

## ILUMINACIÓN NATURAL EN AULAS PROTOTÍPICAS Y ADAPTACIÓN A NUEVAS FORMAS DE ENSEÑANZA, CON DISTANCIA SOCIAL

**Cisterna Marta Susana<sup>1</sup>, Tadeo Abate Santiago<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Directora de Proy. PIUNT B/620. <sup>2</sup>Estudiante Becario CIUNT 2019-2020

Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Univ. Nacional de Tucumán.

Centro de Estudios Energía, Habitabilidad y Arquitectura Sustentable (CEEHAS)

Instituto de Acondicionamiento Ambiental (IAA)

Av. Roca 1900, S.M. de Tucumán, CP 4000, Tucumán.

[www.ceehas.org.ar](http://www.ceehas.org.ar) (54) (381) 4364093, interno 114

E mail [mcisterna@herrera.unt.edu.ar](mailto:mcisterna@herrera.unt.edu.ar) [shtadeoabate@hotmail.com](mailto:shtadeoabate@hotmail.com)

**RESUMEN:** Se presenta un estudio de aulas prototípicas para el uso eficiente de luz natural y el aprendizaje organizado en grupos reducidos, con la distancia social recomendada. Se plantean como objetivos, determinar los niveles de iluminación natural, compararlos con normas vigentes y realizar una propuesta de diseño que considere el uso de luz natural durante el año, respondiendo también a nuevas formas de enseñanza. Metodología: Basados en datos de relevamientos, se determinaron los Coeficientes de Luz Diurna (CLD). Considerando los datos climáticos de la localidad, se calcularon los niveles de iluminación natural interior, anual, y se compararon con el parámetro Luz Diurna Útil (UDI) para estimar los periodos con adecuada luz natural y los que necesitan complementar con luz artificial. En base a los resultados, se propone un diseño superador, el cual se evalúa con métodos gráficos y los cálculos de CLD, luxes y UDI. Conjuntamente, se plantea una organización de aulas para llevar adelante formas actuales de enseñanza, manteniendo la distancia social. El diseño propuesto protege de la radiación solar y mejora los niveles anuales de iluminación natural. Los cambios propuestos son factibles de realizar en aulas de escuelas de reciente construcción en la provincia y permitirán contar con edificios sustentables y adaptados a las actuales necesidades.

**Palabras clave:** Escuelas prototípicas – Iluminación natural – Distancia Social – Nueva Didáctica

### INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación “Eficiencia energética en la iluminación artificial e implementación de sistemas de energías renovables en edificios educativos de Tucumán” el cual investiga las condiciones de iluminación natural y artificial en aulas de escuelas prototípicas de Tucumán y las potenciales mejoras a implementar en las mismas. En este trabajo se presentan estudios de la iluminación natural de aulas prototípicas en relación a lo establecido por las normas y a los parámetros propuestos por los niveles de iluminación “Luz Diurna Útil” (UDI) (Nabil y Mardaljevic, 2005). Conjuntamente se analizan modificaciones en la organización de aulas para adaptarlas a las propuestas pedagógicas planteadas para el retorno a clases presenciales.

La declaración oficial de pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en marzo del año 2020, marca el comienzo de una situación que afecta profundamente la vida de las personas, la sociedad y la cultura, y pone en serios riesgos la economía. Es posible afirmar que la pandemia que atraviesa la humanidad hace evidentes las debilidades del mundo globalizado, la inequidad de recursos económicos y las injusticias sociales. Al mismo tiempo, este contexto interpela a la sociedad a pensar

soluciones para dirigir el futuro hacia un mundo más justo y sostenible. Entre los desafíos planteados, sin dudas, la educación y la salud pública, son los más importantes. En su Informe 2020, la UNESCO expresa que el principal desafío que aborda la humanidad, es la educación de más de 1.500 millones de estudiantes cuyo aprendizaje se ha visto obstaculizado debido al cierre de escuelas. En nuestra provincia, el cierre de las escuelas durante el periodo 2020 determinó que se profundice el estado de deterioro edilicio debido a la falta de mantenimiento durante ese tiempo. Además, la vuelta a las clases presenciales requiere adaptar los edificios a nuevas condiciones de habitabilidad exigidas por la pandemia. Esto implica cambios en su funcionamiento y requiere la adaptación de los espacios. En dirección a pensar una forma de responder al desafío de un cambio basado en una forma responsable y equilibrada de utilizar los recursos, se propone un análisis de las posibilidades de utilizar la luz natural para desarrollar las actividades en aulas de escuelas públicas de Tucumán, construidas bajo el Plan Nacional 700 Escuelas. En esta dirección, se plantea la necesidad de adecuar las aulas a las propuestas pedagógicas que han tomado relevancia en esta etapa de aislamiento. El contexto actual plantea una redefinición de la tarea docente y exige pensar en nuevas configuraciones del aula y de la clase, sus significados y efectos. El nuevo escenario mediado tecnológicamente abarca, por lo tanto, no solo transformaciones del espacio y del tiempo, sino también la redefinición de la comunicación y de las relaciones de autoridad (Dussel, 2018).

En este contexto, se plantea la necesidad de adecuar las escuelas a nuevas formas de enseñanza, basadas en la organización de trabajo en grupos de alumnos. Según el planteo de Pichon Riviere, el grupo es una estructura básica de interacción y constituye una unidad de trabajo dialéctico, colaborativo, de estudiantes con la guía del docente. Define "grupo" como el conjunto restringido de personas, ligadas entre sí por constantes de tiempo y espacio, que se propone una tarea, la cual constituye su finalidad (Pichon Riviere, 1972). Asimismo, más allá de la coyuntura del distanciamiento social preventivo y obligatorio, las tecnologías digitales como lenguaje "natural" de las nuevas generaciones, se han instalado en la escuela, y su utilización como apoyo a la enseñanza se ha incrementado notoriamente. Ciertamente, los procesos unilaterales de transmisión de información no son procesos de enseñanza ni de aprendizaje. "Saber enseñar no es transferir conocimiento, sino crear condiciones para su propia producción o construcción" (Freire, 1996); es ofrecer la posibilidad de pensar más allá de lo establecido y permitir espacios en los cuales docentes y estudiantes pueden interactuar en el diálogo y la reflexión. El proceso de enseñanza es, en esencia, un proceso de comunicación, las condiciones espaciales en el aula deben adecuarse para propiciar su desarrollo en sus diversas modalidades (Maggio, 2012).

