

Desempeño térmico y lumínico de las Teatinas limeñas

Thermal and lighting performance of "Teatinas" in Lima

Martín Wieser Rey *

Resumen

Las teatinas, componentes cenitales de ventilación e iluminación natural, fueron utilizadas de manera sistemática en los edificios de la ciudad de Lima y en gran parte de la costa peruana desde mediados del siglo XVIII hasta finales del XIX. El objetivo del estudio fue evaluar el desempeño térmico y lumínico de las habitaciones que las contenían y valorar un eventual uso de recursos similares en la arquitectura contemporánea. Luego de caracterizar el clima de la ciudad, los edificios que las contenían y las propias teatinas, se procedió a calcular las condiciones térmicas y lumínicas que se conseguían con el uso de las mismas en base a mediciones y simulaciones comparadas: temperatura y humedad relativa, ventilación, nivel de iluminación y deslumbramiento.

Los resultados obtenidos evidencian que la presencia de teatinas en una habitación provee de condiciones higrotérmicas confortables, genera un buen desempeño en la captación y en la distribución del viento al interior de la habitación y, en comparación a una ventana convencional, permite una distribución más homogénea del nivel de iluminación al interior del espacio y mayores probabilidades de evitar situaciones de deslumbramiento.

Palabras clave: Teatinas, Ciudad de Lima, iluminación natural, ventilación natural

Abstract

The teatinas, zenithal components of natural ventilation and illumination, were incorporated in a systematic way in the buildings of the city of Lima and largely in the peruvian coast from the mid 18th to the late 19th centuries. The objective of the study was to evaluate the energetic performance and luminance of those buildings that contain this component and evaluate eventual use of them in contemporary architecture. After describing climatic characteristics, buildings that contains them and the teatinas themselves, we proceeded to calculate the thermal and luminance conditions achieved by using them, on the basis of measurements and compared simulations: temperature and relative humidity, ventilation, illumination level and glare.

The results prove that the presence of teatinas in a room provides comfortable hygrothermal conditions, generates a good performance in the uptake and distribution of the wind into the room and, compared to a conventional window allows a smooth distribution of the illumination level within the space and most probably less glare.

Keywords: Teatinas, Ciudad de Lima, natural illumination, natural ventilation

* Doctor en Energías y Medio Ambiente en Arquitectura por la Universidad Politécnica de Cataluña. Arquitecto. Docente del Departamento de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Correo electrónico: mwieser@puccp.pe



Foto 1: Vista de la Plaza Mayor y de la Catedral de Lima desde la Iglesia de Santo Domingo (1870) con decenas de teatinas en las cubiertas de los edificios.

Fuente: Catálogo virtual de la Biblioteca Nacional del Perú. Recuperado el 01/06/2006 en: http://bvirtual.bnp.gob.pe/bnp/images/banco_fotos/courret/17C0108.jpg

1. Introducción

Las teatinas se incorporaron de manera extendida en los techos de las edificaciones limeñas después del terremoto de 1746. A pesar del clima suave de la costa peruana, la recurrencia de su uso respondió a la necesidad de brindar ventilación e iluminación natural a espacios que, por la densidad y homogeneidad de la trama urbana, se encontraban impedidos o con dificultad de acceder a la brisa y a la luz exterior (ver Foto 1).

El tema expuesto ha sido desarrollado en una tesis doctoral, en la que se indaga con mayor amplitud sobre las condiciones térmicas y lumínicas objetivas que logra la presencia de la teatina en una habitación y sobre su capacidad de brindar condiciones de confort térmico y lumínico en los espacios que la contienen¹.

2. Metodología

Para el desarrollo del estudio, y reconociendo la inexistencia de investigaciones similares en el Perú, se abordaron temas previos que permitieron elegir los indicadores apropiados para la evaluación energética (ver Tabla 1).

Además de indagar sobre la definición, las variables y la evaluación del confort térmico y lumínico, fue necesaria la identificación de las herramientas de evaluación energética y de las estrategias más comunes de control ambiental en la arquitectura.

Se identificaron las características geográficas, climáticas y lumínicas de la ciudad de Lima y se hizo

un estudio previo para vincular la teatina a su contexto histórico. Se realizó el levantamiento de diez edificios, los cuales contenían un total de noventa y siete teatinas, para identificar las características constructivas y compositivas típicas, asociadas a las particularidades de la trama urbana, de los edificios y de las propias habitaciones que las contienen.

