

## ILUMINACIÓN DE OBRAS DE ARTE ICONO DE LA "VIRGEN DE LA ROSA"

**IXTAINA, Pablo; PRESSO, Matías; BAZALAR VIDAL, Pedro**  
*Laboratorio de Acústica y Luminotecnia Comisión de Investigaciones  
Científicas de la Provincia de Buenos Aires.  
pixtaina@yahoo.com*

### RESUMEN

La iluminación de bienes y patrimonios culturales plantea una situación de compromiso entre las necesidades de exhibición y las de conservación. El sistema de alumbrado debe conjugar cualidades perceptivas (visión de detalle, correcta apreciación del color, destaque de la obra) y un mínimo nivel de daño. En el presente trabajo se detalla el estudio de la iluminación artificial a la que se encuentra sometido un ícono bizantino, "Virgen de la Rosa" originario de Constantinopla y datado en el siglo XV, que se expone en la Iglesia de San Francisco (calle 12 entre 68 y 69 - La Plata). El sistema de iluminación actual está formado por una combinación de lámparas incandescentes reflectoras y lámparas fluorescentes. Tomando como referencia las recomendaciones de la Comisión Internacional de Alumbrado CIE, se realizaron mediciones de niveles de iluminancia, luminancia y color en el área de exposición. Se detectaron niveles de iluminancias mayores a los permitidos, junto con presencia de radiación UV potencialmente dañina para los barnices de la obra. El trabajo concluye con recomendaciones para un nuevo sistema de iluminación basado en fuentes LEDs, que disminuirían notablemente el nivel de agresión, mejorando las características estéticas del conjunto

### 1. INTRODUCCIÓN

En términos generales, las fuentes de luz utilizadas para iluminar emiten radiaciones visibles y no visibles, que inciden sobre el objeto y son parcialmente absorbidas por él. Esta radiación genera en mayor o menor medida alteraciones en la pieza, por lo que debe ser correctamente evaluada a fin de lograr las condiciones apropiadas de iluminación y conservación.

La longitud de onda ( $\lambda$ , [nm]) y la intensidad de la radiación resultan determinantes en la evaluación del posible daño o alteración que se producirá a la pieza a iluminar. Con respecto al primer punto, la tabla 1 muestra una clasificación espectral de las regiones usualmente presentes en las fuentes luminosas que se emplean en iluminación general [1].

**Tabla 1.** Clasificación espectral de emisiones

Tipo de radiación	Rango en longitudes de onda (nm)	
UV (Ultravioleta)	310-400 nm (no visible)	
VIS (Visible)	380-780 nm	Azul: 380 a 500 nm
		Verde: 505 a 575 nm
		Rojo: 580 a 775 nm
IR (Infra rojo)	780-1100 nm (no visible)	

La radiación, cualquiera sea su tipo, es causal de alteraciones superficiales o volumétricas (decoloración, agrietamiento, cuarteamiento, etc.) dependiendo de los materiales involucrados. A medida que la longitud de onda es menor, puede considerarse a la emisión como potencialmente más dañina. Es decir, la radiación UV es más perjudicial que la VIS y ésta a su vez que la IR.

## 2. SENSIBILIDAD DE LOS MATERIALES

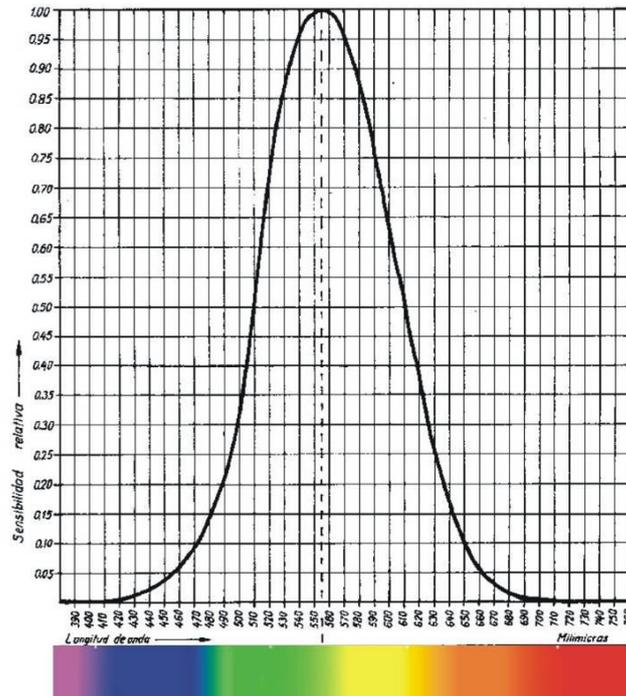
Las características de los materiales y las técnicas utilizadas en la confección de las obras, determinan en gran medida su sensibilidad a las radiaciones. En base a estas cualidades, la Comisión Internacional de Alumbrado CIE estableció una clasificación referida a la sensibilidad de las obras de arte, que se muestra en la tabla 2 [2].

