

# Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2020

Docencia  
Investigación  
Extensión  
Gestión



DOCENCIA  
INVESTIGACIÓN  
EXTENSIÓN  
GESTIÓN

## Comisión evaluadora

### Dirección General

Decano de la Facultad  
de Arquitectura y Urbanismo  
Dr. Arq. Miguel A. BARRETO

### Dirección Ejecutiva

Secretaria de Investigación  
Dra. Arq. Venettia ROMAGNOLI

### Comité Organizador

Herminia ALÍAS  
Andrea BENÍTEZ  
Anna LANCELLE  
Patricia MARIÑO  
Lucrecia SELUY  
Cecilia DE LUCCHI

### Asistentes - Colaboradores:

Carlos Ariel AYALA CHABAN  
César AUGUSTO

### Coordinación editorial y compilación

Secretaria de Investigación  
Dra. Arq. Venettia ROMAGNOLI

### Diseño y Diagramación

Marcelo BENÍTEZ

### Corrección de texto

Cecilia VALENZUELA

### 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>

María Teresa ALARCÓN / Jorge ALBERTO / María Teresa ALCALÁ / Gisela ÁLVAREZ Y ÁLVAREZ / Abel AMBROSETTI / Guillermo ARCE / Julio ARROYO / Teresa Laura ARTIEDA / Milena María BALBI / Indiana BASTERRA / Claudia Virginia BENEYTO / Gladys Susana BLAZICH / Bárbara Celeste BREA / Walter Fernando BRITES / César BRUSCHINI / René CANESE / Sylvina CASCO / Mónica Inés CESANA BERNASCONI / Daniel CHAO / Rubén Osvaldo CHIAPPERO / Enrique CHIAPPINI / Mauro CHIARELLA / Susana COLAZO / Mario E. DE BÓRTOLI / Patricia DELGADO / Patricia Belén DEMUTH MERCADO / Juan Carlos ETULAIN / Claudia FINKELSTEIN / María del Socorro FOIO / Pablo Martín FUSCO / Graciela Cecilia GAYETZKY de KUNA / Claudia Fernanda GÓMEZ LÓPEZ / Elcira Claudia GUILLÉN / David KULLOCK / Amalia LUCCA / Sonia Itatí MARIÑO / Fernando MARTÍNEZ NESPRAL / Aníbal Marcelo MIGNONE / María del Rosario MILLÁN / Daniela Beatriz MORENO / Martín MOTTA / Bruno NATALINI / Claudio NÚÑEZ / Patricia NÚÑEZ / Susana ODENA / Mariana OJEDA / María Mercedes ORAISÓN / Silvía ORMAECHEA / María Isabel ORTIZ / Jorge PINO BÁEZ / Nidia PIÑEYRO / Ana Rosa PRATESI / María Gabriela QUIÑÓNEZ / Liliana RAMIREZ / María Ester RESOAGLI / Laura Liliana ROSSO / Mario SABUGO / Lorena SÁNCHEZ / María del Mar SOLÍS CARNICER / Luciana SUDAR KLAPPENBACH / César VALLERJOS TRESSSENS / Luis VERA

### ISSN 1666-4035

Reservados todos los derechos. Impreso en Vía Net, Resistencia, Chaco, Argentina. Septiembre de 2017.

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.



## ESTRATEGIAS PARA EL APROVECHAMIENTO Y CONTROL DE LA LUZ SOLAR EN ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS CULTURALES Y PATRIMONIALES DE LA REGIÓN NEA

**Sofía M. BALSARI y  
María L. BOUTET**

sofiabalsari@gmail.com;  
arq.mlboutet@gmail.com

- Estudiante de la FAU-UNNE, becaria de investigación de pregrado del Programa de Estímulo a las Vocaciones Científicas (EVC) del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN).  
- Dra. Arq., docente investigadora categoría 3 (SPU) de la FAU-UNNE y del CONICET. Directora de beca de investigación EVC-CIN. Cátedra Estructuras II. Área de la Tecnología y la Producción, FAU-UNNE. PI-C001-2014 acreditado s/ Res. N.º 155/15 C. S. UNNE.

### RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos a partir del cumplimiento del plan de trabajo "Estrategias para el Aprovechamiento y Control de la Luz Solar en Espacios Arquitectónicos Culturales y Patrimoniales de la Región NEA", del Programa de Becas EVC-CIN (período 01/06/19-31/05/20). A través de este se investigó acerca de la factibilidad de uso de la luz solar como método de iluminación pasiva en los interiores de edificaciones destinadas a la función de museos o espacios expositivos en la región del NEA, con el objeto de incluir herramientas de diseño pasivo y eficiencia energética.

### PALABRAS CLAVE

Iluminación natural; museos; eficiencia energética.

### OBJETIVO E HIPÓTESIS

El **objetivo principal** de la investigación es estudiar métodos de captación y distribución de la luz natural para la optimización lumínica de espacios públicos de interés patrimonial y cultural, más específicamente casos de museos en el NEA, a fin de elaborar —para los casos seleccionados— propuestas y estrategias de diseño pasivo que pudiesen aplicarse en ellos. Se partió de la siguiente **hipótesis**: "Con la correcta implementación de estrategias pasivas de captación y distribución de la luz solar, según criterios de eficiencia energética y sustentabilidad adecuados a las condiciones climáticas de la región NEA, se alcanzarán los rangos de bienestar visual en los espacios interiores de exhibición, reduciendo a su vez el consumo eléctrico para iluminación y contribuyendo a la revitalización de las edificaciones de valor patrimonial".

### PLANTEO DEL PROBLEMA

Partiendo de la importancia que posee la iluminación en la arquitectura y teniendo en cuenta el consumo energético que representa su utilización, el aprovechamiento de la energía solar como método de iluminación en espacios interiores genera una gran oportunidad de ahorro energético. El Sol es una gran fuente de energía renovable, gratuita y eficaz (Rodríguez et al., 2017), a partir de la cual

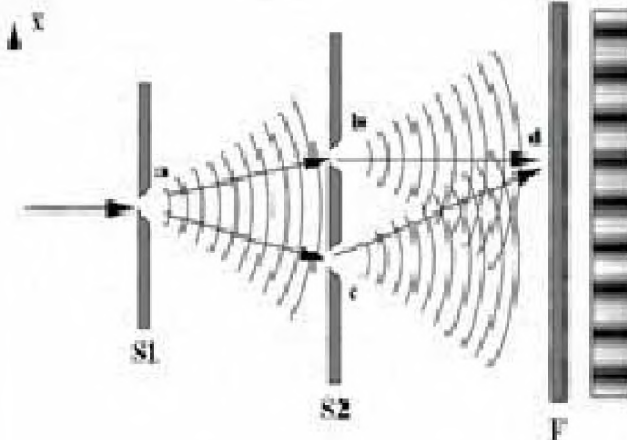
se puede obtener una iluminancia homogénea interior de alrededor de 1000 lux, además de que suministra mucha menor cantidad de calor por lumen a comparación de cualquiera de las fuentes de iluminación eléctrica (Pattini, 2006).

