

AMBIENTE INTERIOR Y SATISFACCIÓN DE USUARIOS EN AULAS DE ZONA ÁRIDA. ESTUDIO DE CASO

Indoor environment and user satisfaction in arid zone classrooms. Case study

YESICA ALAMINO-NARANJO

ORCID: 0000-0002-2325-2206

Universidad Nacional de San Juan, Argentina

alaminoyesica@gmail.com

MARÍA GUILLERMINA RÉ

ORCID: 0000-0002-3109-7138

Universidad Nacional de San Juan, Argentina

guillerminare@gmail.com

Cómo citar:

Alamino-Naranjo, Y. y Ré, M.G. (2022). Ambiente interior y satisfacción de usuarios en aulas de zona árida. Estudio de caso. *Revista de Arquitectura*, 27(42), 126-139. <https://doi.org/10.5354/0719-5427.2022.66378>

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar posibles problemas de diseño que afecten la satisfacción de estudiantes en edificios escolares ubicados en zonas áridas durante el período de invierno. Para llevarlo adelante se desarrollaron encuestas en cuatro aulas con diferentes características de diseño. La encuesta permite obtener un diagnóstico del usuario respecto de las variables de influencia ambiental interior: confort térmico, calidad del aire y confort lumínico. La satisfacción de cada una de ellas se evalúa mediante el modelo de porcentaje de votos de personas insatisfechas previsto. Los resultados sugieren que la ventilación cruzada norte-sur y las grandes superficies de aventanamientos en ambas orientaciones (Colegio Provincial de Rivadavia) son el principal aspecto responsable de la insatisfacción expresada por los usuarios. Disponer de ventanas solo para una orientación y contar con sistemas móviles de control solar (Escuela Teniente Pedro Nolasco Fonseca) proporciona sensaciones de bienestar térmico y condiciones aceptables de calidad del aire y confort lumínico.

PALABRAS CLAVE

calidad ambiental, escuela, confort, evaluación subjetiva

ABSTRACT

The objective of this research is to determine design problems that affect student satisfaction in arid zone school buildings during the winter period. Surveys were developed in four classrooms with different design characteristics. The survey allowed to obtain a diagnosis of the user regarding the variables of internal environmental influence: thermal comfort, air quality and light comfort. Satisfaction with respect to each one of them was evaluated using the model of percentage of votes of predicted dissatisfied people. The results suggest that north-south cross ventilation and large window surfaces in both orientations (Colegio Provincial de Rivadavia), are the main aspect responsible for the dissatisfaction expressed by users. Having windows in only one orientation and having mobile solar control systems (Escuela Teniente Pedro Nolasco Fonseca) provides sensations of thermal well-being and acceptable conditions of air quality and light comfort.

KEYWORDS

environmental quality, school, comfort, subjective evaluation

INTRODUCCIÓN

El diseño arquitectónico en entornos educativos influye en el proceso de aprendizaje y la formación de los alumnos de forma eficaz. Si las condiciones ambientales necesarias dentro del aula no son favorables, los estudiantes presentan efectos negativos a nivel psicológico, fisiológico y físico, entre ellos, dificultad de comprensión, errores de percepción, distracción, fatiga rápida, náuseas frecuentes, nerviosismo y dolores de cabeza (Karlen et al., 2017). A esto se suma que los estudiantes, del tiempo en que permanecen en espacios interiores, más del 50 % lo hacen en edificios escolares (Vilčeková et al., 2017).

Existen estudios que sugieren variables ambientales específicas como las más influyentes sobre los aspectos de salud y rendimiento académico en los espacios escolares, entre ellas se destaca la temperatura (Jiang et al., 2018; Korsavi, & Montazami, 2020), concentración de CO₂ (Korsavi et al., 2021; Wargocki et al., 2020), nivel lumínico (Hviid et al., 2020; Pulay et al., 2018) y nivel de ruido (Braat-Eggen et al., 2017; Minichilli et al., 2018). Dichos avances muestran cómo la Calidad Ambiental Interior (CAI) puede influir en las capacidades cognitivas de las personas. Al mismo tiempo, su análisis permite comprender problemas de diseño espacial.

A nivel nacional, investigaciones recientes revelan la falta de condiciones de bienestar ambiental interior en establecimientos escolares públicos durante todas las estaciones del año, situación que conlleva a un déficit de atención por parte de los alumnos (Boutet et al., 2014). Buscar una mayor comprensión entre las estrategias de diseño y su implicancia en el confort, como también con la normativa local y los efectos de esta en la calidad de los espacios debiera ser el objetivo de estudios de diseño en espacios para la enseñanza y aprendizaje (Montoya y San Juan, 2018).

La inclusión de la opinión del usuario respecto de las condiciones ambientales de su entorno permite conocer cuáles son las modalidades de sensación y reacción frente a la disconformidad (Giuliano Raimondi y Garzón, 2020; Montoya y Herrera, 2019; Naranjo y Kuchen, 2021). La aplicación de metodologías analíticas objetivas y subjetivas permiten evidenciar situaciones de disconformidad ambiental relacionadas con los espacios educativos (San Juan, 2014).

En este contexto resulta necesario evaluar el nivel de satisfacción de usuarios escolares con respecto a la CAI a nivel local, para definir problemas arquitectónicos y/o de funcionamiento. El objetivo del trabajo es identificar aquellos aspectos de diseño que van en detrimento de la satisfacción ambiental de usuarios escolares en zonas áridas. Para ello se desarrolló una encuesta, la cual fue implementada simultáneamente en dos escuelas, ubicadas en la ciudad de San Juan, Argentina. Dicha encuesta indaga sobre el nivel de satisfacción respecto de cada variable estudiada (*confort térmico, calidad del aire y nivel lumínico*).

