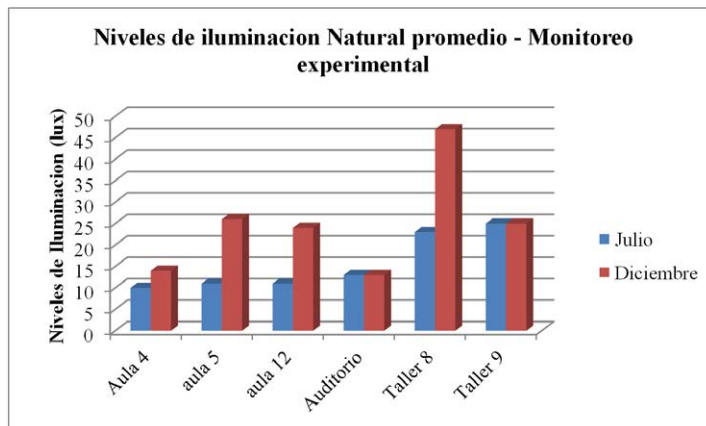


Figura 9. Niveles de iluminación Artificial promedio de las aulas monitoreadas.
Fuente: elaboración propia

para realizar distintos tipos de tareas áulicas, que no fueron pensadas originalmente para el espacio.

Durante las horas nocturnas, usando únicamente la iluminación artificial, esta es igual de deficiente en el espacio estudiado comparada con los niveles recomendados para el óptimo desarrollo de las actividades de lecto-comprensión de la Norma IRAM AADL J 20-06.

La iluminación artificial utilizada independientemente (sin el aporte de iluminación natural) no llega al nivel establecido por la normativa. Los valores promedios de los distintos locales varían entre los 54 lux en el auditorio y 312 en el aula 12 lux. En el momento de realizar los monitoreos, numerosas lámparas y luminarias se encontraban dañadas, por lo que se

supone que si la totalidad estuviese en servicio, el nivel general sería mayor y la uniformidad en los locales se optimizaría. Este tipo de iluminación se presenta más uniformemente entre los distintos puntos de medición en los locales del sector nuevo de la facultad, mientras que en el sector antiguo existen fluctuaciones mayores. De manera contraria a lo que sucede con la iluminación natural, el nivel de iluminación artificial aumenta hacia el centro del local, pero disminuye hacia el pizarrón, lo que constituye una situación desfavorable.

CONCLUSIONES

Habiendo realizado el relevamiento de las aulas y talleres seleccionados, luego cotejado con la normativa estudiada, posteriormente se sometió a los espacios a una simulación lumínica en el **software** Ecotect, y

se monitorearon los niveles de iluminación natural, artificial y el uso simultáneo de iluminación natural y artificial, y se contrastaron los resultados de las mediciones con las simulaciones realizadas en Ecotect. De todo el proceso mencionado se obtuvieron resultados que determinan un desempeño lumínico regular a deficiente en dichas aulas, tanto referido a la iluminación natural como a la artificial, según el rango impuesto por normativa IRAM AADL J 20-04, vigente para edificios educativos.

Los niveles de iluminación natural son muy bajos y no son uniformes en los locales, presentan descensos muy importantes hacia el centro del local, o en las zonas opuestas a las

aberturas. Asimismo, se observaron casos de incidencia solar directa en las aulas y talleres, situación desventajosa que obliga a los usuarios en los locales que cuentan con medios de oscurecimiento a mantenerlos cerrados durante las horas de incidencia solar directa. Se demostró que el mayor nivel de iluminación alcanzado en las aulas se logra mediante la utilización de iluminación natural y artificial de manera conjunta, siendo igualmente insuficiente en comparación con lo requerido por la normativa vigente.

La normativa debería ser revisada desde diversos puntos de vista, ya que sus recomendaciones mínimas y óptimas se vuelven obsoletas cuando

se verifican la frecuencia y el tipo de tareas y situaciones que se dan en el aula hoy en día. Otra de las cuestiones es la generalización de las soluciones aplicables a los espacios sin tener en cuenta múltiples factores específicos para cada zona bioclimática definida, siendo que para el planteo térmico existen propuestas acordadas con cada zona.