Posteriormente se definió un 'ambiente modelo' que contenía una 'teatina modelo'; ambos, en conjunto, ostentan las características típicas de dichos elementos en cuanto a su orientación, disposición, dimensión, forma y acabados. Estos modelos se consideraron en las simulaciones y, en la medida que se requirió que ciertas evaluaciones se hagan *in situ*, estas se realizaron en ambientes de características similares.

La habitación 'modelo' se plantea como un ambiente de planta cuadrangular de 5.00 metros de largo y de ancho, por 4.20 metros de altura. La evaluación lumínica se realizó con la variante adicional de una altura 'contemporánea' igual a 3.00 metros. Las dimensiones de la teatina 'modelo' se definieron considerando el promedio de las muestras (ver Gráf. 1).

El objetivo de la evaluación energética consistió en identificar el comportamiento térmico y lumínico del conjunto 'habitación-teatina' frente a sus capacidades objetivas de generar el confort a sus ocupantes. Concretamente se evaluaron los siguientes aspectos:

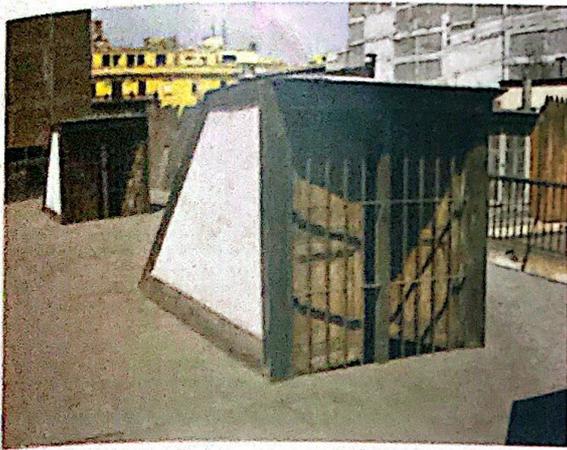
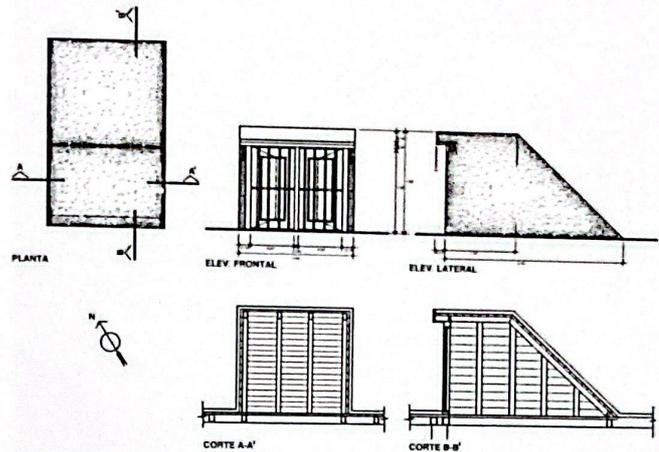


Foto2: Teatina de casona ubicada en el cruce de los jirones Camaná y Callao. Se aprecian sus proporciones y características típicas.
Fuente: Archivos del Autor, 2007.



Gráf. 1. Dimensiones y características básicas de la teatina modelo.

Tabla 1. Aspectos de evaluación energética.

Aspectos a evaluar	Modalidad	Recurso o instrumento
1. Evaluación térmica		
Radiación solar	Simulación computarizada	Ábacos/AutoCAD
Ventilación	In situ	Termo-higrómetro Anemómetro/humo
2. Evaluación lumínica		
Nivel de iluminación	Maquetas	Luxómetro/ Maqueta
Deslumbramiento	Cálculo	Índice de deslumbramiento

Fuente y Elaboración: Propia

3. Resultados

3.1 Evaluación térmica

3.1.1 Radiación solar.

Para el cálculo de la radiación solar que incide sobre la teatina se consideró tanto la que atraviesa directamente el vano, como aquella que cae sobre la estructura opaca de la misma. En el caso de la primera se utilizó la proyección solar equidistante para identificar los momentos en que ingresaba la radiación solar directa a través del vano y un ábaco que, superpuesto sobre la misma, permitió obtener la energía incidente. Con el programa AutoCAD se obtuvo un esquema gráfico que resume el ingreso de la radiación solar directa a la habitación (ver Gráf. 2)