**Tabla 2.** Clasificación de materiales de acuerdo a su sensibilidad a la radiación luminosa

Categoría	Descripción
Insensible	Objetos compuestos enteramente de materiales inorgánicos permanentes. La mayoría de los metales, piedra, la mayoría de los vidrios, cerámicas, minerales, esmaltes
Baja sensibilidad	Oleos y temperas, frescos, cuero y madera sin teñir, lacas, algunos plásticos, hueso, marfil
Sensibilidad media	Pasteles, acuarelas, tapices, dibujos o impresos, manuscritos, pinturas al temple, empapelados, cueros teñidos y la mayoría de objetos históricos naturales que incluyen especímenes botánicos, piel, plumas
Alta sensibilidad	Sedas, colorantes con alto riesgo de decoloración como las anilinas, manuscrito con tintas antes del siglo XX.

La curva de sensibilidad del ojo humano (sensibilidad estándar  $V_{\lambda}$ , figura 1), nos indica que tanto las emisiones en los rangos azul/violeta – UV como en los rojos extremos – IR, aportan muy poco a la visión. Considerando además lo dicho sobre el efecto de la radiación UV, la regla general es eliminar por completo las emisiones en longitudes de onda menores a 400 nm. El máximo permitido que establece la CIE es de 10  $\mu\text{W}/\text{lm}$  (clase 1) que es un límite determinado por cuestiones prácticas, ya

que son niveles difíciles de detectar. Para los casos donde la influencia de la radiación UV no es crítica, se puede aceptar  $75 \mu\text{W}/\text{lm}$  (clase 2).



**Figura 1.** Respuesta espectral normalizada del ojo humano (visión fotópica)

La radiación infrarroja (IR) involucra una carga térmica entregada a la pieza. Si bien no existen hasta el momento regulaciones establecidas para su limitación, es importante su control para evitar posibles daños generados por el calentamiento del material.

El efecto de las radiaciones es acumulativo, de modo que dependerá de la combinación nivel de radiación / tiempo de exposición. En este sentido, en la tabla 3 se indican niveles máximos de iluminancia (radiación VIS) y tiempos de exposición en unidades de lux durante horas por año, para cada categoría de materiales anteriormente clasificados.

**Tabla 3.** Recomendación CIE sobre niveles de Iluminación y exposición anual máximos

<b>Categoría</b>	<b>Iluminancia máxima [lux]</b>	<b>Exposición máxima [lux-hora/año]</b>
Insensible	sin límite	sin límite
Baja sensibilidad	200	60000
Sensibilidad media	50	15000
Alta sensibilidad	50	15000

### **3. EL ÍCONO.**

Se trata de una pintura al temple realizada sobre tablas de madera, con una base de yeso y colas animales, sobre un fondo de lámina de oro, bruñida a la piedra y posteriormente barnizada [3]. La técnica y los materiales usados permiten clasificarlo como de "sensibilidad media o alta".

La exhibición del ícono se realiza en una capilla lateral a la nave central de la iglesia. La obra se encuentra encofrada en una caja de bronce de frente abierto, en la que es exhibida dentro de un gabinete de apertura posterior. Este último posee un vidrio en su frente, a modo de ventana, que permite observar el ícono sobre un pequeño altar en la capilla.