Criterios de diseño que aplicar según las establecidas en las Normas IRAM AADL J 20-03, 20-04 Y 20-06, y **Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar**, promovido por el Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, se aplicaron a aquellos casos que se detectaron que no cumplían con algunas de las recomendaciones.

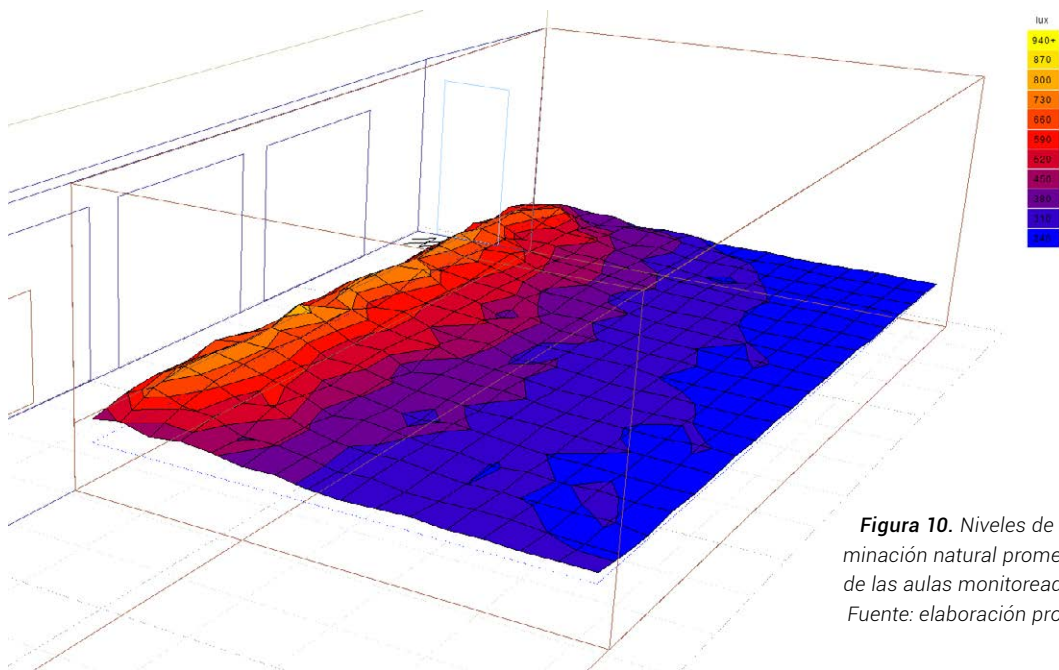


Figura 10. Niveles de iluminación natural promedio de las aulas monitoreadas.
Fuente: elaboración propia

Altura del antepecho y ancho de las ventanas

Según la Norma IRAM-AADL J 20-03, se debe adoptar como altura del antepecho de la ventana, la altura del plano de trabajo, como mínimo 0,80 m sobre el nivel de solado y como máximo 0,95 m sobre el nivel de solado, y para el ancho de las ventanas la normativa recomienda que sean continuas y en lo posible que lleguen hasta el nivel del cielorraso. Se aplicó en el aula 5 llevar la altura de antepecho a 0,80 m sobre el nivel de piso, usar el ancho de la pared como superficie vidriada y llevar la altura del dintel lo más cerca posible del cielorraso.

Los resultados obtenidos muestran un mayor nivel de iluminación, ya que se obtuvieron en las áreas más lejanas a las aberturas 240 lux como mínimo y cerca de las aberturas 730 lux. Sin embargo, la iluminación sigue siendo dispárra y poco homogénea,

ya que se encuentra focalizada en la zona cercana a la abertura (figura 10).

Además se debe aclarar que estamos planteando modificaciones en un edificio existente, por lo cual la aplicación de estas opciones no es del todo válida debido al costo económico, y que climáticamente desde el punto de vista térmico la gran superficie vidriada representa un incremento en la temperatura, que deriva en costos de climatización elevados.