Sin embargo, al ser una fuente de iluminación tan intensa, es importante lograr una buena resolución tecnológica de las entradas de luz natural en los interiores de un local, para que no se produzca deslumbramiento ni tampoco exista una deficiencia lumínica. Para ello es que se recurre muchas veces a los fenómenos físicos de la luz —reflexión, refracción, dispersión, absorción, difusión, polarización, difracción e interferencia—, los cuales no solo generan un mejor

rendimiento de la iluminación natural, sino también —como sostienen Letelier et al., 2009— se utilizan como técnicas para alterar la sensación espacial (figura 1) combinando dichos fenómenos con “la luz, las texturas, el color, la proporción, la cantidad y forma de los elementos, así como la calidad de sus materiales, en su capacidad de reflexión y transparencia”.

Para alcanzar buenos resultados con el uso de la iluminación solar, se deben tener en cuenta no solo aspectos geográficos y morfológico-tecnológicos del diseño edilicio, sino también el factor humano, es decir, el tipo de control, uso e importancia que les den los usuarios a estos sistemas de iluminación pasiva.

Cada espacio y tarea en particular requiere un cierto nivel de iluminación necesario para poder desarrollar actividades asegurando comodidad, eficiencia y seguridad. Los niveles de iluminación recomendados se encuentran dentro de las normas vigentes de cada país. En el caso de Argentina, la norma vigente es la IRAM AADL J20-06, que establece valores mínimos para más de 200 actividades, clasificadas por tipo de edificio, local y tarea visual. Sin embargo, los museos y espacios de exhibición no están incluidos dentro de ella. A pesar de ello, sí existen normas internacionales que contemplan las necesidades lumínicas de este tipo de espacios: las recomendaciones elaboradas por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) N° 157-



**Figura 1.** Difracción e interferencia de la luz. Fuente de la imagen: <https://www.facebook.com/MyLifeArquitectura/photos/a.625804224162407/2086599721416176/?type=3&theater/>. Gráfico: <https://www.fisic.ch/contenidos/optica/interferencia/>

2004 y las elaboradas por la IESNA (Illumination Engineering Society of North America) 9na. edición-1993.

Los museos y espacios de exhibición de objetos culturales y patrimoniales presentan una complejidad en

cuanto al manejo de la iluminación, considerando que exigen "criterios de preservación y los requisitos visuales para una correcta percepción de los mismos" (Ajmat et al., 2016). Es por esto que cobra mucha importancia el control de la iluminación natural, ya

que los componentes de la radiación solar podrían ocasionar el deterioro y degradación de las piezas expuestas, además del hecho de que es una fuente de iluminación variante y de la cuota térmica que brinda. Aun así, existen diversos casos alrededor del mundo de espacios donde se logró aprovechar la iluminación natural para su utilización de forma que no solo pudiera aumentar la eficiencia energética de los edificios, sino también incluir una impronta arquitectónica característica. Son ejemplos de ello: **Museo del Prado**, diseñado por el arquitecto Juan de Villanueva en 1785 (figura 2); **Kimbell Art Museum** diseñado por el arquitecto Luis Kahn junto a la colaboración del ingeniero Richard Kelly en 1966 e inaugurado en 1972 (figura 3); **San Francisco Museum of Modern Art**, diseñado por el arquitecto Mario Botta en 1935 (figura 4).



**Figura 2 (arriba).** Sala Central Museo del Prado: iluminación natural cenital. Fuente: <https://www.pinterest.co.kr/pin/474918723176399706/>



**Figura 3 (izq.).** Interior del Kimbell Art Museum: iluminación cenital. Fuente: <https://www.archdaily.com/313125/prospective-photo-essay-kimbell-art-museum-modern-art-museum-of-fort-worth-amit-khanna-akda/kimbell-5>

**Figura 4 (der.).** Vista interior de una de las galerías y el detalle de la iluminación cenital. Fuente: <http://moleskinerquitectonico.blogspot.com/2007/10/mario-botta-en-san-francisco.html>



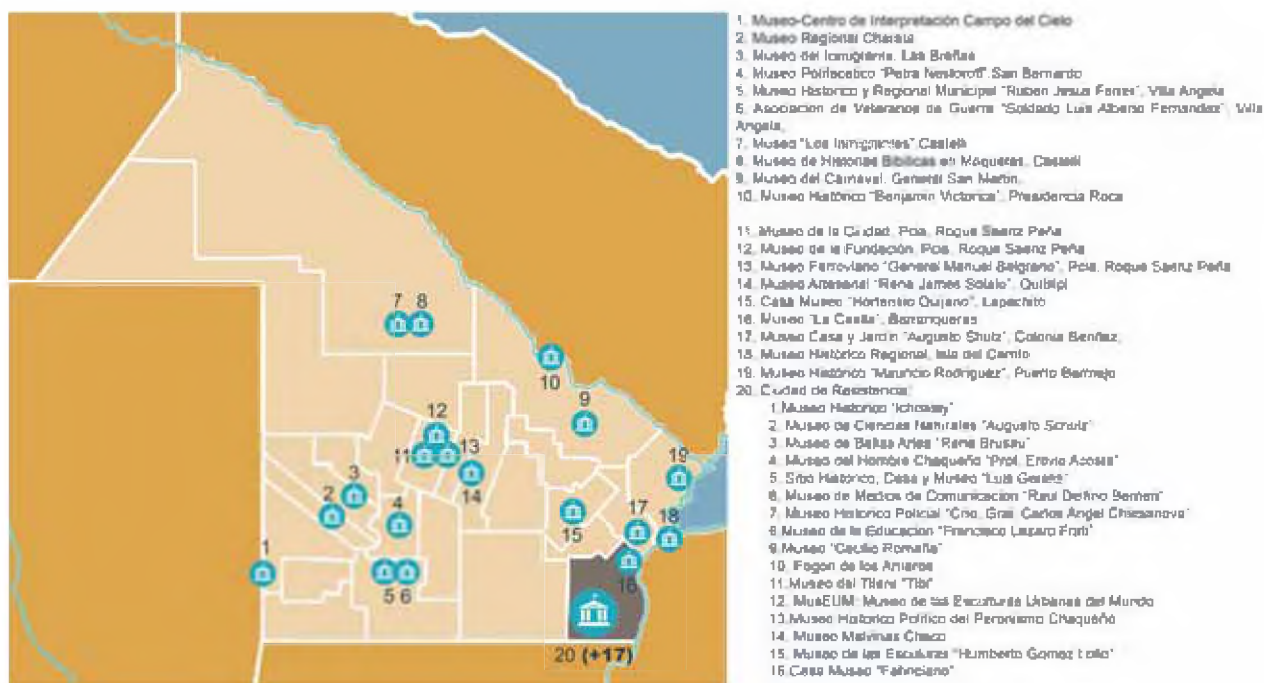


Figura 5. Museos del Chaco. Fuente: elaboración Balsari (2020)