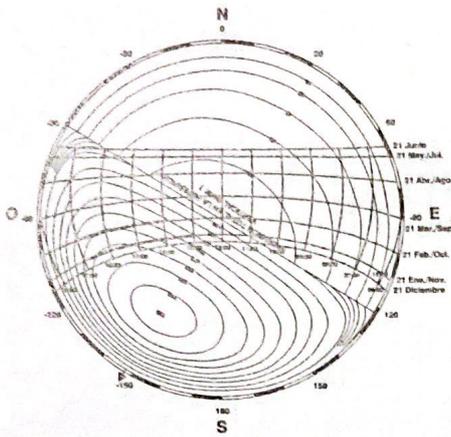
Se identificó que la energía solar que llega a ingresar al interior de la habitación en los meses de enero y

febrero fluctúa entre los 2.5 y 3.5 kWh en promedio acumulado diario; esta resulta siendo mayor sobre las 16:00 horas (alrededor de 0.9 kWh) debido a la menor obstrucción que representa el alero, además de la mayor perpendicularidad de los rayos solares con respecto a la abertura (ver Gráf. 3).

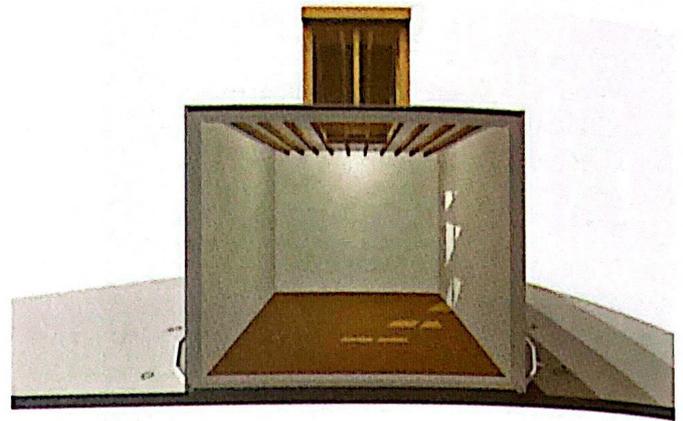
Para la predicción de la energía que traspasa el elemento a través de las superficies de la teatina (ver Gráf. 4) se realizó el cálculo de la transmitancia térmica tomando en cuenta la temperatura 'sol-aire' (tsa). En la medida que la temperatura del aire que ingresa a la teatina es igual a la exterior, la fórmula aplicada fue la siguiente (Evans, 1980):

$$Q = U \cdot A \cdot \alpha \cdot R \cdot r_o$$

Según el cálculo, la cantidad aproximada de energía (Q) que atraviesa las superficies opacas del componente se acerca a los 0.17kWh. Este valor



Gráf. 2: Ábaco superpuesto a proyección solar. Se deducen, según las horas, la cantidad de energía solar directa y difusa que incide en la abertura de la teatina orientada al SSO.



Gráf 3: Simulación en AutoCAD del mes de mayor ingreso de radiación solar directa a través de la teatina, diciembre.

resultó siendo bastante reducido, ya que la transmitancia del elemento, que además comparte las características del resto de la cubierta, es igualmente baja.

A partir de los valores obtenidos se puede afirmar que, tanto la radiación solar directa y difusa que ingresa a través de la abertura de la teatina, como el calor que logra atravesar el material opaco, no llegan a tener la capacidad de elevar de forma significativa la temperatura al interior de la habitación; los valores de energía relativamente reducidos y la ventilación que provee el propio componente aseguran *a priori* la evacuación continua del calor excedente.

3.1.2 Ventilación.

Para la evaluación de la ventilación en una habitación con teatina se valoraron las condiciones energéticas del aire y el movimiento del mismo al interior de la habitación.

La prueba *in situ*, realizada en la Casa de la Riva, durante 72 horas consecutivas, contempló la medición de la temperatura y de la humedad relativa del aire en una misma habitación con dos condiciones distintas: con la teatina abierta y con la teatina cerrada. Los resultados se presentan graficados sobre el ábaco psicrométrico con los límites de la zona de confort en verano y de la zona de confort corregida con ventilación, según Coch y Serra (1994) (ver Gráf. 5).