Se consideran importantes las investigaciones sobre la relación aprendizaje - condiciones ambientales. Los mismos sostienen que el aprendizaje demanda la existencia de apropiadas condiciones ambientales. A partir de diferencias observadas en el ámbito físico de aulas, en aspectos tales como: temperatura, ventilación, color de las paredes, cielorraso, intensidad de la luz, decoraciones carentes de objetivo pedagógico y poco acordes con la edad y etapa del desarrollo de los estudiantes, recursos y materiales limitados y precarios, limpieza deficiente; ligado a las características socioemocionales, conllevan a la desmotivación, a problemas de disciplina y de relaciones interpersonales, escaso sentido de pertenencia y bajo compromiso en el cuidado del aula. Todo esto propicia que el aprendizaje no sea óptimo (Castro Pérez *et al*, 2015).

Sobre iluminación natural de aulas y metodologías para su estudio, la investigación de Monteoliva *et al* (2015), presenta el uso de métricas dinámicas basadas en los datos climáticos. Esto permite un análisis predictivo anual del comportamiento de la iluminación natural y ofrece la posibilidad de evaluar el comportamiento de la iluminación natural durante los 365 días del año, a partir de los datos climáticos de la región. Sobre el diseño de ventanas y protecciones solares, el trabajo de Ledesma *et al* (2018), a partir del análisis de sistemas de ventanas de aulas de escuelas prototípicas y de la envolvente exterior, proponen modificaciones, que sin intervenciones importantes ni onerosas, solucionan problemas básicos de confort, para la situación climática de Tucumán.

## CASO DE ESTUDIO: Escuela Salobreña de Yerba Buena – Tucumán

La escuela, construida en el año 2010, se encuentra en el Municipio de Yerba Buena, al oeste del departamento capital. Se ubica sobre una vía principal de circulación, que corre en dirección este - oeste, la avenida presidente Perón, en el acceso al barrio Las Marías. El edificio que cubre 2500 m<sup>2</sup> y alberga alrededor de 1800 alumnos, está compuesto por jardín de infantes, escuela primaria y secundaria. Además de las aulas comunes, dispone de aulas especiales, SUM, espacios al aire libre para actividad física, juegos infantiles, sala de informática, laboratorio y biblioteca. La planta presenta un desarrollo lineal con forma de H, con aulas sobre un eje E-O, dispuestas en doble hilera, con ventanas hacia el norte o sur y ventiladores secundarios que abren hacia una circulación interna. Figuras 1 y 2



Figura 1: Esc. Salobreña, vista aérea. URL <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>



Figura 2: Corte transversal y Planta de techos. Planos del Proyecto de la Escuela, FAU-UNT.

En estudios anteriores, se determinó que el 41% de los edificios escolares del Gran San Miguel de Tucumán GSMT (incluido Yerba Buena), presentan organización lineal simple y lineal doble de aulas. En cuanto a la orientación, se observa que el 83% de los edificios escolares se encuentran orientados sobre un eje este-oeste, lo que posibilita mayores superficies hacia la orientación Norte, esto garantiza asoleamiento en invierno y facilidad de protección en verano, y hacia el sur, posibilita ingreso de aire para ventilación natural en períodos cálidos (Ledesma et al., 2016).

### *Relevamiento de las condiciones físicas y funcionamiento de la escuela:*

En los relevamientos realizados en la escuela Salobreña, así como en otros edificios escolares de similares características, construidos bajo el Plan Nacional 700 Escuelas, se registraron las valoraciones de los usuarios sobre sus instalaciones, observándose que, referidas al edificio en general, las mismas son positivas. Sobre la iluminación de las aulas, los docentes indican que, si bien cuentan con luz natural, la misma es insuficiente para trabajar, siendo necesario encender las luces durante la jornada de clases. Comentan también que la mayor parte del año, las ventanas permanecen cerradas al igual que las cortinas interiores con el fin de controlar el ingreso de radiación solar. También señalan que en los días con temperaturas muy bajas "las cortinas ayudan a disminuir el frío del vidrio", situación que se repite en otras escuelas de similares características, como se observa en las figuras 3, 4 y 5, registradas el 2 de julio de 2019, a 11 hs, en la escuela Lomas, B° Lomas de Tafi, Tafi Viejo, Tucumán.



Figura 3: Aula con ventanas sur, forma de uso habitual.



Figura 4: Aula especial, orientación sur.



Figura 5: Aula norte, forma de uso habitual.

Las aulas cuentan con dos ventanas al exterior y una ventana que abre hacia una circulación interior. Las ventanas exteriores tienen 1.40m de ancho y 1.40m de altura, se ubican a una distancia de 1m de cada muro lateral del aula, en forma simétrica. A la altura del dintel presentan un alero horizontal de 0.30m de ancho por el largo de la ventana, con un borde vertical, que baja paralelo a la ventana, de 0.30m de altura. Los aleros se repiten en las ventanas norte y sur. La obstrucción solar que producen los aleros de las aulas se analizó a través de la geometría solar, aplicando la metodología del Diagrama de Trayectoria Solar y de Visión de Bóveda. Se observa que los aleros de las ventanas norte, protegen de la radiación solar directa desde el mes de octubre hasta febrero, de 11:00Hs a 13:00Hs. En el caso de las ventanas sur, los aleros no detienen la radiación solar directa en ningún mes del año. Esto obliga al uso de cortinas interiores para atenuar los problemas de deslumbramiento visual. Como consecuencia, se produce una disminución de los niveles de iluminación natural y obliga al uso de luz artificial durante todo el año lectivo. Es posible afirmar que las protecciones solares de las ventanas norte y sur, no son adecuadas para los requerimientos de las aulas.