En principio se considera que el área de ventanas para iluminación natural debe ser la conveniente en cada caso para asegurar que sobre el plano de trabajo haya un nivel de iluminancia de 300 lux como mínimo y 500 lux como valor óptimo, durante las horas de ocupación de las aulas. Por otra parte, se considera que la distribución de iluminación es espacio-dependiente, e influye la forma de las aulas (planta cuadrada o planta rectangular) y las proporciones y ubicación de las ventanas. (Boutet *et ál.*, 2010: 05.25).

Estudiando la posibilidad de incrementar la superficie vidriada en los talleres en un plano por encima de las aberturas existentes, simulando a través de Ecotect el Taller 8 A, los niveles de iluminación en las zonas de las aberturas llegaron hasta 2400 lux, pero el área central siguió sin alcanzar los niveles mínimos recomendados por la norma.

Relación entre el área de piso y área vidriada

Cuando la iluminación de un local se proyecte, fundamentalmente, sobre la base de luz diurna, el área vidriada será, como máximo, igual al 18 % del área de piso para locales orientados al este o al oeste, y el 25 % para locales orientados al norte o al sur, en ambos casos para vidriados colocados a 1,00 m sobre el nivel de solado. Cuando las obstrucciones exteriores sean importantes, se incrementarán los valores indicados en relación directa con el grado de obstrucción y los factores de reflexión de las superficies de la obstrucción (Norma IRAM-AADL J 20-03). En el caso de la ciudad de Resistencia, cuya trama urbana se encuentra a media orientación (45 grados con respecto al norte geográfico), por lo que las ventanas de los edificios colectan radiación solar en cualquier época del año, no sería válida la aplicación de los valores recomendados por la normativa. Además, esta limita los tamaños de aventanamientos definiendo la relación de áreas vidriadas por área de piso. Sin embargo, la geometría demuestra que a igual área de piso, un aula de base rectangular

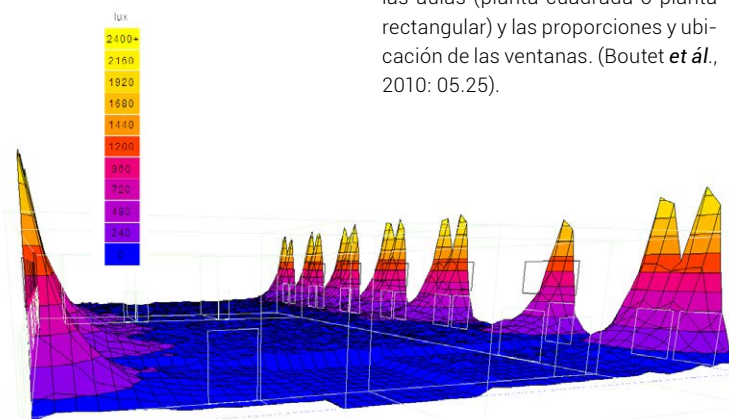


Figura 11. Simulación con Ecotect del taller 8A incrementando la superficie vidriada. Fuente: elaboración propia

tiene más área de paredes expuestas al sol que una de base cuadrangular de la misma altura. Esto puede originar mayores flujos de calor a través de los muros asoleados en el primer caso y, por consiguiente, dar lugar a sobrecalentamientos durante el otoño en un clima "muy cálido-húmedo" como el de la región Nea (Boutet *et ál.*, 2010: 05.25).

Para proponer soluciones en un clima soleado como el de la región Nea, deben considerarse el diseño y cálculo de superficies vidriadas, que proponen las normas, contemplando estrategias de control del sol incidente sobre ellas, basadas en la geometría solar, la ubicación, medidas, forma y orientación en relación con la planta de los locales que permitan la penetración de la luz diurna, disminuyendo los potenciales deslumbramientos y asegurando valores altos de iluminación, que limiten la necesidad de iluminación artificial. Respondiendo a los patrones dinámicos horarios y estacionales de la luz natural regional, considerando distribución, cantidad y calidad de iluminación natural y artificial en relación con las características lumínicas y ópticas de los materiales de la envolvente arquitectónica, se generará un espacio de enseñanza-aprendizaje sustentable y apropiado a las exigencias de sus usuarios (Boutet *et ál.*, 2010).