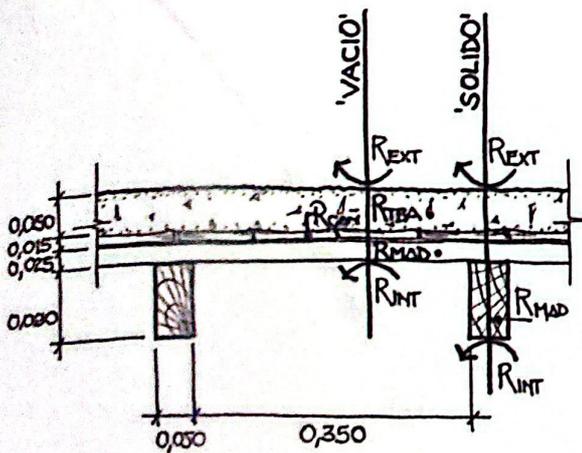
Se puede observar que, si bien en ambos días la temperatura exterior se acerca a los 29°C en los momentos más cálidos, con la teatina cerrada la

temperatura al interior de la habitación alcanza prácticamente los 28°C, mientras que con la teatina abierta se mantiene alrededor de los 26°C. Estos resultados se explican debido a la presencia de la masa interior, enfriada por la propia ventilación en las horas precedentes, y a la capacidad de evacuar constantemente el aire que se calienta al interior.

Con respecto al patrón del movimiento del aire dentro de una habitación con teatina, las mediciones *in situ* realizadas en la Casa de la Riva y en la Casona de San Marcos permitieron identificar las velocidades y los recorridos, utilizándose en este caso un anemómetro y una máquina de humo (ver Foto 3).

El recorrido del viento resulta bastante particular ya que, al margen de la ubicación y del tamaño del vano de salida, la dirección al momento de ingresar es marcadamente vertical. Una vez que impacta sobre el suelo, se reparte horizontalmente hacia todos los lados, principalmente en la dirección opuesta a la que llega. Se mezcla con el aire existente y sale finalmente por el vano opuesto (ver Gráf. 6).

La velocidad del viento en la habitación, en la parte baja de la teatina, representa entre un 30% y un 60% de la exterior. Si el aire exterior desciende rápidamente una vez ingresado a la habitación, a pesar de ser más cálido que aquel que se encuentra al interior de la misma, se debe a la diferencia de presiones que el propio viento genera y a que ambos, aire exterior e interior, se mezclan rápidamente debido a la existencia de movimientos convectivos continuos al interior del ambiente.



Gráf. 4: Esquema en corte de las diferentes resistencias térmicas del cerramiento de la teatina.

Las temperaturas obtenidas al interior del ambiente con teatina, sumadas a la presencia de viento y a su propia velocidad, aseguran el confort térmico de los ocupantes, bajo condiciones típicas de momentos calurosos del verano de la ciudad de Lima.

3.2 Evaluación lumínica.

3.2.1 Nivel de iluminación (iluminancia).

La medición de la iluminancia se realizó utilizando modelos a escala, en las que se consideraron un plano de trabajo a 80 cm. del piso, situación de cielo cubierto y características de habitación y teatina 'modelos'.

La Tabla 2 presenta los resultados de las mediciones en planos de curvas iso-DF (% *daylight factor* o porcentaje de iluminación natural) de las siguientes situaciones (ver Gráf. 7, 8 y 9).

Considerando que los valores mínimos sugeridos para ambientes domésticos se encuentran entre los 0.5% y 0.6% (Baker & Steemers, 2002), se puede afirmar que los valores obtenidos bajo cualquiera de estas situaciones superan largamente dichos requerimientos.

En la medida que los valores del nivel de iluminación que provee el cielo cubierto en Europa y en el norte de los Estados Unidos de Norteamérica representan alrededor de la tercera parte de aquellos que se alcanzan en nuestras latitudes, es posible afirmar que la iluminancia obtenida en todos los resultados terminan siendo adecuados, incluso para tareas de mayor precisión (aulas de clase, áreas de lectura, etc.).