### **NIVELES DE ILUMINACIÓN NATURAL EN AULAS. Relevamiento y análisis según el esquema de Iluminancia de Luz Diurna Útil (UDI)**

En una visita a la escuela, realizada a principios de marzo de 2020, antes de decretarse el aislamiento social preventivo obligatorio (ASPO), se llevó a cabo un relevamiento de los niveles de iluminación natural y artificial en las aulas de la escuela Salobreña. El relevamiento consistió en medir con Luxímetro, los niveles de luz, en puntos organizados en una grilla, sobre un plano ubicado a 0.80m del nivel de piso. La cantidad de puntos de muestreo se determinó en correspondencia a las dimensiones de las aulas, resultando N= 16, calculado con ecuación (Eq. 1 y 2) del nuevo Protocolo de medición del factor de iluminación en puestos de trabajo, de la Superintendencia de Riesgos de Trabajo (Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, 2012).

$$N = (X + 2)^2 \quad (1)$$

X: índice del local K, redondeado al entero superior (SRT Res. 84/12)

$$K = \frac{l \times a}{h(l+m)x(l+a)} \quad (2)$$

Dimensiones de las aulas: l, a y h

Los registros se realizaron con las luces artificiales apagadas, sin aporte de radiación solar directa sobre los planos de trabajo, luego se repitió la medición con las luces encendidas (Figuras 6, 7 y 8). Simultáneamente se registró el nivel de luz natural en el exterior, en condiciones de cielo parcialmente cubierto, situación predominante en la localidad, datos EM Tte.Gral B. Matienzo, International Airport.



*Figura 6: Aula norte.*



*Figura 7: Aula, ventana hacia circulación interior.*



*Figura 8: Exterior sector de aulas, aspecto del cielo.*

### Análisis de la iluminación natural en las aulas

Se observa que los niveles de luz natural varían a lo largo del día y durante los meses del año, esta situación dinámica nos lleva a plantear un análisis que avanza más allá de alcanzar un umbral de iluminación, en este caso 500 lux, sugerido por las normas vigentes. Se propone considerar aquellas iluminancias diurnas que son inferiores al umbral pero que, no obstante, se sabe que son valoradas positivamente por los usuarios y tienen el potencial de permitir prescindir, total o parcialmente, de la iluminación artificial. Este enfoque también considera las veces en que se excede el umbral de iluminancia de 2000 lux. Esto es significativo debido a que los altos niveles de iluminación están fuertemente asociados con problemas de deslumbramiento. Por lo tanto, el enfoque propuesto permite incorporar factores que son indicativos de la posible molestia o desconfort visual de los usuarios. El rango considerado "útil" se basa en informes de encuestas sobre preferencias y comportamiento de las personas, en oficinas con luz natural y dispositivos de sombra, operados por los usuarios (Mardaljevic, 2000).

### Niveles de iluminación natural, en las condiciones actuales, durante el año lectivo.

En base a los datos registrados in situ, se determinó el Coeficiente de Luz Diurna (CLD) para los 16 puntos analizados en las aulas norte y sur de la escuela. En una planilla de cálculo, diseñada para tal fin, se volcaron los datos de CLD y la iluminancia exterior de la localidad (datos EM Tte. Gral. B. Matienzo, Intenational Airport), para un total de 10 horas diarias (de 7hs a 12hs y de 14hs a 17hs) durante los meses de clase (de marzo a diciembre). Se estimaron los niveles de iluminación interior, en lux, durante todo el año, en las aulas norte y sur. Los datos obtenidos, tanto CLD como luxes, se compararon con lo establecido por las Normas IRAM. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

CLD en aulas: análisis en planta y corte		Situación actual	Comparación con Valores establecidos por Normas
AULA NORTE CLD%			CLD <sub>min</sub> =0.2%
			E <sub>min</sub> =40 lux
			CLD <sub>max</sub> =1.8%
			E <sub>max</sub> =370lux
CLD <sub>m</sub> =0.53%	Norma IRAM AADL J20-06		
E <sub>m</sub> = 109 lux	CLD mínimo para aulas=2%		
E <sub>m/2</sub> =54,5	E <sub>min</sub> =500 lux		
U=0,37	SRT Decreto 351/79 en Anexo IV:		
	U=E <sub>min</sub> /E <sub>m</sub> > 0,8.		
	U= 0,37 < 0,8		
	Uniformidad: E <sub>min</sub> ≥ E <sub>m</sub> /2		
	40 lux < 54,5 lux		
AULA SUR CLD%			CLD <sub>min</sub> =0.1%
			E <sub>min</sub> =18 lux
			CLD <sub>max</sub> =1.3%
			E <sub>max</sub> =264lux
CLD <sub>m</sub> =0.37%	Norma IRAM AADL J20-06		
E <sub>m</sub> =76 lux	CLD mínimo para aulas=2%		
E <sub>m/2</sub> =38 lux	E <sub>min</sub> =500 lux		
U=0,24	SRT Decreto 351/79 en Anexo IV: U=		
	E <sub>min</sub> /E <sub>m</sub> > 0,8		
	U= 0,24 < 0,8		
	Uniformidad: E <sub>min</sub> ≥ E <sub>m</sub> /2		
	18 lux < 38 lux		

Tabla 1: Iluminación natural: valores de CLD según relevamiento

En las aulas norte y sur, en los puntos analizados, se observa que los Coeficientes de Luz Diurna CLD se encuentran por debajo del valor mínimo (2%) establecido por la Norma IRAM AADL J20-06; siendo en el aula sur menores que los registrados en el aula norte. Los mayores valores de CLD corresponden a los puntos ubicados cerca de las ventanas, los niveles de luz descienden notablemente a medida que se alejan de la ventana. Esta situación determina que los niveles de uniformidad sean menores a lo recomendado para aulas. Luego se aplicó el esquema UDI para el análisis anual de los niveles de luz natural en las aulas. Se considera la iluminancia en lux, en los puntos analizados, en el total de horas con luz natural, durante todo el año lectivo (1600 registros). Se presentan resultados en Tablas 2 y 3. Los niveles se analizan según los siguientes rangos:

- 1- UDI insuficiente (UDI-n), en los puntos donde la iluminancia es inferior a 100 lux.
- 2- UDI suplementario (UDI-s), iluminancia superior a 100 lux e inferior a 500 lux.
- 3- UDI autónoma (UDI-a), iluminancia superior a 500 lux e inferior a 2000 lux.
- 4- UDI (UDI-x), iluminancia superior a 2000 lux.