METODOLOGÍA

La investigación responde al estudio de caso, como instrumento de evaluación cualitativa. La misma se desarrolla en cuatro espacios áulicos con características de diseño divergentes. Se emplearon técnicas de observación directa y relevamiento edilicio, que permitieron recolectar información de los aspectos arquitectónicos. Posteriormente, se administraron encuestas de tipo perceptual del voto de satisfacción de variables ambientales de influencia térmica, calidad del aire y calidad lumínica (Ré, 2020).

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el mes de agosto, ya que corresponde junto con el mes de julio, al período más frío del año. Esta época se considera como la más desfavorable en términos de confort térmico y eficiencia energética relativas a la calefacción. Las encuestas se administraron durante el día 13 de agosto, en horario de mañana para las cuatro aulas: 8:25 h (CPR-A2), 9:40 h (CPR-A5), 11:00 h (EF-A5) y 12:00 h (EF-A4).

La encuesta es una adaptación a la tipología escolar del modelo desarrollado por Kuchen (2008) para oficinas. Esta adopta la escala de ASHRAE (2004), a fin de medir la sensación térmica mediante preguntas cerradas orientadas hacia juicios valorativos. La escala ASHRAE posee siete niveles y se estructura de la siguiente manera: -3 (mucho frío), -2 (frío), -1 (algo de frío), 0 (neutral), +1 (algo de calor), +2 (calor), +3 (mucho calor).

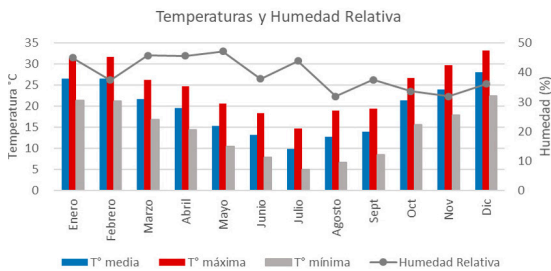
Para la evaluación subjetiva de iluminación, protección solar y calidad del aire, la escala se simplificó, con el fin de adaptarla a alumnos entre 9 y 16 años. Para ello se redujo la cantidad de opciones de siete a cinco, organizadas como se indica a continuación: muy mala (-2), mala (-1), aceptable (0), buena (1), muy buena (2).

Caracterización climática

La ciudad de San Juan, Argentina, se ubica a 630 metros sobre el nivel del mar, latitud 31,6° Sur y longitud 68,5° Oeste. El clima, según la normativa IRAM, se corresponde a templado-cálido (IRAM 11603, 2012) con grandes variaciones de temperatura diarias y anuales, transparencia atmosférica y baja humedad. El régimen de lluvias es continental, con una frecuencia media baja. Según la clasificación de Köppen es de tipo BWK (clima árido templado y frío), esta región posee una temperatura media anual de 17,2 °C en el valle de Tulum (Minetti et al., 1986).

Para el año de estudio se elaboró un archivo climático propio, con datos obtenidos de una central meteorológica ubicada en zona urbana, en los techos del Instituto de Energía Eléctrica (Pontoriero, 2017), y a unos dos kilómetros de los casos de estudio. Dichos registros permiten un mayor acercamiento a la realidad. En la Figura 1 se representan gráficamente los valores de

FIGURA 1
Variables climáticas, promedios mensuales del año de estudio.



Nota: Gráfico elaborado con base en Pontoriero (2017).

temperaturas media, máxima y mínima de cada mes del año, junto con la humedad relativa (HR). Allí se puede observar que julio y agosto fueron los meses con menores temperaturas mínimas y medias, con valores de 5,09 °C y 6,76 °C, y de 9,82 °C y 12,75 °C, respectivamente.

Encuesta

La aplicación de la encuesta permite obtener información subjetiva proveniente del usuario. La misma es de tipo exploratoria, dado que es posible adquirir información para la estructuración de muestras y cálculos estadísticos, y descriptiva, ya que logra caracterizar una parte de la población. Entre las preguntas realizadas resultan más relevantes aquellas que indagan sobre la satisfacción respecto del espacio físico (Tabla 1).

De los datos obtenidos a partir del uso del cuestionario, se destacan los niveles de confort en aulas de manera teórica, mediante el porcentaje de personas insatisfechas, lo cual posibilita desarrollar un diagnóstico del usuario en función de los parámetros de influencia. Además, se estima el aislamiento térmico de la ropa, a partir de combinaciones de prendas (clo) (Fanger, 1972), y la actividad metabólica de cada usuario encuestado dentro de la última hora (met) (International Organization for Standardization [ISO] 8996, 2004).

Se encuestaron 94 alumnos distribuidos en cuatro aulas del turno mañana (Figura 2). Los usuarios del caso EF corresponden a niños de nivel primario, con edades entre 9 y 11 años (A4 y A5). El clo promedio calculado es de 1,37 (A4) y 1,35 (A5), mientras que el valor met es de 1,92 (A4) y 1,86 (A5). Respecto del caso CPR, los estudiantes pertenecen al nivel secundario. Los que asisten al Aula 2, tienen 13 años de edad, y presentan un clo de 1,31 y un met de 1,67. En cambio, para el Aula 5, con alumnos de 16 años, el clo asciende a 1,44 y el met desciende a 1,28 producto de actividades más sedentarias (Tabla 2).

Casos de estudio

El trabajo se desarrolla sobre cuatro espacios áulicos de dos escuelas de la ciudad de San Juan. Estas fueron seleccionadas por su diferente ubicación, lo cual permite obtener una noción de las diversas situaciones que se presentan. Para el caso Escuela Teniente Pedro Nolasco Fonseca (EF) se eligieron espacios con orientaciones opuestas (Figura 3), mientras que en el caso Colegio Provincial de Rivadavia (PR), si bien ambos espacios poseen la misma orientación, la diferencia radical se centra en la orientación de la galería (Figura 4), situación que puede influir de forma dispareja en el confort térmico y visual.