Tomando como punto de referencia estos ejemplos, y a través de toda la labor de investigación desarrollada, se analizaron dos problemáticas actuales: la falta de aprovechamiento y el deficiente control de la luz en los espacios arquitectónicos culturales y patrimoniales de la Región Nordeste Argentina (NEA), siendo la luz natural un recurso que puede ser muy bien aprovechado, por el número de horas de sol (heliofanía) con que se cuen-

ta. Ambas problemáticas inciden de manera significativa en el consumo energético y en el gasto económico que representa el acondicionamiento de espacios interiores. Se consideró la importancia que tiene la calidad de la iluminación diurna para desarrollar una determinada tarea visual, estudiando estrategias que permitan aprovechar la luz solar y generar un impacto positivo en el ahorro energético en dichos espacios arquitectónicos. De este modo, como afirman Letelier et al. (2008), se alcanza a revitalizar sin destruir, y con alternativas que favorecen la puesta en valor de estos espacios, con bajo costo económico y energético. A través de dichos estudios, se contribuyó concretamente con la proposición de

pautas de diseño tecnológico-constructivo orientadas a la rehabilitación energética de las edificaciones del NEA, objetivo principal del proyecto de investigación<sup>1</sup> en el que se inscribe el presente plan de trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Partiendo de un amplio universo de estudio en la Región Nordeste Argentina (NEA) —que incluye a las provincias de Formosa, Chaco, Corrientes y Misiones—, zona que se destaca por su gran abanico de turismo y por el gran paquete cultural, de mucho valor e historia, la investigación se focalizó en la provincia del Chaco, que pertenece a la zona bioambiental Ib "Muy cálida-húmeda", según

1. PI-C001-2014 acreditado s/ Resolución N.º 155/15 C. S. UNNE: "Rehabilitación Higrotérmico-Energética de Edificios del NEA: Evaluación, Diagnóstico, Desarrollo de Soluciones Técnico-Constructivas y Valoración Costo-Beneficio. Calificación Energética de la Edificación", bajo la dirección del MSc. Arq. Guillermo José Jacobo.



**Figura 6.** Museos de la ciudad de Resistencia. Fuente: elaboración Balsari (2020)

las normas del Instituto Nacional de Normalización y Certificación (IRAM 11603, 2011). Si bien sus características climáticas conducen a que, en la mayoría de los casos, las soluciones tecnológicas aplicadas en el diseño de espacios intenten evitar al máximo la exposición solar y el ingreso de iluminación natural, por otro lado, se comprobó a través de esta investigación que existen distintos tipos de captación de luz solar que podrían ser aplicados en espacios patrimoniales y que no necesariamente traerán consigo un aumento de radiación solar y temperatura en los interiores.

En cuanto a lo que museos y espacios expositivos se refiere, el Chaco es la provincia que cuenta con la mayor cantidad de museos relevados: actualmente posee 36 museos de dis-

tintos contenidos y estilos (figura 5); le siguen la provincia de Corrientes con 14, Misiones con 12 y por último la provincia de Formosa con 6.

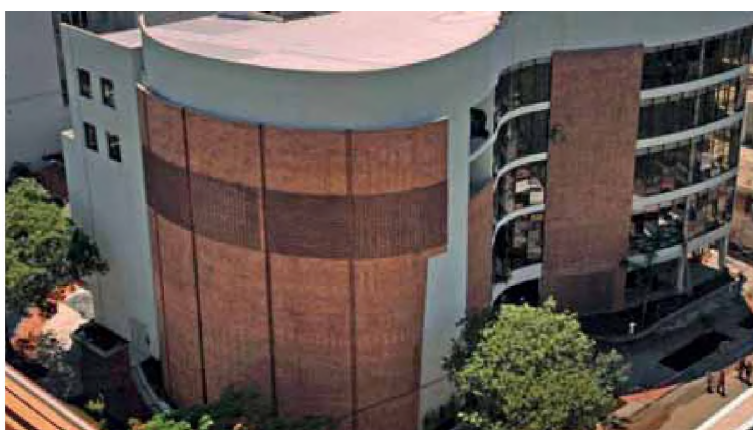
Dentro de la provincia del Chaco, la ciudad de Resistencia posee dieciséis de los treinta y seis espacios de exposición (figura 6), entre ellos seis museos pertenecientes al Instituto de Cultura del Chaco, dos museos pertenecientes al ente gubernamental de la provincia, dos museos universitarios y siete museos privados, lo que la convierte en la ciudad que posee mayor número de museos en comparación con las otras ciudades de la provincia.

Para lograr entonces un acercamiento a los museos y espacios exhibitorios de la provincia del Chaco, se

definió una metodología de análisis cuali-cuantitativo, utilizando fuentes secundarias (registros bibliográficos y documentación técnica) y fuentes primarias mediante observación directa en casos seleccionados y entrevistas no estructuradas. Se obtuvo así un diagnóstico general y pormenorizado de los casos de estudio. Para dicho análisis y diagnóstico se tomó como base bibliográfica la obra escrita por el Lic. Fabio Echarri y el arquitecto Martín Iturrioz *Museos del Chaco*, de modo de determinar y cuantificar cuáles son las problemáticas que se presentan a nivel general. Se realizaron visitas a los establecimientos, de los cuales se obtuvo información, efectuando relevamientos físico-sensibles y registros fotográficos que fueron utilizados luego para el análisis y diagnóstico. Se gestionó oficialmente



**Figura 7.** Ubicación en la ciudad del Museo Provincial de Bellas Artes. Fuente: elaboración Balsari (2020)



**Figura 8.** Imagen aérea del edificio donde se aprecian sus fachadas. Fuente: [http://www.eschaco.com/vernota.asp?id\\_noticia=19121](http://www.eschaco.com/vernota.asp?id_noticia=19121)

la documentación técnica necesaria de los casos seleccionados y se realizaron entrevistas a las autoridades correspondientes.