Los patrones de distribución de la luz evidencian que en una habitación con teatina se logra una

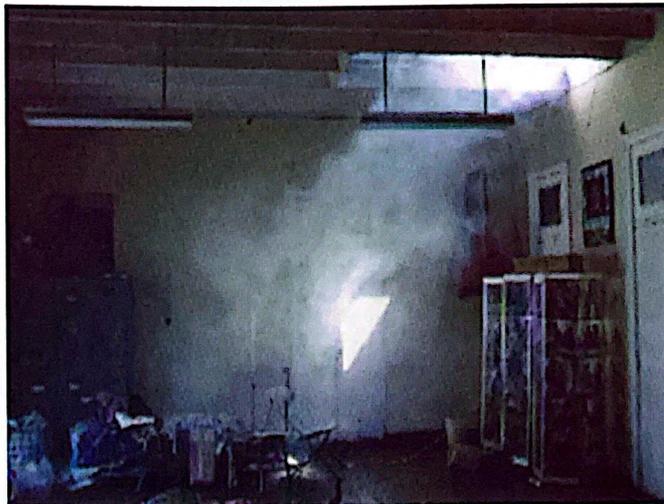


Foto 3: Pruebas con humo que delatan los movimientos internos del aire que genera la teatina abierta. Casona de San Marcos, Lima.

repartición más homogénea del nivel de iluminación frente a una habitación con ventana alta convencional. Se confirma, además, que una mayor altura del espacio condiciona iluminancias más uniformes y con valores más altos en la zona opuesta a la abertura (ver Fotos 4 y 5).

3.2.2 Deslumbramiento

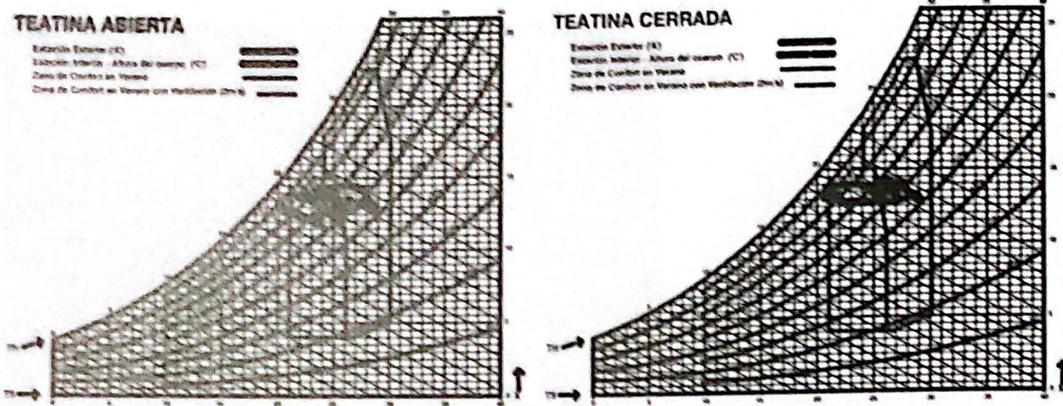
Para la valoración del deslumbramiento se aplicó el Índice de Deslumbramiento Unificado (*Unified Glare Ratio*, UGR), que utiliza la siguiente fórmula (CIE, 1995, p. 117):

$$UGR = 8 \log[(0,25/L_b) \cdot \sum(L^2 \cdot \omega/p^2)]$$

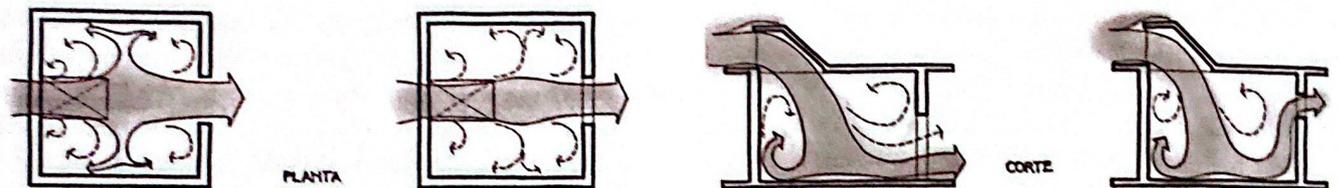
Se asumió la posibilidad de deslumbramiento considerando la habitación y la teatina 'modelo', la altura 'tradicional' y 'convencional', una altura de línea de visión de 1.20 metros, cinco puntos diferentes dentro de la habitación y cinco situaciones típicas de brillo del cielo y nivel de iluminación (ver Gráf. 10). Se hicieron las predicciones considerando adicionalmente una ventana alta 'convencional'.