MES	UDI-n <100	UDI-s 100 A 500	UDI-a 500 A 2000
MAR	50	84	16
ABR.	82	66	12
MAY	101	51	8
JUN.	111	42	7
JUL.	97	55	8
AGO	76	70	14
SEP.	54	90	16
OCT.	44	95	21
NOV	30	106	24
DICL.	26	106	28
<b>Total hs</b>	<b>681</b>	<b>765</b>	<b>154</b>
<b>%</b>	<b>43</b>	<b>48</b>	<b>9,63</b>

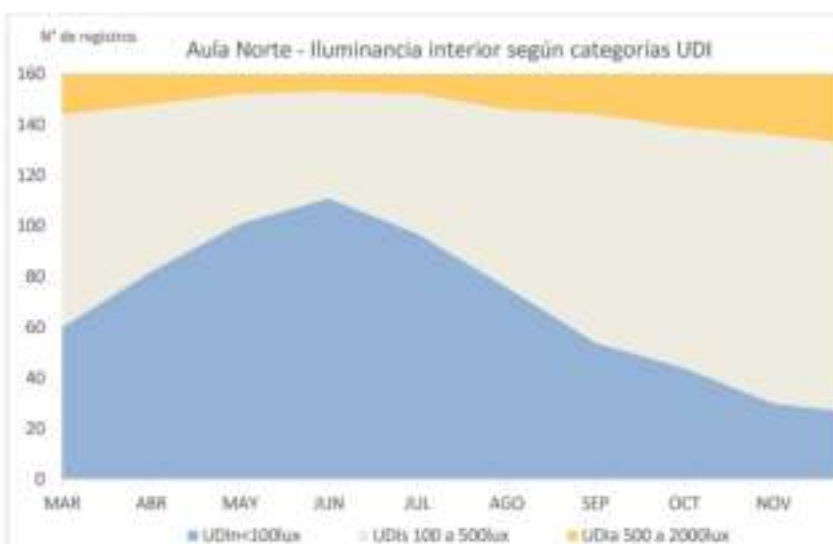


Tabla 2: Iluminación natural presentada según Rangos de Iluminación Diurna Útil (UDI) durante el año lectivo, expresados en número de horas y en porcentaje, en el aula norte.

La iluminación natural en el aula norte, durante el año lectivo, presenta el 43% de las horas con rango UDI-n inferior a 100 lux, siendo necesario el uso de luz artificial. El 48% de las horas presenta rango UDI-s entre 100 y 500 lux, por lo tanto, sería necesario encender las luces, en algunos momentos, con el fin de complementar la luz natural y contar con niveles de luz adecuados. El resto del año (10%), cuenta con niveles de iluminación adecuados o suficientes, UDI-a entre 500 a 2000 lux.

MES	UDI-n <100	UDI-s 100 A 500	UDI-a 500 A 2000
MESES	UDI-n	UDI-s	UDI-a
MAR	101	33	26
ABR	111	44	5
MAY	118	40	2
JUN	129	29	2
JUL	114	44	2
AGO	111	43	6
SEP	95	52	13
OCT	86	58	16
NOV	84	54	22
<b>Total hs</b>	<b>1027</b>	<b>457</b>	<b>116</b>
<b>%</b>	<b>64</b>	<b>29</b>	<b>7</b>

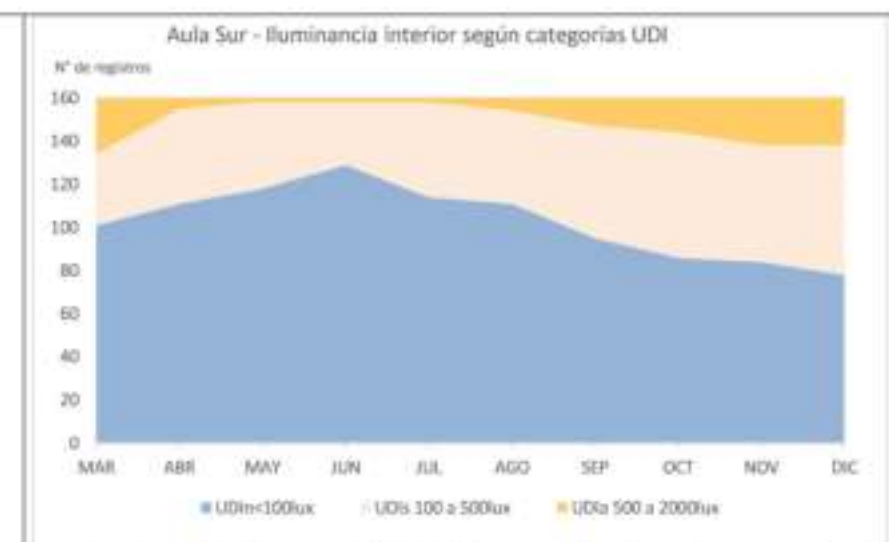


Tabla 3: Ocurrencia de los Rangos de Iluminación Diurna Útil (UDI) durante el año lectivo, expresados en número de horas y en porcentaje, en el aula sur.

En el aula sur se observa que, el mayor número de horas al año (64%), cuenta con niveles de iluminación inferiores a 100 lux, que corresponden a UDI-n. El 29% de horas anuales cuenta con niveles entre 100 y 500 lux, UDI-s, y solo un 7% de horas con niveles superiores a 500 lux, UDI-a. Los resultados muestran que durante la mayor parte del año lectivo no es posible trabajar con luz natural, siendo necesario el uso de luz artificial para contar con adecuados niveles de iluminación.

## ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS AULAS

Las aulas prototípicas tienen 7,00m por 7,00m de lado, allí los estudiantes trabajan en mesas individuales, organizados en 3 filas de aproximadamente 10 alumnos cada una, con un total de 26 a 30 alumnos por aula, siendo de 0,40m, aproximadamente, la distancia mínima entre alumno y 1,60m<sup>2</sup> la superficie por alumno. Figura 9.

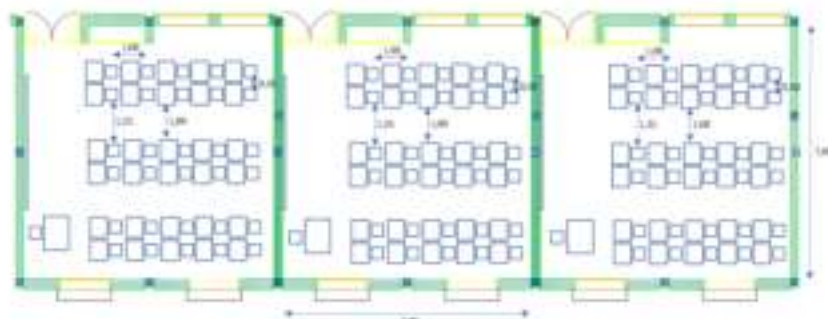


Figura 9: Organización actual de las aulas.

La situación de cambio que se plantea para la vuelta a clases con la incorporación de nuevas formas de enseñanza, constituye una oportunidad para mejorar las condiciones de habitabilidad y avanzar hacia la sostenibilidad edilicia. Entre las medidas sanitarias fundamentales, planteadas por el ministerio de Educación de la Provincia de Tucumán, se mencionan el distanciamiento físico mínimo de 1,5m en las aulas, 2,25m<sup>2</sup> por alumno, distanciamiento físico de 2m en áreas de desplazamiento, ventilación adecuada de las aulas, limpieza y desinfección regular de los edificios (Ministerio de Educación, 2021). Desde el punto de vista de la enseñanza se propone implementar un sistema mixto, con instancias presenciales y virtuales, con la incorporación de herramientas tecnológicas de la comunicación. En base a estas premisas, las aulas deben cumplir con las exigencias de salubridad y también permitir el desarrollo de las propuestas pedagógicas. Para ello es necesario realizar cambios en su organización, en el equipamiento y modificaciones en su envoltente, con el fin de mejorar las condiciones de habitabilidad y permitir el desarrollo de las actividades de manera confortable y segura.

Sobre el equipamiento y la organización actual de las aulas, se observa que responden a métodos de enseñanza tradicionales, basados principalmente en el trabajo de forma individual de los estudiantes con la guía de un docente, donde se considera un alumno que aprende de forma pasiva los conocimientos transmitidos por el o la maestra. Asimismo, las aulas presentan un número de alumnos superior al indicado para contar con la distancia social mínima requerida. Con el fin de superar las falencias encontradas, se plantea un diseño de ventanas y una nueva forma de organización de las aulas y se analizan las condiciones que se lograrían con las modificaciones propuestas.

### *Propuesta para mejorar las condiciones de iluminación natural*

Para mejorar la iluminación en las aulas se propone agregar ventanas con parasoles que logren proteger de la radiación solar directa durante la totalidad del año. Se agregan también ventiluces, en la parte superior para mejorar la distribución y uniformidad de la iluminación en las aulas. El diseño propuesto para las aulas, norte y sur, consiste en agregar ventanas con características similares a las actuales, de 0,70m de ancho y 1,00m de altura, dispuestas a los costados de las ventanas actuales. En la parte superior del muro se agregan ventanas corridas, tipo ventiluces, de 0,40m de alto.

Para evaluar el comportamiento lumínico del diseño propuesto, se trabajó con el método del BRS daylight protractor. Se realizaron gráficos de las ventanas y los parasoles y se analizaron con los transportadores del BRS. En una planilla de cálculo se volcaron los datos de las aulas (dimensiones, colores de la envoltente) y de las ventanas propuestas (tipo y superficie neta de vidrio, estado de limpieza) para determinar el CLD en los puntos de análisis. Los resultados se presentan en tabla 4.

CLD en aulas: análisis en planta y corte		Situación propuesta	Comparación con Valores de Normas
AULA NORTE CLD%			CLDmin=2.8% Emin=576 lux
			CLDmax=3.7% Emax=758.5 lux CLDm=3.12% Em=641 lux Uniformidad Emin=576 lux ≥ Em/2=320.5
		Uniformidad U U=576 lux/641lux U=0.9	Norma IRAM AADL J20-06 CLD mínimo para aulas=2% Emin=500 lux SRT Decreto 351/79: Uniformidad Emin ≥ Em/2 576 lux > 320.5 lux SRT Decreto 351/79 en Anexo IV: Uniformidad U U= Emin/Em > 0.8
AULA SUR CLD%			CLDmin=2.05% Emin=420 lux
			CLDmax=3.7% Emax=760.5 lux CLDm= 2.8% Em=580 lux Uniformidad Emin=420 lux > Em/2=290 lux
		Uniformidad U U=420 lux/580 lux U=0.7	Norma IRAM AADL J20-06 CLD mínimo para aulas=2% Emin=500 lux SRT Decreto 351/79: Uniformidad Emin ≥ Em/2 420.2 lux > 290 lux SRT Decreto 351/79 en Anexo IV: Uniformidad U U= Emin/Em > 0.8

Tabla 4: Iluminación natural en aulas con el diseño de ventanas y parasoles propuesto

En los puntos analizados en las aulas norte y sur, se observa que los Coeficientes de Luz Diurna CLD son iguales o superiores al valor mínimo (2%) establecido por la Norma IRAM AADL J20-06. En ambas aulas, la iluminancia media (Em) supera el nivel de 500 lux establecido por normas. En el caso del aula norte, la iluminancia mínima (Emin) supera los 500 lux. Con el diseño propuesto, la distribución de la luz natural mejora notablemente respecto a la situación de las aulas originales, alcanzando en ambas aulas, el valor de uniformidad establecido por la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) República Argentina.