Mala disposición del equipamiento en las aulas

El documento *Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar* es-

tablece que en las aulas durante el horario diurno debe asegurarse que la luz natural provenga desde la izquierda considerando la ubicación de los alumnos. Esta premisa no se cumple en las aulas 4 y 12, donde las ventanas se encuentran sobre el lado derecho del local, según la disposición de los equipamientos. Esta situación podría mejorarse sin grandes costos económicos; simplemente se deberían cambiar los pizarrones a la pared opuesta y la ubicación de los asientos, los cuales son móviles y en el aula 4 independientes.

Incidencia de luz solar directa

La radiación solar directa requiere la mediación del diseño para su uso como fuente de iluminación en condiciones de confort interior. La eliminación de la luz solar por discomfort térmico-lumínico produce la anulación del aporte de luz natural y genera espacios sombríos que requieren energía eléctrica para la iluminación, lo que desperdicia la disponibilidad de luz natural característica de la región (A. Pattini *et ál.*, 2009). Para que los sistemas de aventanamientos sean eficientes, deben controlar el ingreso de radiación solar al interior para evitar el deslumbramiento (Boutet *et ál.*, 2010: 05.25).

Las soluciones para lograr un adecuado control del ingreso solar y a su vez una iluminación natural correcta van desde complejas tecnologías de vidriados especiales selectivos a los ángulos de incidencia de la radiación y capaces de iluminar con un elevado

control del calor radiante (Reppel J. y Edmonds I. R., 1998, citado en Ledesma S. L. *et ál.*, 2004). Muchas soluciones son inaplicables, considerando la situación económica de nuestro país, y se deben adoptar sistemas simples, preferiblemente de fácil manejo o fijos. Existe una enorme variedad de protecciones y sistemas (Snack A. *et ál.*, 2001, citado en Ledesma S. L. *et ál.*, 2004).

El uso de ventanas simples, tal como es lo habitual en las escuelas que se construyen en nuestra provincia, quizá con celosías metálicas como único control de ingreso solar, que permite un control del tipo todo-nada, se encontró mediante una gran cantidad de mediciones como altamente inadecuado (Gonzalo G. E., Ledesma S. L. y otros, 2003, citado en Ledesma, S. L., 2004). La utilización de bandejas de luz para facilitar el ingreso indirecto de iluminación y radiación fue estudiada en trabajos anteriores, en los cuales se demostró su eficacia (Ledesma, S. L., 2004).

Pérdida por obstrucciones

En muchos casos, la iluminación natural disponible no ingresa en el local de forma correcta, por obstrucciones permanentes en las aberturas, como rejas (aula 12 y auditorio) y parantes (Talleres 8A y 9A), u obstrucciones eventuales como cortinas (aula 12), cuya apertura es dificultosa y no permite un despeje total de la abertura. Los parantes de los talleres 8A y 9A no se pueden modificar físicamente en sus dimensiones, debido al costo que implicaría, pero sí podrían pintarse de



colores claros para que ayudaran a la reflexión de la luz y esta ingrese en el espacio a través de las aberturas. Las rejas en el auditorio y en el aula 12 son una cuestión de seguridad, por lo tanto, no se puede disponer de ellas, pero a través de los dispositivos mencionados anteriormente (lamas horizontales a 45°) podría darse una respuesta a múltiples cuestiones como de iluminación, protección del deslumbramiento, protección térmica y de seguridad. Las cortinas en el aula 12 son necesarias para generar un espacio oscuro para cuando se realizan proyecciones; sin embargo, hoy el mercado ofrece cortinas más livianas, que permiten una apertura total, como por ejemplo de **roll-on blackout**, que brindan al espacio la oscuridad necesaria para las proyecciones, y cuando no se usan pueden ser retraídas en su totalidad.

Utilización excesiva de la iluminación artificial

Debido a la situación del edificio — es decir un edificio existente— es una realidad que no siempre se logrará obtener 500 lux en un aula común o 750 a 900 lux en los talleres a través de la iluminación natural, ya sea por las pocas modificaciones que se pudieran realizar a los distintos dispositivos de cerramientos y vanos, o por la orientación de cada espacio. Por ello se debe considerar el uso de la iluminación artificial en momentos diurnos, desde un punto de vista eficiente, teniendo en cuenta dos aspectos:

- Uso de iluminación LED. Una lámpara LED requiere menor potencia

para producir la misma cantidad de luz. El beneficio es notable cuando se trata de luz de color. Una lámpara incandescente de 100 W con filtro rojo produce 1 W de luz roja (por ejemplo, en un semáforo). Para generar la misma cantidad de luz roja, un LED solo requiere 12 W.