Los resultados de las diferentes situaciones planteadas se muestran en los Gráficos 11, 12, 13 y 14.

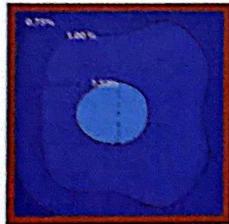
A pesar de la relatividad de los resultados, en la medida que tanto la altura como la dirección de la línea visual suele ser variable, se corrobora el mejor desempeño que ostenta la iluminación cenital, en este caso el de la teatina, frente a la lateral convencional, en su capacidad de evitar el desconfort visual asociado al fenómeno del deslumbramiento.



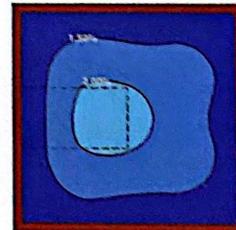
Gráf. 5. Datos de temperatura y humedad relativa del aire sobre el ábaco psicométrico considerando la abertura vertical de la teatina abierta (izquierda) y cerrada (derecha). Se representan las estaciones exterior (en azul) e interior (a nivel de la persona, en rojo). La prueba fue realizada durante días particularmente calurosos de la época de verano.



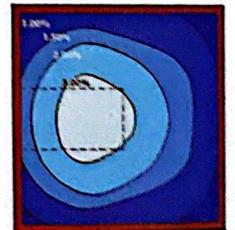
Gráf. 6: Patrón de recorrido típico del viento al interior de una habitación con teatina y puerta (izquierda) o ventana alta (derecha) frente a ella.



Gráf. 7. Distribución de la luz sobre el plano de trabajo de la habitación A.01.



Gráf. 8. Distribución de la luz sobre el plano de trabajo de las habitaciones B.01 y B.02.



Gráf. 9. Distribución de la luz sobre el plano de trabajo de la habitación C.01 y C.02.

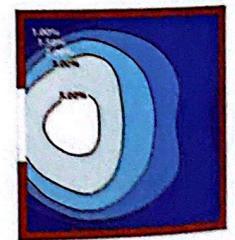
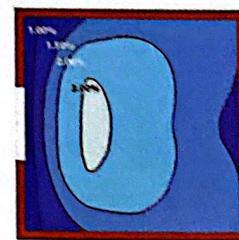
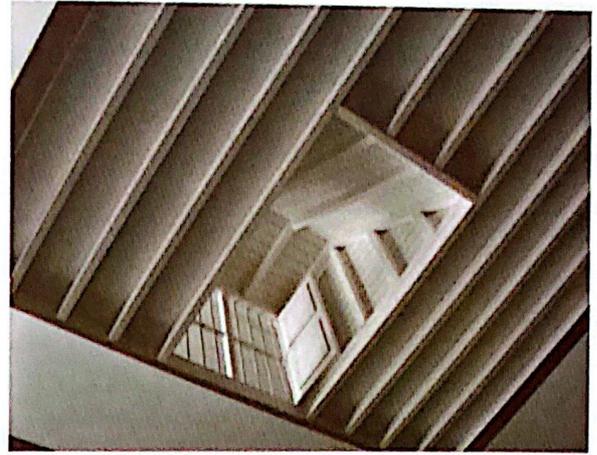
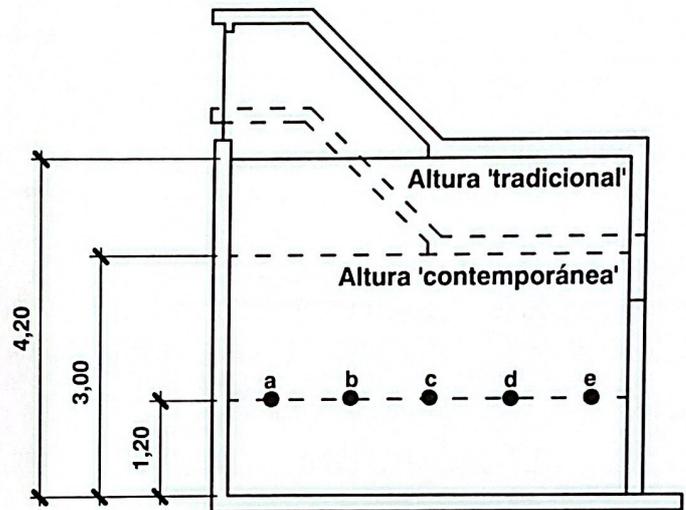
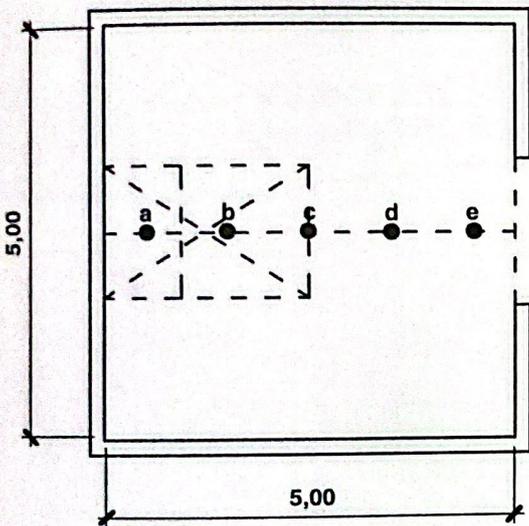