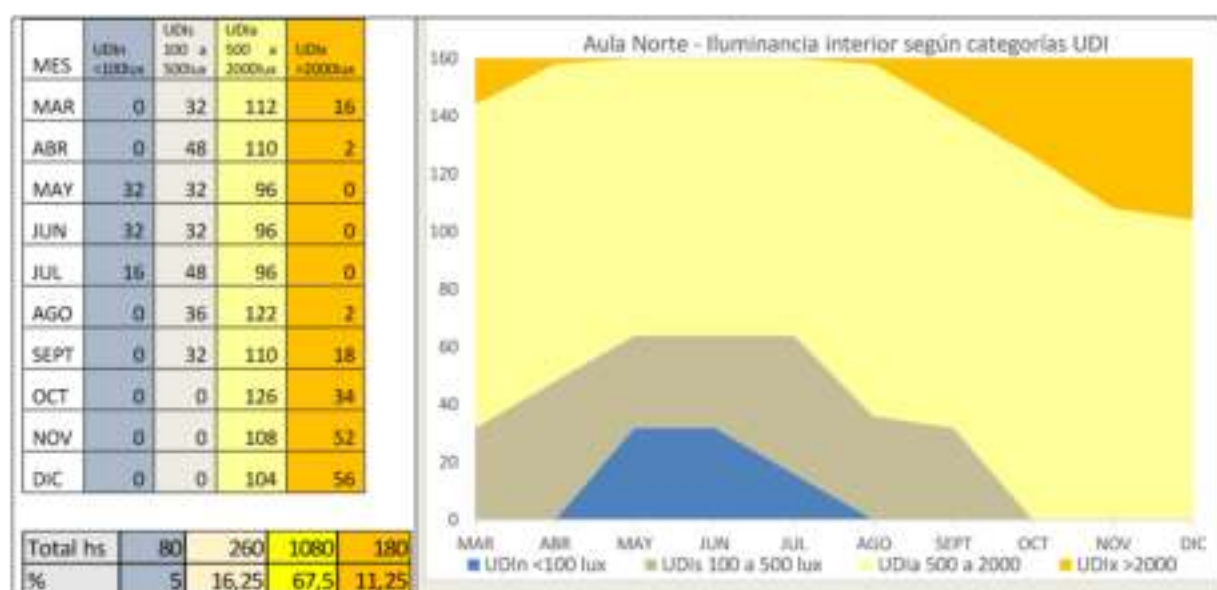
La protección solar en las ventanas norte consiste en un alero horizontal de 1,00m de ancho, dispuesto en el dintel de la ventana, a dos tercios de la altura de la ventana se plantea otro alero horizontal de 0,40m de profundidad. El parasol de 0,40m se repite en el dintel de los ventiluces. En la orientación sur se proponen pantallas verticales a ambos lados de la ventana. Las pantallas son de 0,70m de ancho para proteger las ventanas de 1,40m y de 0,40m de ancho para las ventanas de 0,70m, en ambos casos las pantallas tienen la altura de la ventana que protegen. En el alero Norte los ángulos de las coordenadas celeste del parasol son: altura solar  $\beta=40^\circ$ ; azimut  $\delta d=55^\circ$  y  $\delta i=55^\circ$ . Las pantallas al Sur presentan altura solar  $\beta=80^\circ$ ,  $\delta d=70^\circ$  y  $\delta i=70^\circ$ . El análisis de las protecciones solares se realizó con los Diagramas de Trayectoria Solar y de Visión de Bóveda. El diseño considera obstruir la radiación solar directa, de 8.00 a 17.00 horas, durante todos los meses del año, coincidiendo con el horario de funcionamiento de la escuela. El diseño propuesto se presenta en la tabla 5.



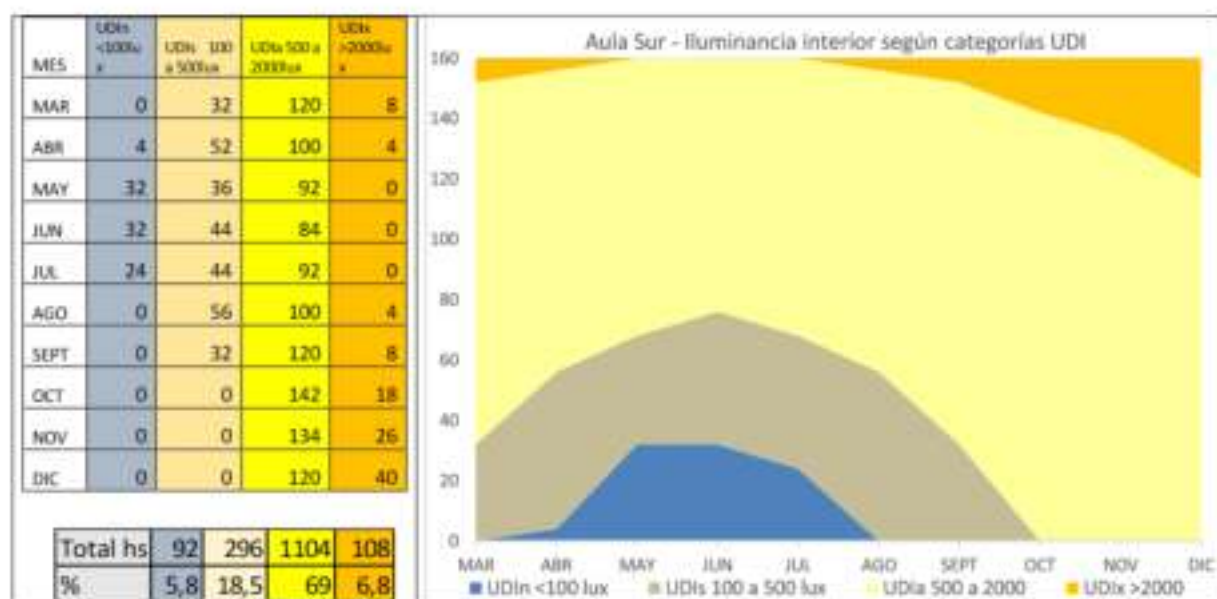


**Tabla 5: Diseño de protecciones solares para aulas**

El análisis de los niveles de luz natural en el diseño propuesto, con aplicación del esquema UDI, presenta los resultados que se muestran en las Tablas 6 y 7.