- Sectorizar los sistemas de iluminación por línea para que cuando se necesite se prenda una línea de iluminación cercana a la pared opuesta a donde se encuentran las aberturas, ya que como se verificó anteriormente, la mayor concentración de iluminación natural se da en cercanías a las aberturas.

Falta de uniformidad en la iluminación natural

Otro recurso empleado para mejorar el ingreso de iluminación natural en los locales y mejorar también su uniformidad son los distintos elementos orientadores y difusores de la luz. Podría utilizarse el tubo de luz solar. Un sistema de iluminación natural consistente en un cilindro hueco que conduce la luz del sol desde la cubierta hasta el interior de una habitación.

La instalación de un tragaluz solar se divide en tres partes:

- 1.º Una claraboya solar en el techo o en una pared: es una claraboya en



Figura 12: http://fascinan-cp152.wordpress.com/reformacoruna.com/wp-content/uploads/2015/01/22_solatube-smart-led-image.jpg

forma de cúpula, situada en el tejado, que incorpora una lente que capta e intensifica la luz del sol con la máxima eficacia. Además su acristalamiento evita la transferencia del calor y ruido.

2.º. Un tubo de aluminio para conducir la luz del sol hacia una habitación. Bajo la claraboya solar tenemos un tubo de aluminio con interior reflectante, por cuyo interior va rebotando la luz solar hasta llegar al interior del edificio. Este tubo puede alcanzar varios metros de longitud, y no es necesario que sea vertical en toda su extensión. La luz se refleja en su interior, aunque el tubo haga quiebres, tanto en vertical como en horizontal. Según las necesidades lumínicas que precisemos, el tubo de aluminio será de mayor o menor diámetro. Transmiten la luz desde la cubierta hasta unos seis metros de profundidad.

3.º. Un plafón decorativo al final del tubo solar, para que la luz se distribuya. El tubo de aluminio se conecta por su parte inferior a un plafón decorativo, colocado en el techo de la habitación, y por ahí sale la luz dando claridad a toda la estancia.

El aprovechamiento de la luz del sol incidente es prácticamente total, pues el revestimiento interior del conducto hace que su reflectividad sea superior al 90 %. Los tubos solares podrían plantearse en las aulas 4 y 5, por tener una distancia desde el cielorraso al techo de menos de 6 metros. Teniendo en cuenta la iluminación natural que hay actualmente en ambos espacios, los tubos solares se colocarían en línea en la zona opuesta a las

aberturas para lograr uniformidad en la iluminación natural.

CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUTET, M. L. (2011). "Auditorías higrotérmicas y lumínicas de dos edificios escolares de nivel inicial de la ciudad de Resistencia, en condiciones reales de ocupación". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 15. Argentina.

BOUTET, M. L.; HERNÁNDEZ, A. L.; JACOBO, G. J.; MARTINA, P. E.; CORACE, J. J. (2010). "Evaluación de las condiciones de iluminación natural y artificial existentes en el jardín materno infantil de la Universidad Nacional del Nordeste". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 14, Argentina.

AGUAVIVA, E. (2002). "Artefactos para iluminación natural integrados a la arquitectura. Estrategias de optimización de las condiciones lumínicas en la envolvente de un taller de la FADU – UBA". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 6, N.º 1. Argentina.

PATTINI, A.; KIRSCHBAUM, C. (2007). "Evaluación subjetiva de ambiente lumínico de aulas de escuelas bioclimáticas en la Provincia de Mendoza". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 11, Argentina.

PACHECO, C. G.; IMBERT, D. F.; RUSILLO, S.; D'ANDREA, A.; CAMINOS, J. (2008). "Estudios y aplicación de metodologías de eficiencia energética en edificios públicos". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 12. Argentina.