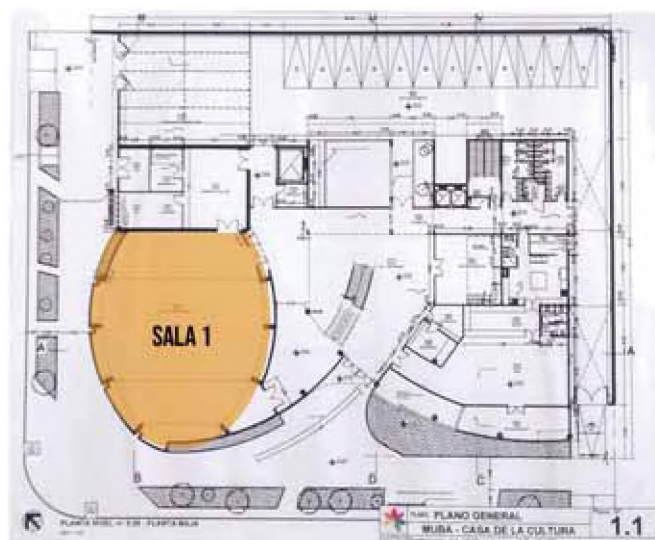
Sobre la base del estudio general anteriormente mencionado, fueron

seleccionados tres casos de espacios expositivos como modelos de análisis, los cuales se encuentran localizados en la ciudad de Resistencia (figuras 7 a 17), de modo de lograr resultados más próximos a la realidad, que se exponen a continuación.

#### • Caso de estudio N.º 1

Museo Provincial de Bellas Artes René Brusau, MUBA.

Ubicación: Marcelo T. de Alvear 90 (Casa de las Culturas). Sector: público-privado



**Figura 9.** Plantas del edificio donde se aprecian sus espacios de exposición. Fuente: elaboración Balsari (2020) sobre trabajo académico de FAU-UNNE

• **Caso de estudio N.º 2**

Museo de Medios de Comunicación  
Raúl Delfino Berneri.

Ubicación: Pellegrini 213. Sector:  
público-provincial



**Figura 10.** Ubicación en la ciudad del Museo de Medios de Comunicación Raúl Delfino Berneri.  
Fuente: elaboración Balsari (2020)



**Figura 11.** Foto antigua de la fachada cuando funcionaba el ex- Diario El Territorio. Fuente: <http://museo-demedioschaco.blogspot.com/p/historia.html>



**Figura 12.** Fachada actual Museo de Medios de Comunicación. Fuente: imagen extraída de Google Maps



**Figura 13.** Salas de exposición. 1. Sala central: muestras itinerantes y temporales. 2. Sala complementaria: muestra permanente. 3. Sala rotativa: muestra permanente. 4. Sala de fundición. 5. Sala M.M.C.R: muestra permanente. 6. Sala M.M.C.T.: muestra permanente. Fuente: elaboración Balsari (2020)

• **Caso de estudio N.º 3**

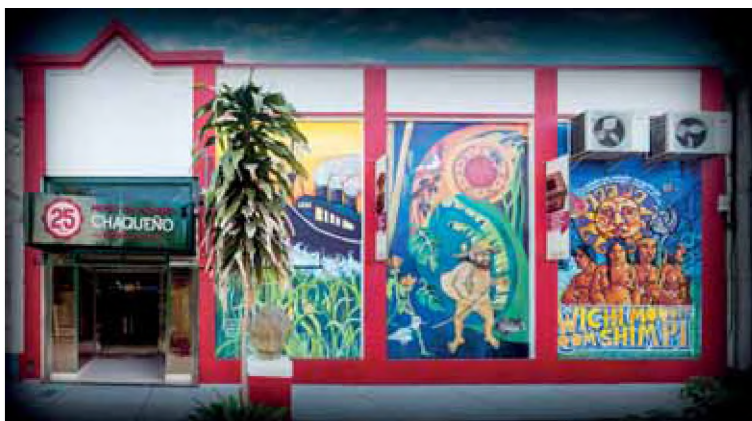
Museo del Hombre Chaqueño Prof. Ertivio Acosta.

Ubicación: Juan B. Justo 280. Sector: público



**Figura 16.** Imagen sala de muestras permanentes. Colección etnográfica. Fuente: registro fotográfico Balsari (2019)

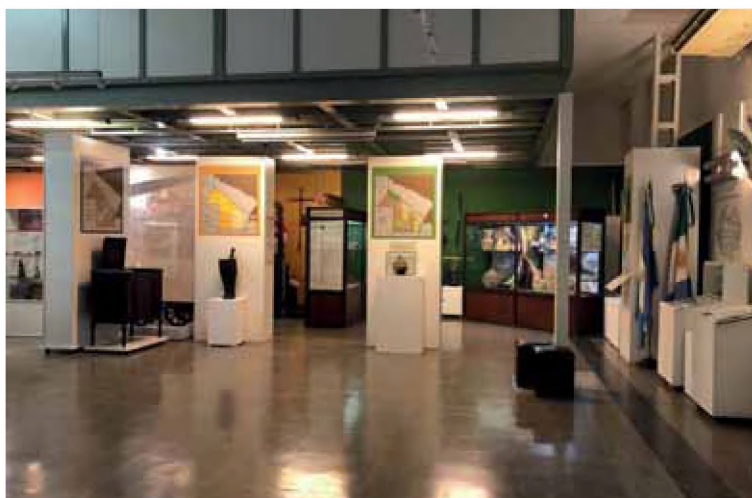
**Figura 17.** Imagen sala de muestras temporarias. Fuente: registro fotográfico Balsari (2019)



**Figura 14.** Fachada actual del Museo.  
Fuente: <https://www.diariotag.com/noticias/show/horario-de-verano-en-el-museo-del-hombre-chaqueño>



**Figura 15.** Ubicación en la ciudad del Museo del Hombre Chaqueño Prof. Ertivio Acosta.  
Fuente: elaboración Balsari (2020)



Para el análisis específico de los casos de estudio, se definieron distintos aspectos de interés (variables) para estudiar a nivel general en los museos del Chaco: tipología edilicia, estado actual, sector al que pertenecen (público / privado), orientación e iluminación —natural y artificial—, y a nivel particular en las unidades de análisis seleccionadas de la ciudad de Resistencia, como por ejemplo: nivel de asoleamiento según su emplazamiento urbano y características del entorno; características tecnológicas-constructivas; dispositivos de protección solar, así como también otras variables obtenidas de referencias bibliográficas, tales como porcentajes de ventilación natural, proporciones de vanos en relación con el área de fachada y de piso de las salas de exhibición según el Reglamento de Construcciones de Resistencia y características de la iluminación natural según el tipo de materiales expuestos en cada museo y su sensibilidad a la radiación solar, obtenidos de Pérez Zamora et al. (2013).