**Tabla 6: Ocurrencia de los Rangos de Iluminación Diurna Útil (UDI) durante el año lectivo, expresados en número de horas y en porcentaje, en el aula norte, con el diseño propuesto.**



**Tabla 7: Ocurrencia de los Rangos de Iluminación Diurna Útil (UDI) durante el año lectivo, expresados en número de horas y en porcentaje, en el aula sur, con el diseño propuesto.**

Con el diseño propuesto, las aulas norte y sur presentan la mayor cantidad de horas al año con rango UDI-a 500 a 2000 lux (67,5% y 69% respectivamente), pudiendo funcionar adecuadamente con luz natural. Ambas aulas presentan niveles de iluminación inferiores a 100 lux, UDI-n, en un 5% de horas anuales, en los meses de mayo, junio y julio, siendo necesario el uso de iluminación artificial. Los niveles UDI-s de 100 a 500 lux, se registran, en el aula norte 16,25%, y aula sur 18,5%, de las horas del año, en las cuales se deberá complementar la luz natural con luz artificial para lograr niveles adecuados de iluminación. Es posible afirmar que el diseño propuesto permite contar con luz natural suficiente, durante la mayor parte de las horas de clase (norte 79% y sur 76%). Las protecciones de las ventanas impiden la incidencia de radiación solar directa, situación que se verifica con el registro de niveles inferiores a 2000 lux.

#### *Adecuación de las aulas a las nuevas formas didácticas y distancia social*



*Figura 10: Propuesta de diseño considerando la distancia social y la organización de grupos de estudiantes. Se muestran los CLD calculados con las ventanas y parasoles, en el aula norte.*

Se propone una organización que brinde la posibilidad del trabajo en grupo de los, con la incorporación de medios tecnológicos y una disposición que permita el dialogo e interactuar adecuadamente, manteniendo la distancia mínima de 1.50 entre alumnos, como se observa en la figura 10. El aforo en las aulas considera una superficie de 2.25 m<sup>2</sup> (mínimo) por cada estudiante, según lo recomendado por el Banco Interamericano de Desarrollo BID. De esta forma el número de alumnos por aula, será 22 como máximo, para cumplir con la distancia social y los metros cuadrados por alumno. El equipamiento propuesto considera el uso de computadoras y notebooks, sin perder la posibilidad de participar de otras actividades que incluyan al total de estudiantes de la clase. También se propone cambiar los muros que separan las aulas por tabiques removibles que permitan unir dos aulas para ampliar el espacio en los momentos que se considere necesario.

#### **CONCLUSIONES**

El trabajo analiza un diseño de aula que incorpora la luz natural, durante todas las horas del año lectivo y propone una adaptación para responder a estrategias didácticas actuales. La metodología aplicada incluyó relevamiento físico de escuelas, registro de niveles de iluminación natural en las aulas, cálculos de CLD, lux, análisis de UDI y métodos gráficos. En base al análisis de las condiciones actuales, se detectaron falencias, debidas principalmente a un diseño que no considera el clima de la localidad y tampoco responde a las necesidades determinadas por las actividades en cuanto a niveles de iluminación, uniformidad y distribución de la luz. Actualmente se suma la necesidad de adaptar las aulas al trabajo en grupos, con medios tecnológicos, guardando la distancia recomendada.

Desde el punto de vista cuantitativo, las modificaciones logran incrementar las horas en las cuales las aulas cuentan con niveles de luz natural superior a 500 lux, durante el año. En el aula norte de 154 a 1260 horas, en el aula sur, de 116 a 1112 horas. Estos incrementos representan un ahorro del orden del 70% en el uso de luz artificial con la consecuente disminución en el consumo de energía eléctrica. La obstrucción de la radiación solar en el interior de las aulas, la adecuada distribución de la luz natural y la uniformidad de los niveles en la superficie total de las aulas constituyen mejoras cualitativas que, junto al incremento de los niveles de iluminación natural, constituyen aportes para alcanzar el confort de manera sustentable.

Para dar respuesta a las actuales demandas para el regreso a clases, el estudio plantea una organización adaptada a formas de enseñanza en grupo de estudiantes, manteniendo la distancia recomendada. Se propone cambiar el aforo actual de 30 alumnos a 22 alumnos por aula, dispuestos en grupos de tres o cuatro estudiantes. Se plantean entre las aulas, tabiques divisorios removibles, para realizar actividades que necesiten contar con espacios de mayores dimensiones. La uniformidad de la iluminación lograda permite la distribución del equipamiento en toda la superficie del aula. Es importante señalar que las modificaciones propuestas, son factibles de realizar en los edificios escolares de reciente construcción en Tucumán, y permitirán contar con escuelas que cumplen con los niveles de confort y de iluminación recomendados, adecuadas a los actuales desafíos de adaptabilidad y sustentabilidad.