Tabla 1

Preguntas de la encuesta relacionadas a espacio físico

En este instante, percibo la temperatura como:

(Si deseas, puedes colocar un puntaje numérico tomando el centro como "0").

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
 mucho frío | frío | algo de frío | ni frío, ni calor | algo de calor | calor | mucho calor

Respecto de la temperatura, prefiero:

○ ○ ○
 más frío | ni más frío, ni más calor | más calor

En este instante, percibo la calidad del aire como:

○ ○ ○ ○ ○
 muy mala | mala | aceptable | buena | muy buena

En el aula, percibe corriente de aire (tipo viento):

○ ○
 si | no

En el aula, la corriente de aire:

○ ○ ○ ○
 molesta mucho | molesta | molesta un poco | no me molesta

¿Cómo percibes la iluminación natural que recibe tu aula?

○ ○ ○ ○ ○
 muy mala | mala | ni mala, ni buena | buena | muy buena

¿Cómo calificarías la protección solar (Parasol/Cortina) de tu aula?

○ ○ ○ ○ ○
 muy mala | mala | ni mala, ni buena | buena | muy buena

FIGURA 2

Fotografías por aula en el momento de la encuesta



FIGURA 2 Aula ef-a4



FIGURA 2 Aula ef-a5



FIGURA 2 Aula cpr-a2



FIGURA 2 Aula cpr-a5

FIGURA 3
Ubicación de EF-A4 y EF-A5 en planta arquitectónica de EF

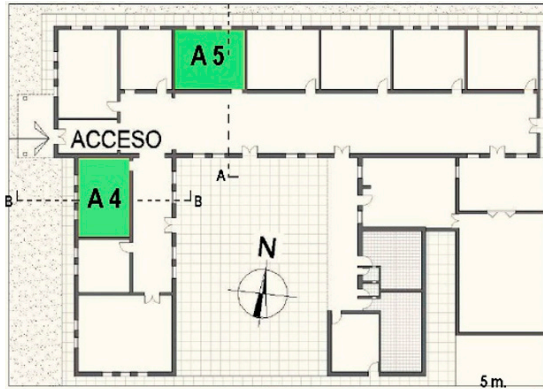
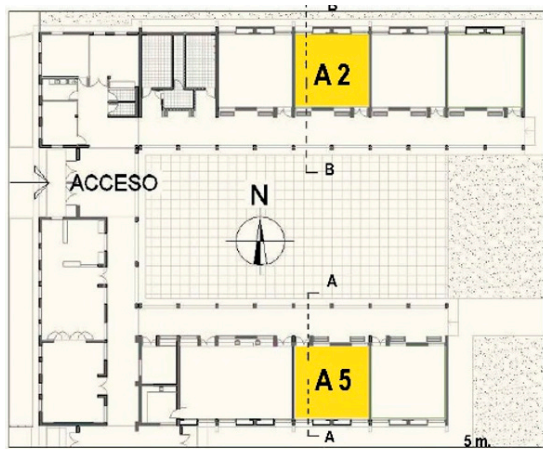


FIGURA 4
Ubicación de CPR-A2 y CPR-A5 en planta arquitectónica de CPR



Espacios de análisis EF

Las aulas EF-A5 (Figura 5) y EF-A4 (Figura 7), corresponden a la Escuela T. P. N. Fonseca. Dicho edificio fue construido en el año 1953 y pertenece a la época de reconstrucción de la ciudad, luego del terremoto de 1944. A nivel nacional, el gobierno de turno implementó el Plan Quinquenal, el cual ampliaba el acceso al sistema educativo, lo que dio lugar al crecimiento más importante de la historia, debido a que sus objetivos se basaban en el principio de democratización de la enseñanza (Puiggros, 2003). El Ministerio de Obras Públicas fue el encargado de proyectar los prototipos durante este período. La EF responde al diseño arquitectónico utilizado para establecimientos rurales, con una organización lineal y la aplicación de un estilo californiano, que se destacaba por sus techos de tejas de terracota de 2 aguas, de bajo grado de pendiente y vigas de madera a la vista (Chiarello, 2015). Esta tipología edilicia es conocida como “Lineal en Peine” y fue ampliamente utilizada en todo el país para resolver la arquitectura escolar del momento.

La escuela cuenta con una superficie útil de 857 m² y circulaciones cubiertas que comunican las aulas orientadas al norte y al oeste. Su envolvente se materializa con mampostería portante de ladrillo macizo de 34 cm de espesor, techo a dos aguas con estructura de madera, cubierta de tejas y cielorraso suspendido. El edificio conserva las ventanas y puertas originales de carpintería de madera con vidrio simple repartido. La transmitancia térmica (U), calculada para estas aulas, otorga un valor de 1,40 W/m² °C.

En las aulas se utilizan para refrigeración ventiladores de techo, y para calefacción estufa a gas ubicada en la misma orientación que las ventanas a una distancia de 1 m desde el piso, y aire acondicionado (AA) frío-calor, ubicado en la parte superior de las ventanas, en el área central a una altura de 2,50 m. Al momento de la implementación de la encuesta, las ventanas se encontraban cerradas y la estufa encendida. El AA, aunque posee la opción de “calor”, estaba apagado. Los ventiladores no estaban en funcionamiento por ser elementos específicos para refrigeración. La temperatura interior que registraban las aulas eran de 16,20 °C (EF-A4) y de 16,80 °C (EF-A5), mientras que la humedad relativa era de 58 % y 54 %, respectivamente. La temperatura exterior registrada durante las encuestas ascendía a 6 °C a las 11:00 h (EF-A5) y 7,50 °C a las 12:00 h (EF-A4).