El ícono se encuentra iluminado con lámparas fluorescentes montadas en el interior del recinto, a escasa distancia de la obra, prácticamente sobre los bordes de la caja de bronce. En un primer análisis, la disposición de luminarias genera defectos fáciles de detectar: mala uniformidad (bordes muy iluminados con respecto a la parte central de la obra), junto con reflejos en la cara interior del vidrio que dificultan la percepción desde ciertos ángulos de visión. Paralelamente, y desde el punto de vista de la conservación, las lámparas se encuentran muy cerca de la obra, sin interposición de algún medio que actúe como filtro (vidrio, por ejemplo).

#### **3.1. Mediciones.**

Se realizaron mediciones de iluminancia y luminancia puntual sobre la obra y en la periferia exterior (altar), zona que representa el campo visual circundante contiguo. Se empleó un luxímetro marca LMT, modelo Pocket Lux, con un detector de pequeñas dimensiones. Los valores de luminancia se obtuvieron con un luminancímetro LMT L1009, con una apertura angular de 20', enfocando desde aproximadamente 3 m de distancia [4].

Los valores obtenidos y la posición aproximada de los puntos de medición, se indican en la figura 2.

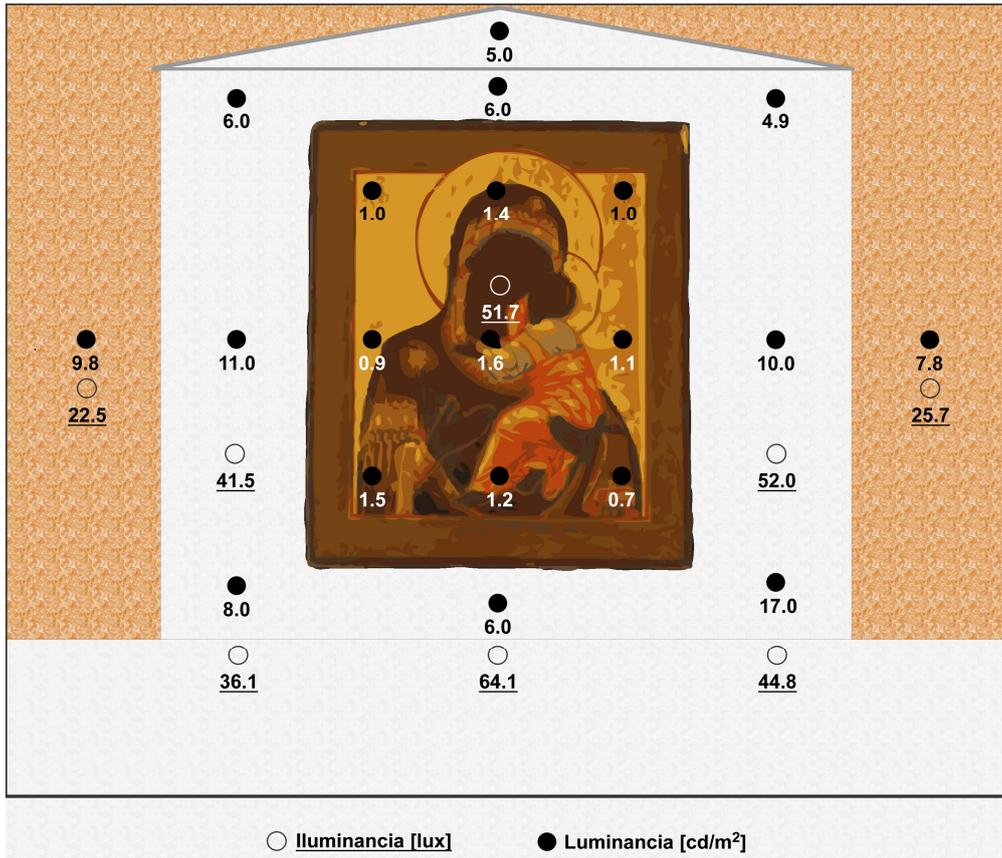


Figura 2: Mediciones de iluminancia y luminancia sobre la obra

Las mediciones realizadas indican una baja regularidad en iluminancia y ciertos puntos con valores que superan los niveles aceptables para obras clasificadas como de sensibilidad media y alta (50 lux). En cuanto a luminancias, si bien el entorno (claro) posee valores sensiblemente mayores a los de la obra, las relaciones se encuentran dentro de lo aceptable [5]. De todas formas, el alumbrado de la capilla deberá replantearse, junto con la mejora en la iluminación del ícono.