En la sistematización de la información recabada se emplearon planillas de Excel donde fueron cargados los datos obtenidos y analizados conformando una Base de Datos General de los 36 Museos del Chaco y fichas detalladas<sup>2</sup> de dos unidades de análisis seleccionadas de la ciudad de Resistencia, de las cuales se obtuvo la documentación técnica (casos N.º 1 y 2).

2. Realizadas sobre la base del Banco de Datos Técnicos, capítulo 3 de Boutet (2017).

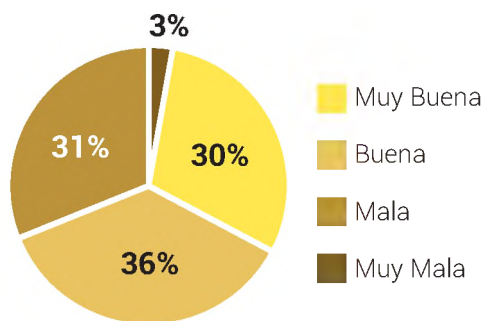
## RESULTADOS OBTENIDOS

En cuanto al análisis y relevamiento situacional y general de los museos y espacios expositivos pertenecientes a la provincia del Chaco, se logró identificar que la principal problemática detectada es el desaprovechamiento del emplazamiento y la orientación solar. Si analizamos la información referida a la orientación solar (figura 15), podremos ver que el 30 % de los casos posee una orientación "muy buena" y el 36 % de los casos, "buena", lo que totaliza

un 66 % en adecuadas condiciones de emplazamiento. Sin embargo —y en contraposición a esto—, el rendimiento de la iluminación natural (figura 16) en el interior de los edificios nos muestra que el 47 % de los casos posee un aprovechamiento de la luz natural "regular" y el 34 %, "regular/malo", lo que da un total de 81 % de casos con deficiente nivel de aprovechamiento. En consecuencia, a pesar poseer un emplazamiento con orientación favorable, la iluminación natural no es aprovechada eficientemente en la mayoría de los casos.

### Gráfico orientación solar

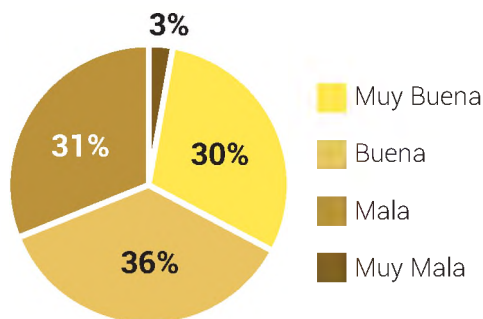
Anexo 1 "Comparación museos del NEA"



**Figura 18.** Calificación de la orientación solar. Fuente: elaboración Balsari (2020)

### Gráfico orientación solar

Anexo 1 "Comparación museos del NEA"



**Figura 19.** Calificación de la iluminación natural. Fuente: elaboración Balsari (2020)

Por otro lado, en cuanto a los datos de aprovechamiento de la iluminación natural, se observa que en la mayoría de los casos calificados como "regular" o "regular/mala" esto se debe a las siguientes problemáticas:

- Falta de aventanamientos: tanto ventanas como puertas-ventanas no son suficientes para iluminar los espacios.
- Exceso de aventanamientos: estos no poseen los dispositivos correspondientes de control solar, lo que muchas veces produce deslumbramientos al mismo tiempo que los rayos solares impactan directamente

sobre los objetos expuestos y generan efectos nocivos.

- Aventanamientos bloqueados: en muchos de los casos, los edificios no fueron pensados como museos o espacios de exhibición, sino más bien son edificaciones que fueron reacondicionadas para cumplir dichas funciones. Debido a esto, y con el objeto de maximizar espacios, los aventanamientos quedan en varias ocasiones bloqueados por los mismos objetos expuestos, vitrinas o cartelerías. En otros casos, los aventanamientos se encuentran bloquea-

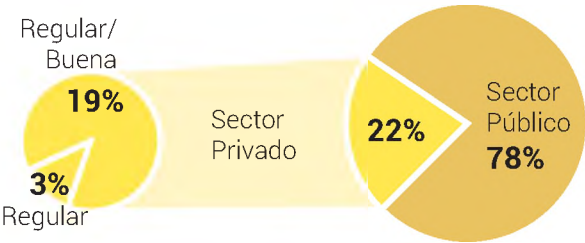
dos por los mismos dispositivos de control solar que poseen (persianas o postigos) y no son abiertos debido a la falta de personal capacitado y de mantenimiento.

Otra de las problemáticas detectadas se encuentra referida al sector al que pertenecen y del cual dependen los museos: entidades públicas o privadas. El 22 % de los museos pertenecen al sector privado, y el 78 %, al sector público. Este dato no es menor, ya que el mantenimiento del edificio, las colecciones, el número de trabajadores y las capacitaciones del personal, entre muchos otros aspectos más, se ven afectados para bien o para mal dependiendo de la cantidad de recursos que le sean destinados desde las entidades a las que se subordinan.

Para corroborar esta situación, se la analizó desde el punto de vista de la iluminación artificial, que es un componente que se relaciona con el mantenimiento edilicio, y se observó que las calificaciones en cuanto al rendimiento lumínico de los museos pertenecientes al sector privado (figura 20) se encuentran entre "regular" (3 %) y "regular/buena" (19 %), mientras que las calificaciones en cuanto al rendimiento lumínico de los museos pertenecientes al sector público (figura 21) en su mayoría se califican con "regular/mala" (42 %) y solo un porcentaje menor califica como "regular/buena" (36 %). De este modo se pudo ver que los museos o espacios de exhibición que pertenecen al sector privado poseen mejor nivel de

### Museos del Chaco

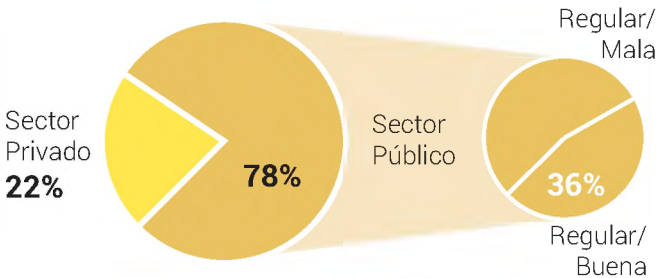
#### Rendimiento lumínico artificial



**Figura 20.** Calificación del rendimiento lumínico artificial: espacios que pertenecen al sector privado. Fuente: elaboración Balsari (2020)

### Museos del Chaco

#### Rendimiento lumínico artificial



**Figura 21.** Calificación del rendimiento lumínico artificial: espacios que pertenecen al sector público. Fuente: elaboración Balsari (2020).



rendimiento lumínico artificial que los pertenecientes al sector público, y esto se debe a que el sector privado invierte más en el mantenimiento y conservación de los edificios que el público.