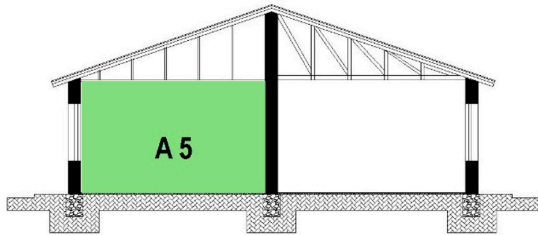
En relación con el mobiliario, los espacios de análisis poseen 12 mesas dobles (por espacio), ubicadas en tres filas a lo ancho del aula, lo que en su totalidad da una capacidad de asiento a 24 alumnos.

Espacios de análisis CPR

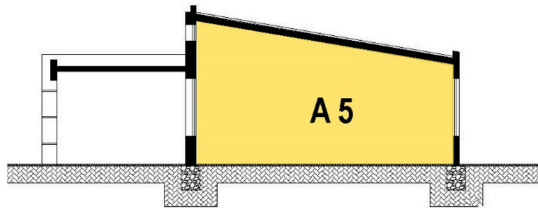
Las aulas CPR-A5 (Figura 6) y CPR-A2 (Figura 8) pertenecen al Colegio Provincial de Rivadavia. Este edificio fue diseñado y edificado en el marco del Programa Nacional 700 Escuelas, que estuvo orientado a

FIGURA 5

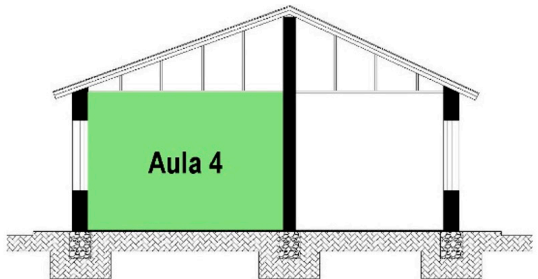
Corte transversal A-A correspondiente al Aula 5 de EF

**FIGURA 6**

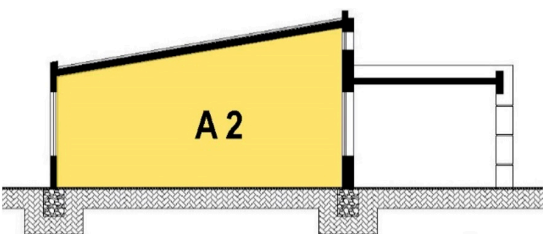
Corte transversal A-A correspondiente al Aula 5 de CPR

**FIGURA 7**

Corte transversal B-B correspondiente al Aula 4 de EF

**FIGURA 8**

Corte transversal B-B correspondiente al Aula 5 de CPR



la construcción de nuevos edificios escolares en todo el territorio. Luego, el programa pasó a llamarse Más Escuelas (I, II y III). Durante la vigencia de dichos programas (años 2004 a 2017), se construyeron en el país un total de 2.300 escuelas, de las cuales 71 se ubican en la provincia de San Juan. Para su implementación se conformaron unidades de coordinación donde el gobierno provincial dispuso sus propios recursos locales (Ré, 2017).

El edificio responde a la identidad funcional, morfológica y constructiva del programa. Posee una organización en "U" que contiene las áreas educativas. Las circulaciones son semicubiertas, a través de galerías, y conectan los espacios interiores de aulas con el patio cívico. El colegio cuenta con una imagen arquitectónica contemporánea; posee una superficie cubierta de 1.197 m² y una superficie útil de 1.002 m². Su materialización se compone de mampostería de ladrillo macizo con traba de 30 cm, con terminación de revoque grueso planchado y pintado. Los techos de las aulas son de losa inclinada con acabado exterior de baldosa cerámica y en el interior cielorraso a la cal. La carpintería es metálica y cuenta con parasoles al norte. La transmitancia térmica global asciende a 2,26 W/m² °C.

Las aulas están equipadas con estufas a gas de tiro balanceado, ubicadas en el lado opuesto de la galería, a una distancia de 1 m desde el piso, y dos ventiladores de pared, ambos posicionados al fondo del espacio y a una altura de 3,20 m. Al momento de la implementación de la encuesta, las ventanas se encontraban cerradas, y las estufas a gas encendidas. La temperatura interior en CPR-A2 era de 15,9 °C a las 8:25 h, mientras que en CPR-A5 era de 21,3 °C a las 9:40 h. La temperatura exterior registrada durante esos horarios era de 3,8 °C y 4,4 °C, respectivamente.

Respecto del mobiliario, los espacios de análisis poseen 10 mesas dobles (por espacio), ubicadas en tres filas a lo ancho del aula, lo que en su totalidad da una capacidad de asiento a 20 alumnos.