#### 4. ANÁLISIS DE FUENTES LUMÍNICAS

Si llamamos  $G(\lambda)$  a la potencia espectral radiada por una fuente, la “cantidad de luz” que contiene dicha emisión se cuantifica empleando la sensibilidad espectral del ojo (curva  $V_\lambda$ , figura 1). La magnitud resultante es el flujo luminoso ( $\phi$ , medido en lumen [lm])

$$\phi = 683 \int_0^{\infty} V_\lambda G(\lambda) d\lambda$$

Resulta de utilidad definir relaciones entre flujo luminoso emitido y potencia radiada en todo o parte del espectro. Con tales coeficientes se puede ponderar cuánta radiación no luminosa (y por lo tanto, no deseada) contiene el espectro de una determinada lámpara.

Por ejemplo:

- Rendimiento lumínico de la radiación:

$$\eta = \frac{\sum_0^{\infty} V\lambda G(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_0^{\infty} G(\lambda)\Delta\lambda} \quad [\%]$$

- LER (Luminous Efficacy of Radiation)

$$\text{LER} = \frac{683 \sum_0^{\infty} V\lambda G(\lambda)\Delta\lambda}{\sum_0^{\infty} G(\lambda)\Delta\lambda} \quad [\text{lm/W}]$$

Ambas definiciones tienen sentidos similares y tratan de medir cuánto de lo radiado es efectivamente luz. En el caso del LER, su máximo teórico sería 683 lm/w, para una emisión monocromática de  $\lambda=555$  nm (cuyo rendimiento sería 100 %).

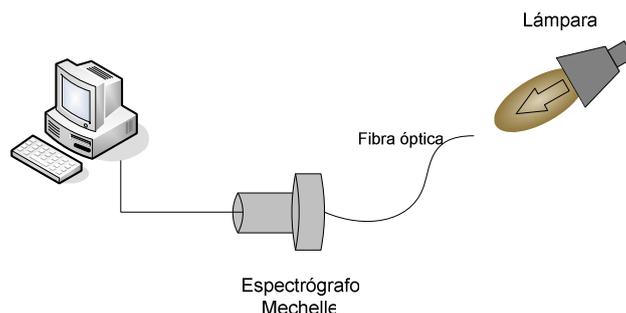
El factor k pondera la cantidad de radiaciones no luminosas de una fuente:

$$k = \frac{\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} G(\lambda)\Delta\lambda}{683 \sum_0^{\infty} V\lambda G(\lambda)\Delta\lambda} \quad [\mu\text{W}/\text{m}^2/\text{lux}]$$

El rango espectral comprendido entre  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  define el tipo de radiación que se quiere evaluar (UV, infrarrojo, etc.). Por ejemplo, si tomamos  $\lambda_1=0$  y  $\lambda_2=380$ , el coeficiente así definido,  $k_{(0-380\text{nm})}$ , ponderaría la cantidad de UV que posee la radiación. Del mismo modo puede evaluarse la emisión IR, usando  $k_{(\lambda>700\text{nm})}$ . Ambos factores tendrían máxima importancia en casos como los planteados, en los que justamente necesitamos limitar las regiones no visibles del espectro.

#### 4.1. Evaluación del espectro de lámparas

Las mediciones se realizaron empleando un espectrógrafo "Mechelle 900", con una red de difracción tipo Echelle [6]. La cámara CCD y el soft incorporado al equipo permite obtener una imagen con resolución del orden de 0,1 nm, con un amplio rango espectral (en nuestro caso, UV cercano, VIS e IR). El esquema experimental usado se muestra en la figura 3.