Respecto de los tres casos seleccionados para realizar el análisis más específico, una vez obtenidos los resultados acerca de las problemáticas particulares de cada uno y el potencial que ofrecían, se logró elaborar distintas propuestas y recomendaciones estratégicas para el aprovechamiento de la iluminación natural. Entre las soluciones tecnológicas propuestas se destacaron los siguientes sistemas de captación solar:

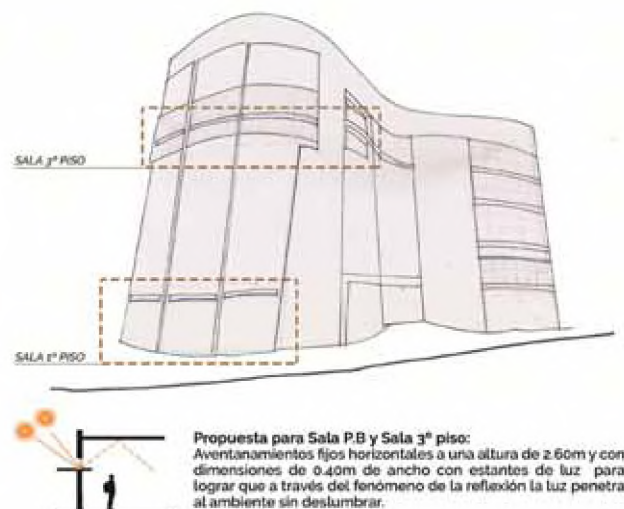
**- Estantes de luz:** son elementos superficiales que ayudan a mejorar la distribución de la luz en el interior del local. Se colocan en las ventanas y en una altura que deberá ser por encima del nivel de los ojos, ya que de estar por debajo de ese nivel provocaría un deslumbramiento directo. En algunos casos se los puede direccionar inclinandolos según el ángulo de incidencia solar. Es un sistema muy eficaz, ya que no solo mejora la iluminación interior haciéndola más uniforme, sino que también protege las zonas más cercanas a las aberturas de la radiación solar directa.

En las figuras 22 y 23 se muestran las propuestas realizadas para el MUBA, cuyas problemáticas son en la sala de planta baja y sala del tercer piso la inconveniente ubicación del ingreso

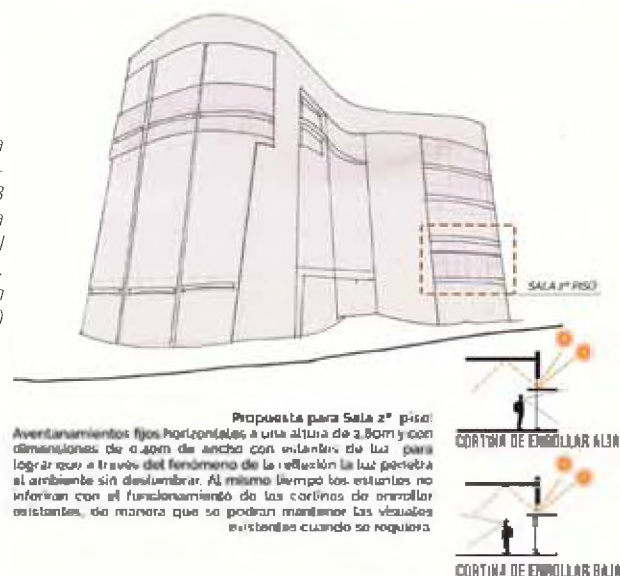
de luz natural y en la sala del segundo piso el exceso de aventanamientos. Se propuso este sistema como solución para ambos casos por el gran porcentaje de factibilidad para concretarlo que presenta, y debido a que las salas de exposición del edificio no permiten soluciones de ingreso de luz natural del tipo cenital.

**- Lucernarios:** se trata de un sistema de iluminación indirecta que se basa en el principio físico de la difusión de los rayos solares. La luz penetraría por los lucernarios y luego al atravesar una superficie con vidrio de tipo esmerilado se distribuiría de manera uniforme en todo el espacio.

**Figura 22.** Esquema de estrategia propuesta para las salas 1 y 2 MUBA: perspectiva de fachada con el sistema propuesto.  
Fuente: elaboración Balsari (2020).



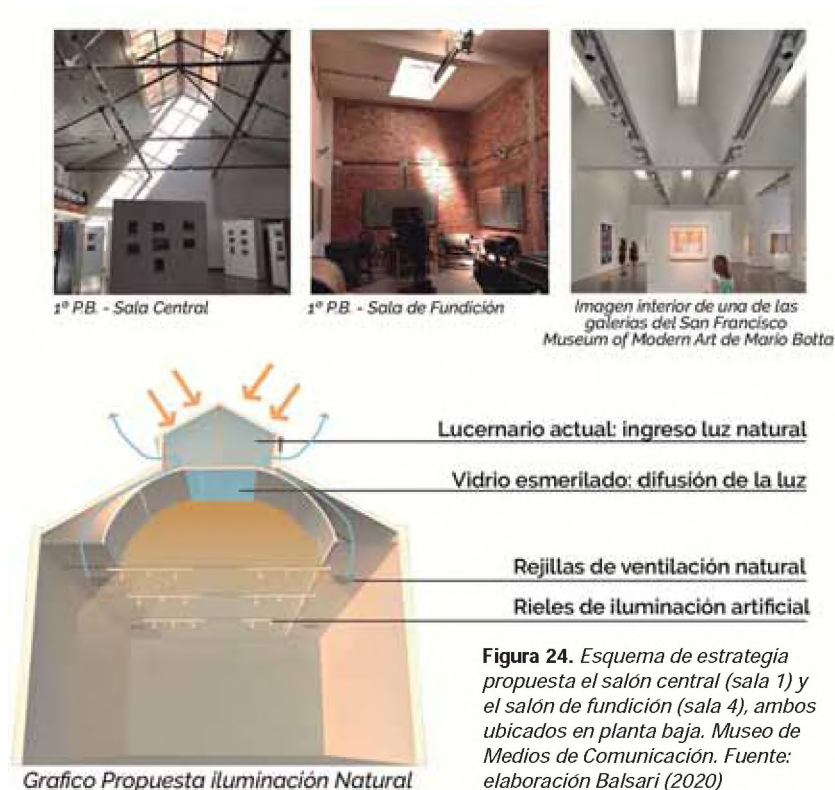
**Figura 23.** Esquema de estrategia propuesta para la sala 3 MUBA: perspectiva de fachada con el sistema propuesto.  
Fuente: elaboración Balsari (2020)



La figura 24 muestra la solución tecnológica propuesta para potenciar y mejorar los ingresos de iluminación natural existentes actualmente en el edificio. Proveen no solo un exceso de iluminación que causa una sensación de deslumbramiento, sino también un gran aumento térmico en el interior de los espacios causado por altas temperaturas los días de mucha radiación solar.