En el caso de ambos establecimientos educativos, el diseño tipológico de cada aula como unidad de estudio presenta diferencias y similitudes entre sí. La Tabla 2 muestra a modo comparativo las particularidades de los casos EF-A4, EF-A5, CPR-A2, CPR-A5, considerados para el análisis en este trabajo.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En adelante, se procede a analizar la satisfacción de los estudiantes respecto de las condiciones ambientales interiores, las que son estudiadas mediante encuestas perceptuales (Tabla 1) que contemplan el voto de satisfacción de variables ambientales de influencia térmica, calidad de aire y calidad lumínica (Ré, 2020). La elección de las variables se hizo con base en estudios previos

TABLA 2
Caracterización tipológica- arquitectónica de aulas estudiadas

Caracterización	EF-Aula 4	EF-Aula 5	CPR-Aula 2	CPR-Aula 5
Ventilación cruzada	No	No	Sí	Sí
Orientación de ventanas	Oeste	Norte	Norte-Sur	Norte-Sur
Superficie [m ²]	39	39,5	54,76	54,76
Volumen [m ³]	135,5	137	196	196
Superficie de aberturas [m ²]	6,50	6,50	12,50	12,50
Transmitancia Térmica [W/m ² °C)	1,40	1,40	2,26	2,26
Factor de ocupación [m2/persona]	1,5	1,5	2,5	2,5
Protección solar	Sí-Cortinas	Sí-Cortinas	Sí-Parasol metálico	No posee
Hora de la encuesta	12	11	8:25	9:40
Temperatura interior [°C]	16,2	16,8	15,9	21,3
HR interior [%]	58	54	46	40
Temperatura exterior [°C]	7,5	6,0	3,8	4,4
Climatización	Estufas a gas	Estufas a gas	Estufa a gas	Estufa a gas
Edad alumnos [años]	9	10	13	16
Promedio Met	1,92	1,86	1,67	1,28
Promedio Clo	1,37	1,35	1,31	1,44

FIGURA 9
Porcentaje de votos de sensación sobre temperatura interior en base a encuesta

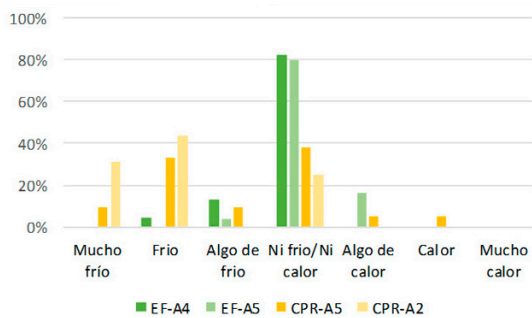
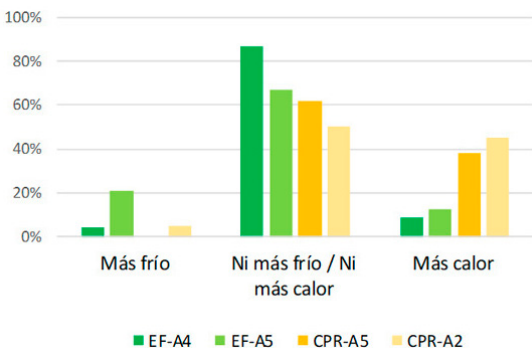


FIGURA 10
Porcentaje de votos de preferencia sobre temperatura interior en base a encuesta



realizados en otras latitudes en los ámbitos educativos (Fadeyi et. al. 2014; Kapoor et al., 2021; Ricciardi, & Buratti, 2018) para el análisis de la calidad ambiental interior.

La comparación de los datos de encuestas entre EF-A4 y EF-A5, correspondientes al caso Escuela Fonseca se muestra en tonos verdes, mientras que la comparación de resultados entre CPR-A2 y CPR-A5, del Colegio Provincial de Rivadavia es expuesta en tonos amarillos.

Satisfacción confort térmico

En esta sección se analiza el porcentaje de satisfechos en relación con el confort térmico, teniendo en cuenta la caracterización tipológica- arquitectónica de las aulas estudiadas (Tabla 2).

La Figura 9 muestra los datos obtenidos de la encuesta del voto de sensación. En principio se observa, respecto de EF que en ambas aulas el porcentaje de votos se concentra en “ni frío/ni calor”, alternativa que concentra el 80 % de las respuestas para EF-A5 y 82 % para EF-A4. Respecto de CPR, existe un importante porcentaje de usuarios que sienten “frío” y “mucho frío”. El espacio que mayor insatisfacción presenta es CPR-A2, con el 44 % que respondió “frío” y el 31 % “mucho frío”.

FIGURA 11
Porcentaje de votos de sensación sobre calidad de aire en base a encuesta

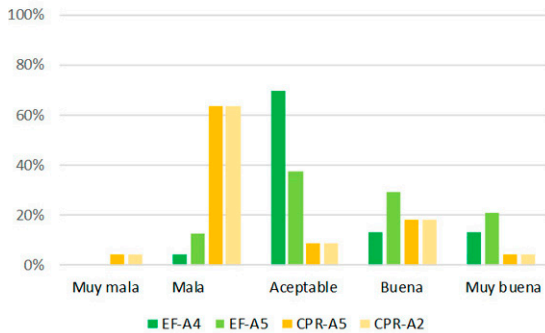


FIGURA 12
Porcentaje de votos de sensación sobre existencia de corriente de aire

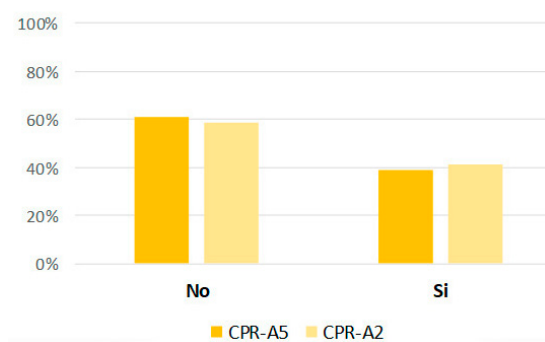
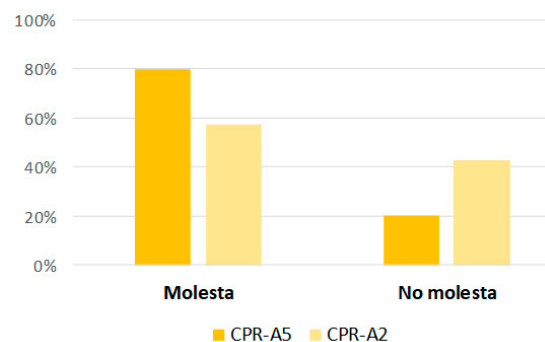


FIGURA 13
Porcentaje de votos de sensación sobre corriente de aire en CPR-A



En la Figura 10 se muestra el voto de preferencia térmica, allí se puede determinar un mayor porcentaje de disconformidad ambiental en los dos espacios de análisis de CPR, ya que el 45 % de los usuarios de CPR-A2 y el 38 % de CPR-A5 prefieren más calor en el ambiente térmico interior.