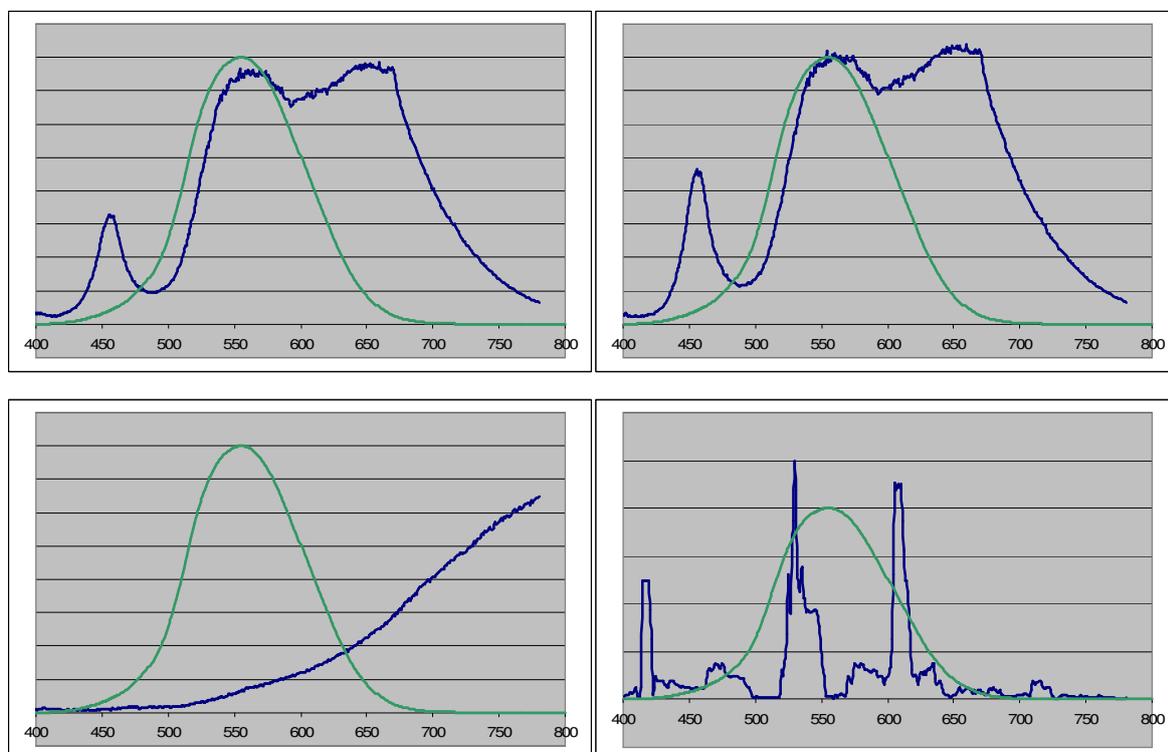
**Figura 3.** Esquema experimental

La ganancia del espectrógrafo Mechelle no se mantiene constante en el rango espectral usado. Esta falta de proporcionalidad introduce errores en la apreciación del espectro global de la lámpara. Para corregir este fenómeno se emplearon curvas de "calibración". Las mismas se obtuvieron a partir de la medición de fuentes luminosas con espectro conocido [7].

Se estudiaron cuatro fuentes luminosas:

- a.- Lámpara tubular fluorescente, similar a la usada en el sistema de iluminación existente.
- b.- Lámpara incandescente convencional
- c.- Lámpara tipo reflectora a leds, luz cálida.
- d.- Lámpara tipo reflectora a leds, luz fría.

Los espectros obtenidos se muestran en la figura 4.



**Figura 4.** Espectros de lámparas: led cálida, led fría, incandescente y fluorescente (se superpone, en claro, la curva  $V\lambda$ ).

Tomando como base los espectros medidos en un rango acotado entre 350 y 850 nm, se muestran en la tabla 4 las eficacias calculadas y las cantidades de emisión en los rangos UV –azul (hasta 450 nm) y rojo-IR (desde 580 nm), relativas a la luz emitida.