## REFERENCIAS

- Castro Pérez, M; Morales Ramírez, M E (2015). "Los ambientes de aula que promueven el aprendizaje, desde la perspectiva de los niños y niñas escolares". Revista Educare, 19(3), 1-32. <http://dx.doi.org/10.15359/ree.19-3.11>
- Cisterna MS, Ledesma SL, Nota V, Martínez C, Márquez G, Llabra C, Quiñones G, Gonzalo G (2017). "Evaluación de Condiciones Ambientales y Consumos Energéticos en Escuelas de Tucumán. Recomendaciones para mejorar el confort visual con uso racional de energía eléctrica". 15° Jornadas Regionales de Economía y Sociedad del NOA ARESNOA 2017, UNT. Facultad de Ciencias Económicas. <http://www.ares-noa.com.ar>
- Dussel, I (2018). ¿Nuevas formas de enseñar y aprender? En Revista Perfiles Educativos, vol. XL, número especial, IISUE-UN. <https://www.youtube.com/watch?v=B8ydV9gf1Bc>
- Freire, Paulo (1996). Pedagogía de la autonomía. Saberes necesarios para la práctica educativa. Buenos Aires, Siglo XX.
- Freire, P (2000). Pedagogía de la indignación. Cartas pedagógicas en un mundo revuelto. Sao Paulo: UNESP. [Última obra en la que trabajaba al momento de su muerte]
- Ledesma SL, Cisterna MS, et al (2014). "Análisis cuali-cuantitativo de la iluminación de aulas en escuelas primarias de Tucumán. Propuestas de mejoramiento". Actas XXXVII Reunión de Trabajo de Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente ASADES. Pag. 119 a 129, Vol.2 Edición Digital. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/averma.php>
- Ledesma SL, Cisterna MS, Nota V, Martínez C, Quiñones G, Márquez Vega G, Llabra C, Gonzalo G, Mostajo M, Ramos M, Villa C (2016). "Caracterización del sector edilicio educativo de nivel primario de la Provincia de Tucumán y evaluación de consumos energéticos en casos de estudio". Actas XXXIX Reunión de Trabajo de Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente ASADES 2016. Edición Digital. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/averma.php>
- Ledesma, S.L., Nota, V., Martínez, C., Orío, S, (2018). Evaluación y propuestas de mejoras térmicas y lumínicas para aulas de escuelas primarias de reciente construcción en Tucumán. Libro del X Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura Tecnología y políticas públicas Compiladores: Cremaschi, |Pantaleon. Accesible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71122>
- Maggio, M., (2012). Enriquecer la enseñanza. Los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad. Ed. PAIDOS SAICF. Argentina. <http://infohumanidades.com/sites/default/files/apuntes/MAGGIO%20Enriquecer%20la%20ense>

- [%C3%B1anza%20-%20Libro%20Completo.pdf](#)
- Monteoliva, JM., Pattini, A (2013). Iluminación natural en aulas. Análisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en clima soleados. *Ambiente construido*, vol.13, N4, pp. 235-248. [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212013000400016](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000400016)
- Monteoliva, JM, Villalba, A., Pattini, A., (2015). Estudio dinámico regional de la iluminación natural en espacios interiores. *AREA 21 agenda de reflexión en arquitectura, diseño y urbanismo*. Nº 21 | octubre de 2015. Revista anual
- Mardaljevic J. (septiembre 2000) La simulación de perfiles de iluminación natural anual para iluminación interna. *Lighting Research and Technology* 32(3):111-118. Accesible [https://www.researchgate.net/publication/245385241\\_Simulation\\_of\\_annual\\_daylighting\\_profiles\\_for\\_internal\\_illuminance](https://www.researchgate.net/publication/245385241_Simulation_of_annual_daylighting_profiles_for_internal_illuminance)
- Nabil A., Mardaljevic J. (2005). Iluminancia útil de la luz del día: un nuevo paradigma para evaluar la luz del día en los edificios. VL- 37. *Lighting Research & Technology*. Accesible en <https://doi.org/10.1191/1365782805li128oa>
- Pichon Riviere E, en colaboración con Quiroga A, (1972). "El proceso grupal", 1972, pág. 205 a 213. <https://psicologiasocial.com.ar/escuela/aportaciones-a-la-didactica-de-la-psicologia-social/>
- Plan de Regreso Seguro a la Escuela, Ministerio de Educación, Sup. Gob. Tucumán. (2021) <https://www.educaciontuc.gov.ar/index.php/2021/02/17/educacion-presento-el-plan-de-regreso-seguro-a-las-escuelas/>
- UNESCO (2020). Educación en un mundo post-COVID: nueve ideas para la acción pública. Comisión Internacional sobre el Futuro de la Educación. Published in 2020 by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France. [https://en.unesco.org/sites/default/files/education\\_in\\_a\\_post-covid\\_world-nine\\_ideas\\_for\\_public\\_action.pdf](https://en.unesco.org/sites/default/files/education_in_a_post-covid_world-nine_ideas_for_public_action.pdf)

#### **Normas consultadas**

- Documento Básico HE Ahorro de energía. 2013. Versión publicada en el BOE 12/09/2013 <http://www.arquitectura-tecnica.com/hit/Hit2016-2/DBHE.pdf>
- DOSSIER EN 12464-1 Breve descripción de la norma. segunda edición. Junio 2012. ETAP NV. Excellent Lighting. Saving Energy. PDF
- Higiene y Seguridad en los lugares de Trabajo, art. 71 a 84. Reg. aprobada por Decreto 351/79. PDF: <http://consultoradehigieneyseguridad.com/pdf/ANEXOIVDecreto351-79>.
- IRAM-AADL J 20-06 (1972). Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación. Buenos Aires, Argentina.

### **NATURAL LIGHTING IN PROTOTYPIC CLASSROOMS AND ADAPTATION TO NEW FORMS OF TEACHING, WITH SOCIAL DISTANCE**

**ABSTRACT:** The adaptation of prototype classrooms for efficient use of natural light and organized learning in small groups, with the recommended social distance, is presented. The objectives are to determine the levels of natural light, to compare them with the regulations in force and to make a design proposal that considers the use of natural light during the year, also responding to new modes of education. Methodology: With the data collected, the daylight coefficients (CLD) were determined. Taking into account the climatic data of the locality, the annual indoor natural lighting levels were calculated and compared to the parameter Useful daylighting (UDI) to estimate the periods with adequate natural light and those which need to be supplemented with light. artificial. Based on the results, a superior design is proposed, which is evaluated by graphical methods and CLD and UDI calculations. Together, an organization of classrooms is proposed to carry out current forms of teaching, while maintaining social distance. The design protects from direct sunlight and improves annual levels of daylighting. The proposed changes are achievable in the classrooms of newly constructed schools in the province and will allow sustainable buildings to meet current needs.

**Keywords:** Prototype schools - Natural lighting - Adapted classes - Social distance - New didactics.