El planteo entonces consistiría en un cielorraso abovedado de placas de yeso, el cual, en su parte media, tendría una superficie vidriada esmerilada que distribuiría toda la luz que ingresa por el actual lucernario que posee. De este modo, se lograría una iluminación pareja en todo el salón. Las actuales cabreadas metálicas que se encuentran a la vista se ocultarían también con placas de yeso, para generar así una especie de "costillas" sobre las cuales se colocarían luego nuevos rieles de iluminación redirigible. A su vez, sobre el cielorraso en las partes laterales del salón se podrían colocar nuevas rejillas de ventilación. Esta propuesta encuentra su inspiración en la resolución planteada en el sistema de iluminación utilizado por Mario Botta en el San Francisco Museum of Modern Art, que se analizó previamente.

- **Redireccionadores de luz:** el sistema se basa en los principios físicos de reflexión y difusión de la luz, y se compone por unas láminas de aluminio curvadas que recolectan la iluminación natural proveniente de lucernarios ubicados en la parte supe-



**Figura 24.** Esquema de estrategia propuesta el salón central (sala 1) y el salón de fundición (sala 4), ambos ubicados en planta baja. Museo de Medios de Comunicación. Fuente: elaboración Balsari (2020)

rior de las edificaciones, y mediante la curvatura de la lámina se redireccionarían los rayos de luz hacia la parte superior e interior de los locales. De esta forma se aprovecharía la luz de una manera más favorable.

Esta propuesta se inspira en el dispositivo de iluminación utilizado en el Kimbell Art Museum, edificación analizada como ejemplo en la primera parte de la investigación. En la figura 25 se observa no solo el sistema de redireccionadores de luz, sino el funcionamiento integral del sistema propuesto de iluminación para las salas 6, 5 y 3. La sala 6, ubicada en la tercera planta, también posee un

sistema de lucernarios similares a los existentes en la sala 1, anteriormente expuesta; sin embargo, la solución planteada para la sala 1 no era viable de replicar en la sala 6, debido a que la altura que posee no lo permitía. Por tanto, se optó por proponer simplemente un esmerilado en los vidrios de los lucernarios existentes para lograr una mejor distribución de la luz, que luego llegaría a los redireccionadores de luz ubicados en los pisos inferiores.

- **Lumiductos:** son sistemas de conducción vertical de iluminación solar que utilizan el principio físico de la reflexión, y son una excelente



2º PISO - Sala M.M.C.R.

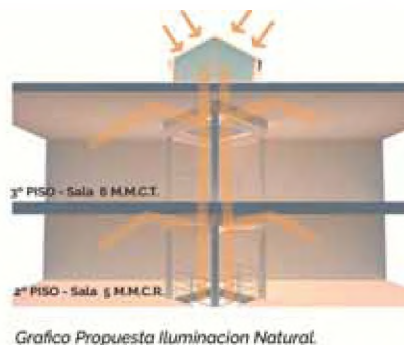
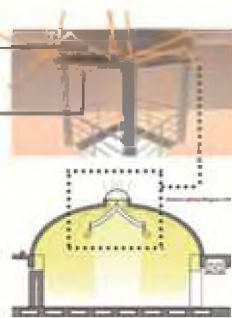


Gráfico Propuesta Iluminación Natural.

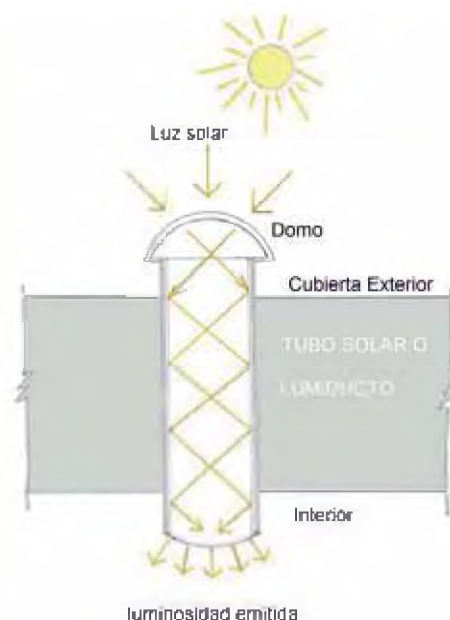
#### Iluminación natural que proviene de Sala 6

Láminas curvadas que recolectan iluminación y la distribuyen al interior de las salas inferiores.



Gráfica del sistema de iluminación natural dentro del Kimbell Art Museum y su aplicación al caso de estudio

**Figura 25.** Esquema de estrategia propuesta para iluminación en sala 6 (3<sup>er</sup> piso), salas 5 (2.º piso) y 3 (planta baja). Museo de Medios de Comunicación. Fuente: elaboración Balsari (2020)

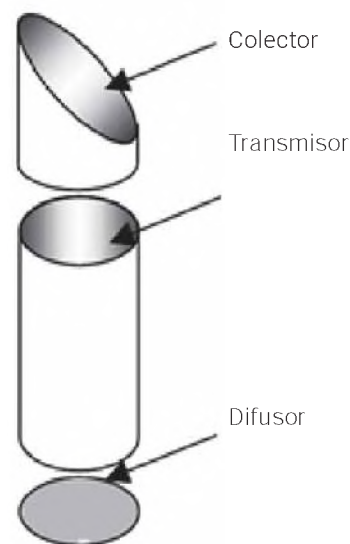


**Figura 26.** Esquema de lumiductos para una posible propuesta de iluminación natural indirecta. Fuente: <https://www.construmatica.com/construpedia/Archivo:Lumiducto-1.jpg>

solución para los edificios antiguos que requieran una rehabilitación lumínica y que no poseen acceso directo al exterior (Wolf Cecchi, 2014) (figuras 23 y 24). El sistema cuenta con tres componentes: un colector que capta la luz, un transmisor o tubo que en su interior tendrá características reflectantes y un difusor que será el que distribuirá la luz directamente en el interior.