De la Tabla 2, se destaca la presencia de ventilación cruzada en CPR, mientras que en EF la ventilación se ubica solo en una orientación, distinta para ambas aulas. Además, la envolvente entre ambos edificios evidencia una importante diferencia de valores de transmitancia térmica, EF alcanza un mejor comportamiento en este sentido. En relación con el valor promedio de la actividad metabólica (met) y al aislamiento térmico de la ropa (clo) existe una variabilidad de datos solo con el espacio CPR-A5. Las temperaturas interiores rondan los 16 °C, excepto en CPR-A5, que alcanza un valor de 21,3 °C durante la implementación de la encuesta. Con base en estos parámetros, es posible inferir que la insatisfacción térmica producida por la sensación de frío en CPR se encuentra condicionada, en parte, por la materialidad de la envolvente del edificio. Es decir, que la alta transmitancia de los elementos constructivos, tanto opacos como transparentes, contribuye en este sentido. Además, la doble carpintería con baja hermeticidad, vidrio simple y marco de chapa podrían producir corrientes de aire no deseadas (norte-sur) en el espacio áulico.

Satisfacción calidad del aire

En las siguientes figuras se analiza el porcentaje de satisfechos respecto de la variable calidad de aire, teniendo en cuenta la caracterización tipológica-arquitectónica de los espacios estudiados.

En ambas aulas de EF, el voto de sensación asociada a la calidad de aire se encuentra bien calificado, ya que el mayor porcentaje de usuarios (96 % para EF-A4 y 88 % para EF-A5) la evalúa como “aceptable”, “buena” y “muy buena” (Figura 11). Respecto de CPR, los datos obtenidos poseen mayor variabilidad en comparación con EF, no obstante, los valores más altos en CPR-A5 y CPR-A2 se ubican en calidad de aire “mala” con un 64 % y 41 %, respectivamente.

Al preguntarle a los usuarios si percibían corrientes de aire, no se registraron votos afirmativos en EF, mientras que en CPR, casi el 40 % de los encuestados, en ambos espacios de estudio, expresaron sensación de corrientes de aire interior (Figura 12), lo cual derivaba en molestias para más de la mitad de los alumnos (Figura 13). Además, en concordancia con el análisis térmico, se afirma entonces que la ventilación cruzada norte-sur en las aulas CPR promueve movimiento de aire acompañado de insatisfacción térmica.

FIGURA 14
Porcentaje de votos de sensación sobre nivel lumínico en base a encuesta

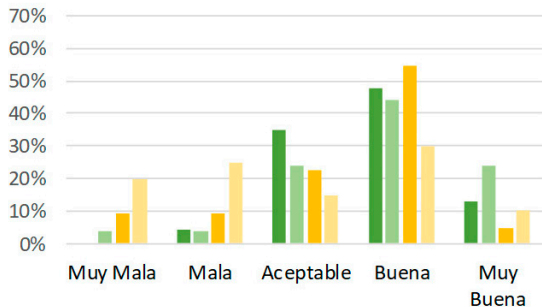
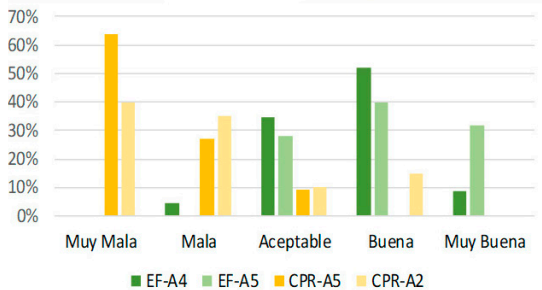


FIGURA 15
Porcentaje de votos de protección solar



Satisfacción nivel lumínico

Dos aspectos se destacan del análisis lumínico, el primero es que el trabajo de campo se realiza en horas de mañana, sobre la base de esto, las orientaciones con mayor iluminación natural corresponden al este y al norte. En esta línea se reconoce que EF-A5, CPR-A2 y CPR-A5 se encuentran expuestas a niveles lumínicos altos, ya que cuentan con ventanas en esta orientación. Además, las dos últimas aulas presentan mayor superficie vidriada que la primera. En cada aula varía el uso de elementos de protección solar (Tabla 2).

En CPR, se observa un importante porcentaje de encuestados en disconformidad lumínica, siendo CPR-A2 quien presenta mayor sensación de insatisfacción, con un 25 % para “muy mala” y 20 % para “mala”, mientras que en CPR-A5 solo el 9 % de los estudiantes la calificó de “muy mala” y 9 % “mala” (Figura 14). Esta comparación sugiere que el aula CPR-A5 se encuentra mejor calificada en términos lumínicos, producto de la presencia de “galería” al norte, como elemento de protección solar. Sin embargo, al analizar la Figura 14, los votos de insatisfacción respecto del control solar superan el 70 % de disconformidad, posicionando a CPR-A5 como el espacio de mayor deficiencia. Estos datos son el resultado de la inexistencia de elementos de protección solar en las ventanas norte y sur ubicadas al nivel de la visión humana. Asimismo, entendiendo que ambas aulas de CPR poseen ventanas en doble orientación (norte-sur), se puede pensar que existe un exceso de porcentaje de superficie vidriada, que influye en la calificación.