**Tabla 4.** Eficacias y cantidades UV-Azul y Rojo-IR calculadas

Lámpara	LER [lm/W]	UV-450nm/lux [ $\mu\text{W}/\text{m}^2\text{lux}$ ]	580 nm-IR/lux [ $\mu\text{W}/\text{m}^2\text{lux}$ ]
Fluorescente	337	0,46	0,20
Incandescente	76	0,11	10,4
Led (cálida)	285	0,10	1,09
Led (fría)	281	0,10	1,09

Como puede observarse en la tabla 4, la lámpara fluorescente del tipo de las empleadas en la iluminación actual posee la mayor relación UV/lux, debido a la propia emisión del mercurio. Esto indica que no resulta la más adecuada para la iluminación de obras de arte. Una opción mejor sería el uso de lámparas incandescentes (por ejemplo, reflectoras o halógenas). Los datos mostrados indican para éstas bajo niveles de radiación UV, a lo que puede adicionarse como ventajas la buena reproducción cromática y el relativo bajo costo. Sin embargo, el alto nivel de radiación en infrarrojo (calor) puede considerarse como aspecto negativo, sumado a su corta vida útil y baja eficacia lumínica.

Un sistema basado en leds de luz blanca puede considerarse una opción mejorada, ya que combina las ventajas de la lámpara incandescente en cuanto a radiación UV, sin infrarrojo, adicionando una larga vida útil y una mejorada eficacia. Estas diferencias pueden ponderarse mejor comprando los espectros mostrados en la figura 4.

Existen otras alternativas para iluminación de patrimonios culturales como son el uso de fibras ópticas para transportar la luz hasta la obra a iluminar. Las fibras filtran el espectro nocivo a la vez que brindan una alta flexibilidad en la iluminación. La desventaja de esta técnica es el costo de los equipos y de los repuestos. Frente a esta alternativa, las lámparas de Led ofrecen mayor flexibilidad desde punto de vista de la ubicación y disposición física de los equipos.

## 5. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de una buena iluminación, las deficiencias encontradas justifican un replanteo del sistema. Debe mejorarse la uniformidad, regularse los niveles de iluminancia a fin de no sobrepasar lo admisible según las recomendaciones mencionadas y enfocar convenientemente las fuentes de modo de eliminar los reflejos que puedan alterar la observación.

Por otra parte, la elección de la fuente luminosa debe cumplir con las exigencias que impone la necesidad de minimizar las alteraciones en la obra. En este sentido y tal como surge del análisis mostrado, una opción técnicamente adecuada en la actuali-

dad lo constituye las fuentes leds. Sobre este punto, y a modo de ejemplo, se indican dispositivos tipo micro spots, basados en leds, de dimensiones adecuadas para iluminación de cuadros o similares. Se comercializan en forma de Kits, con la fuente propiamente dicha y el driver de alimentación. Entre los valores luminotécnicos a destacar se encuentran: eficacia aceptable (aprox 50 lm/w), alto rendimiento en color (>85/90), prolongada vida útil y dos opciones de temperatura de color (3000 y 4000k).



**Figura 5.** Ejemplos de dispositivos comerciales para iluminación Led

Se resalta que estas opciones son a título de ejemplo, dado que la cantidad y tipo final de artefactos surgirá del proyecto del sistema de iluminación.

#### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la CIC PBA, donde P. Ixtaina es miembro de la Carrera de Investigador Científico y Tecnológico y M. Presso es miembro de la Carrera Profesional

#### **REFERENCIAS**

- [1] S. Gor, J. Sandoval, B. O'Donnell, R. Ajmat, O. Alonso. (2010). "Preservación de bienes culturales y elección de fuentes luminosas y materiales", Actas del X Congreso Panamericano de Iluminación, pág 212-219. Valparaíso, 2010.
- [2] Commission Internationale de l'Eclairage CIE, (2004). "Publication 157 Control of damage to museum objects by optical radiation". Vienna, 2004.

- [3] Rosato, V; Lofeudo, R. (2010) "Relevamiento del ícono de la "Virgen de la Rosa". LEMIT, Área de restauración y Conservación del patrimonio. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires.
- [4] LMT Lichtmesstechnik (2010). Products data sheet [www.lmt-berlin.de](http://www.lmt-berlin.de)
- [5] Ezrati, Jean-Jacques (2002) "Théorie, technique et technologie de l'éclairage muséographique" Ediciones AS, colección Scéno +, París, 2002.
- [6] MK PHOTONICS INC.(2006). Mechelle 900 Specification. [www.mkphotonics.com](http://www.mkphotonics.com)
- [7] Presso, M. (2009). "Calibración y Linealización de Espectrómetros" Trabajo Final Curso LOCI 2009. Ciop, 2009.