En el caso de estudio N.º 3, el Museo del Hombre Chaqueño, suponiendo que la estructura del techo del salón central lo permitiese (dado que no se consiguió la documentación técnica solicitada para verificarlo), este sistema de iluminación natural podría ser una excelente propuesta para

solucionar la problemática de falta de aberturas al exterior, en algunas de las salas del edificio. Este sistema no sería factible, por ejemplo, en la Sala de Muestras Permanentes, ya que para el funcionamiento del lumiducto se necesita tener acceso directo al techo, y en el caso de esta su techo y cielorraso forman parte del entrepiso donde se encuentra otra sala, es decir, solo accede a otro interior y no al exterior como se requiere. Los lumiductos entonces sí podrían ser utilizados en las siguientes salas: Sala de Muestras Temporarias, Sala de Biblioteca y Archivo, Sala de Platería y Sala de Mitología Guaranítica. En esta última se podría combinar con la escenografía y el diseño de iluminación existente.



**Figura 27.** Composición de lumiductos. Fuente: diseño de lumiductos de bajo costo para vivienda bioclimática unifamiliar. Pattini, Mitchell, Ferrón (2003)

## CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

En líneas generales, se comprobó a través de los resultados obtenidos en la investigación que si se tienen en cuenta las características de asoleamiento que posee el territorio y los sistemas de iluminación solar pasiva disponibles, existe una buena oportunidad de implementación de luz natural en las edificaciones, que no es aprovechada en su totalidad debido a su falta de consideración en la etapa de diseño conceptual. Asimismo, se verificó a través del diagnóstico general de los museos de la provincia que la mayoría de los casos tiene una orientación solar y emplazamiento favorecedores, y dicho aspecto no logra ser bien explotado en el interior por causales referidas al diseño de la edificación: falta o exceso de aventanamientos, ausencia de dispositivos de control solar, bloqueo de los aventanamientos en aquellos edificios reacondicionados que no fueron pensados como museos o espacios de exhibición, ya sea por la inadecuada disposición del equipamiento a fin de maximizar espacios o por el inadecuado uso de los dispositivos de control solar (persianas o postigos), que no son abiertos debido a la falta de mantenimiento y de personal capacitado. Si esa característica se aprovechara más, el rendimiento lumínico interior natural aumentaría de manera considerable.

Respecto de la verificación de la hipótesis planteada, se la confirma

parcialmente: si bien es posible implementar estrategias pasivas de captación y distribución de la luz solar en los espacios interiores de edificaciones como museos o espacios de exhibición, no se confirma que se alcancen los rangos de bienestar visual requeridos, ya que la iluminación solar solo podría ser aplicada como iluminación general del espacio y no se descubrieron métodos de iluminación natural que puedan suplantar a la iluminación puntual artificial que requieren dichos espacios. A su vez, se comprueba que la iluminación natural podría generar daños debidos a la radiación solar sobre algunas de las piezas expuestas —dependiendo de la composición y material de estas—.

Por otra parte, para la ejecución de dichas soluciones y su óptimo funcionamiento, deben ir de la mano del diseño interior museográfico, lo que implica un trabajo interdisciplinario. También es necesario tener en cuenta que, como toda solución de rehabilitación, dichas estrategias requerirían refacciones y remodelaciones en los espacios, con una importante inversión económica, que puede resultar inaccesible en las instituciones del sector público especialmente.

El trabajo realizado constituye un aporte valioso al conocimiento, dado que el acondicionamiento lumínico en los espacios culturales y patrimoniales adquiere una importancia fundamental, sumado a que dichos espacios generan excelentes oportunidades para la

aplicación de nuevas tecnologías y estrategias bioclimáticas, ya que, si bien poseen ciertos requerimientos específicos, también proveen una gran libertad a la hora del diseño, que puede ser muy bien aprovechada para generar cambios tanto en cuanto a eficiencia energética se refiere como así también darles la posibilidad a estos espacios de que, a través del diseño pasivo, vuelvan a recobrar la vida y la visibilidad que se merecen.

## REFERENCIAS

- AJMAT, Raúl Fernando; SANDOVAL, José; LOMBANA, Santiago & BAZÁN, Natalia** (2016). *La Luz en los museos: calidad ambiental y satisfacción. Objetos y visitante*. XIII Congreso Panamericano de Iluminación LUXAMÉRICA 2016, La Serena, Chile.
- BALSARI, Sofía Mariel** (2020). Estrategias para el aprovechamiento y control de la luz solar en espacios arquitectónicos culturales y patrimoniales de la Región N.E.A. Beca Pregrado EVC – CIN Otorgada s/ Res. P. N° 403/18. Directora: Dra. Arq. Boutet, María Laura.
- BOUTET, María Laura** (2017). Acondicionamiento higrotérmico-lumínico de edificios escolares en zonas urbanas de la región NEA. Auditorías energéticas y propuestas de mejoras mediante diseño solar pasivo. Tesis Doctoral. Director: Hernández A.L. Codirector: Jacobo G. J. Texto impreso, primera edición. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta.



**CIE.** Commission Internationale de L'Éclairage (2004a). *Control of damage to museum object by optical radiation*. Commission Internationale de L'Éclairage. Paris. p. 30.

**IESNA** (2000). *Lighting Handbook* (9th Edition).

**IRAM-AADL J** (2006). Luminotecnia.

**IRAM 11603:2011.** Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

**ECHARRI, F. & ITURRIOZ, M.** (2018). *Museos del Chaco*. Resistencia: Editorial ConTexto.

**LETELIER, Sofía; WOLFF, Cecilia & FUENTES, Amanda** (2008). Ingenios de Luz Natural para una Arquitectura Patrimonial Sustentable. *Sustainable City and Creativity: Daylight Devices for a Sustainable Heritage Architecture*. Naples, Florida, EE. UU. Septiembre, 24-26/08.

**PATTINI, A.; MITCHELL, J. & FERRÓN, L.** (2003). Diseño de luminoductos de bajo costo para vivienda bioclimática unifamiliar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*. Volumen 07. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/80788>

**PATTINI, A.** (2006). Luz Natural e Iluminación para Interiores. (pág. 12 y 13). *Manual de Iluminación Eficiente - Seminario de Iluminación Eficiente*. Universidad Tecnológica Nacional y Eli Argentina.

**RODRÍGUEZ, R. et al.** (2017). Ergonomía Verde: Factores humanos en la iluminación natural sustentable. *Luz 2017 - XIII Jornadas Argentinas de*

*Luminotecnia*. San Rafael, Mendoza.

**PÉREZ ZAMORA, M.; AJMAT, R. & SANDOVAL, J.** (2013). *Simulación en Museos: Condiciones de Exhibición Versus Conservación*.

**WOLF CECCHI, Cecilia** (2014). *Estrategias, Sistemas y Tecnologías Para el Uso de la Luz Natural y su Aplicación en la Rehabilitación de Edificios Históricos*. (Tesis Doctoral). ■