Respecto de los espacios de análisis de EF, se observa una variabilidad de datos concentrada en mayor medida en los votos de conformidad lumínica, el cual varía entre “aceptable”, “buena” y “muy buena” (Figura 14). Además, sobre el voto de elementos de control solar, los usuarios de ambas aulas expresaron aceptación respecto del uso de cortinas como elemento de protección (Figura 15).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la investigación se evidencia que la sensación de confort térmico en los usuarios se ve afectada por la materialidad de la envolvente del edificio, la cual involucra, por un lado, la tecnología constructiva y, por otro, las decisiones de diseño en tanto la disposición y cantidad de aventanamientos. En los espacios áulicos CPR, se registra una mayor transmitancia térmica (2,26 W/m² °C) y superficie de ventanas 12,60 m²; estas últimas dispuestas en dos cerramientos laterales opuestos. En cambio, las aulas EF poseen un valor U de 1,40 W/m² °C y un área vidriada de 6,50 m² que, al mismo tiempo, está protegida con cortinas interiores. Estos indicadores, que afectan los valores del comportamiento térmico de la envolvente, podrían estar contribuyendo en una mayor aceptación térmica del espacio áulico EF respecto de CPR.

De los resultados de la encuesta y su vinculación con las características de diseño, se reconoce que las grandes superficies vidriadas, las infiltraciones de aire a través de carpinterías y la inexistencia de cortinas son aspectos que deterioran la sensación de confort térmico entre los alumnos.

Las preguntas en cuanto a la calidad del aire sugieren que los usuarios de CPR podrían estar asociando la mala calidad de aire con la existencia de corrientes internas y no con la presencia de gases y/o material particulado. Al mismo tiempo, los resultados indican que la ventilación cruzada (norte-sur), producto del doble aventanamiento, suministra un movimiento de aire interno que produce, no solo malestar respecto de corrientes de aire, sino también en cuanto al estado térmico, asociándolo a sensaciones de frío durante época de invierno. Estos hallazgos permiten decir entonces, que las corrientes de aire durante época invernal obligan a resolver el problema de las infiltraciones con carpinterías más herméticas, al tiempo que sería necesario disminuir las superficies transparentes.

Con relación al análisis lumínico, los resultados indican que la orientación oeste, ampliamente cuestionada por su exceso de iluminación en horas de la tarde (IRAM 11603), se percibe como “aceptable” y “buena” durante la mañana. Esto se presentaría como una pauta de diseño a considerar, siempre que vaya acompañada por elementos que posibiliten el control solar durante la tarde.

CONCLUSIÓN

El estudio de casos llevado a cabo se orientó en la obtención y procesamiento de información subjetiva para valorar y analizar la calidad ambiental interior de espacios áulicos. Las opiniones de los usuarios fueron obtenidas a partir de la administración de encuestas de satisfacción. Además, se desarrolló un registro físico-constructivo de los espacios en cuestión. En el análisis, se compararon los resultados para determinar aspectos de diseño que producen insatisfacción en estudiantes de escuelas primarias y secundarias.

El presente trabajo representa una “muestra piloto” que permite identificar aspectos de diseño que van en detrimento de la satisfacción ambiental de usuarios escolares en zonas áridas durante época invernal. Los primeros resultados permiten identificar líneas de investigación posibles a seguir siendo estudiadas a fin de ampliar los conocimientos.

REFERENCIAS

- ASHRAE. (2004). *ANSI/ASHRAE Standard 55. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 55-1992*. Edición del autor.
- Boutet, M. L., Hernández, A. L. y Jacobo, G. J. (2014). Implementación de auditorías energéticas en establecimientos educativos de la Ciudad de Resistencia, Chaco. *ADNea*, (2), 153-164. <http://dx.doi.org/10.30972/adn.022298>
- Braat-Eggen, P. E., Van Heijst, A., Hornikx, M., & Kohlrausch, A. (2017). Noise disturbance in open-plan study environments: A field study on noise sources, student tasks and room acoustic parameters. *Ergonomics*, 60(9), 1297-1314. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1306631>
- Chiarello, A. L. (2015). El tipo chalet californiano en la arquitectura doméstica del noroeste argentino: Tucumán y Salta, 1930-1950. *Revista de Historia Americana y Argentina*, 50(2), 185-214. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-15492015000200007
- Fadeyi, M. O., Alkhaja, K., Sulayem, M. B., & Abu-Hijleh, B. (2014). Evaluation of indoor environmental quality conditions in elementary schools' classrooms in the United Arab Emirates. *Frontiers of Architectural Research*, 3(2), 166-177. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2014.03.001>
- Fanger, P. O. (1972). Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering. *Perspectives in Public Health* <https://doi.org/10.1177/146642407209200337>
- Giuliano Raimondi, G. y Garzón, B. S. (2020). Rediseño bioambiental y eficiencia energética de escuela rural en Villa Silipica-Santiago del Estero. *Revista Pensun*, 6(6), 189-207. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pensu/article/view/28795>
- Hviid, C. A., Pedersen, C., & Dabelsteen, K. H. (2020). A field study of the individual and combined effect of ventilation rate and lighting conditions on pupils' performance. *Building and Environment*, 171, 106608. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106608>
- International Organization for Standardization. (2004). *Ergonomics of the thermal environment — Determination of metabolic rate* (Norma num. 8996:2004). <https://www.iso.org/standard/34251.html>
- Jiang, J., Wang, D., Liu, Y., Xu, Y., & Liu, J. (2018). A study on pupils' learning performance and thermal comfort of primary schools in China. *Building and Environment*, 134, 102-113. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.036>
- Kapoor, N. R., Kumar, A., Meena, C. S., Kumar, A., Alam, T., Balam, N. B., & Ghosh, A. (2021). A systematic review on indoor environmental quality in naturally ventilated school classrooms: A way forward. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1-19. <https://doi.org/10.1155/2021/8851685>
- Karlen, M., Spangler, C., & Benya, J. R. (2017). *Lighting design basics*. John Wiley & Sons.
- Korsavi, S. S., & Montazami, A. (2020). Children's thermal comfort and adaptive behaviours; UK primary schools during non-heating and heating seasons. *Energy and Buildings*, 214, 109857. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109857>

- Korsavi, S. S., Montazami, A., & Mumovic, D. (2021). Perceived indoor air quality in naturally ventilated primary schools in the UK: Impact of environmental variables and thermal sensation. *Indoor Air*, 31(2), 480-501. <https://doi.org/10.1111/ina.12740>
- Kuchen, E. (28 de julio de 2008). *Spot-Monitoring zum thermischen Komfort in Bürogebäuden*. Tönning, Deutschland: Der Andere Verlag [Präsentation der Doktorarbeit]. Facultad de Arquitectura, Ingeniería Civil y Ciencias Ambientales de la Universidad Técnica Carolo-Wilhelmina en Braunschweig, Brunswick, Alemania.
- Minetti, J. L., Carletto, P. M. y Sierra, A. P. (1986). *El régimen de precipitaciones de San Juan y su entorno*. Centro de Investigaciones Regionales de San Juan.
- Minichilli, F., Gorini, F., Ascari, E., Bianchi, F., Coi, A., Fredianelli, L., Licitra, G., Manzoli, F., Mezzasalma, L., & Cori, L. (2018). Annoyance judgment and measurements of environmental noise: A focus on Italian secondary schools. *International journal of environmental research and public health*, 15, 208. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020208>
- Montoya, O. L. y Herrera, C. (17 y 18 de octubre de 2019). *Confort térmico: percepción, teoría y simulación en aulas naturalmente ventiladas en el trópico* [Sesión de Conferencia]. VI Congreso Latinoamericano de Simulación de edificios. International Building Performance Simulation Association, Mendoza, Argentina. <http://ibpsa.com.ar/wp-content/uploads/2019/12/actas-IBPSA-LATAM-2019.pdf>
- Montoya, O. y San Juan, G. A. (2018). Calidad ambiental de las aulas de colegios en el trópico: evaluación subjetiva y objetiva del confort térmico, visual y sonoro. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 22. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/108099>
- Naranjo, Y. A. y Kuchen, E. (2021). Indicadores para evaluar el rendimiento de usuarios de oficina en clima templado cálido. *Informes de la Construcción*, 73(564), e420-e420. <https://doi.org/10.3989/ic.83476>
- Norma IRAM 11603 (2012). *Acondicionamiento térmico de edificios*. Clasificación bioambiental de la República Argentina. https://www.enargas.gob.ar/secciones/zona-fria/mapa_bioambiental.pdf
- Pontoriero, D. (2017). Banco de datos meteorológicos, 2006 a 2015. Instituto de Energía Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan.
- Puiggros, A. (2003). *Qué pasó en la educación argentina: breve historia desde la conquista hasta el presente*. Editorial Galerna. http://lenguasvivas.org/campus/files/0_1/92536811-Adriana-Puiggros.pdf
- Pulay, A., Read, M., Tural, E., & Lee, S. (2018). Examining Student Behavior under Two Correlated Color Temperature Levels of Lighting in an Elementary School Classroom. *Educational Planning*, 23(3), 58-69. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1208410.pdf>
- Ré, M. G. (6 al 8 de septiembre de 2017). *Arquitectura escolar. Análisis del Programa Nacional 700 Escuelas en la Provincia de San Juan*. Actas del XXI Congreso ARQUISUR. Eje 1. Trabajo N.º 30, San Juan, Argentina.

Ré, M. G. (2020). *Eficiencia térmico-energética de edificios escolares en el Área Metropolitana de San Juan: propuesta metodológica de evaluación post-ocupacional* [Informe de avance, doctorado en Arquitectura]. Universidad de Mendoza.

Ricciardi, P., & Buratti, C. (2018). Environmental quality of university classrooms: Subjective and objective evaluation of the thermal, acoustic, and lighting comfort conditions. *Building and Environment*, 127, 23-36. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.030>

San Juan, G. (2014). *Aprendizaje en las escuelas del siglo XXI: Nota 5. Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares*. BID.

Vilčeková, S., Kapalo, P., Mečiarová, L., Burdová, E. K., & Imreczeová, V. (2017). Investigation of indoor environment quality in classroom-case study. *Procedia engineering*, 190, 496-503. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.369>

Wargocki, P., Porras-Salazar, J. A., Contreras-Espinoza, S., & Bahnfleth, W. (2020). The relationships between classroom air quality and children's performance in school. *Building and Environment*, 173, 106749. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106749>

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se encuentra enmarcado en el proyecto de investigación CICITCA 2020-2022, “Estructura analítica para la calificación energética y de sustentabilidad en edificios escolares existentes del Área Metropolitana de San Juan. Parte 2”. Asimismo, la información presentada forma parte de la Tesis Doctoral “Eficiencia térmico-energética de edificios escolares en el Área Metropolitana de San Juan: propuesta metodológica de evaluación

post-ocupacional” (en elaboración), del Doctorado en Arquitectura, de la Universidad de Mendoza. Se agradece, a la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan, al Instituto de doble dependencia IRPHa-UNSJ-CONICET y al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas y de Creación Artística (CICITCA) por la contribución en el financiamiento.

Recibido: 3 de marzo de 2022 / Aceptado: 17 de mayo de 2022