Tabla 2: Características del vano y de la habitación para efectos de medición del nivel de iluminación.

Tipo de Habitación Modelo	Descripción
A.01	Teatina / cubierta con viguetas.
B.01	Teatina / cubierta lisa / altura de techo "tradicional" (4.20 m.).
B.02	Teatina / cubierta lisa / altura de techo 'convencional' (3.00 m.).
C.01	Ventana alta / cubierta lisa / altura de techo 'tradicional'.
C.02	Ventana alta / con altura de techo 'convencional'.



Fotos 4 y 5. Vista de la maqueta de la teatina (habitación A.01) y detalle del elemento.



Gráf. 10. Habitaciones modelo y puntos de medición para la evaluación del fenómeno de deslumbramiento.

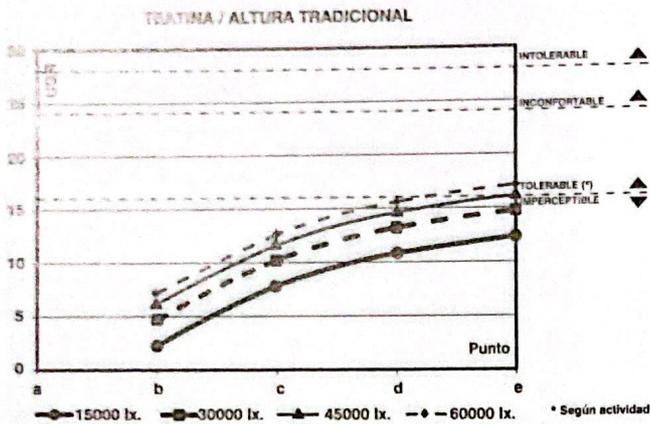
4. Conclusiones

Las teatinas, coherentes con las características climáticas y lumínicas de la ciudad de Lima, llegaron a satisfacer en su momento los requerimientos de confort de sus habitantes, quienes las consideraron sistemáticamente en las edificaciones durante más de cien años, desde mediados del siglo XVIII.

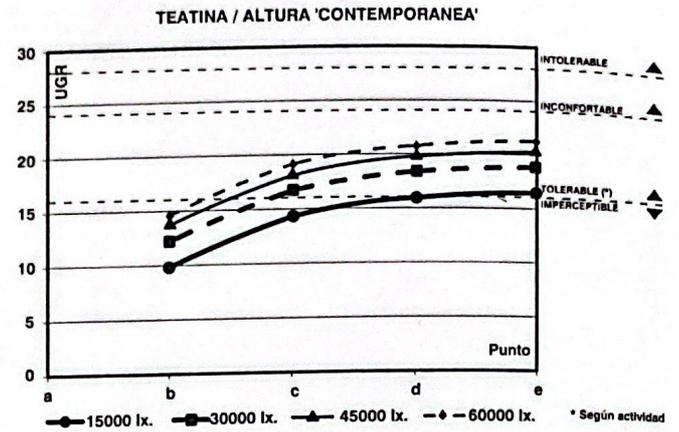
Las teatinas, además de lograr un buen desempeño en la captación y en la distribución del viento al interior de las habitaciones, evidencian un mejor comportamiento lumínico frente a una eventual ventana convencional, específicamente en los siguientes aspectos:

- distribuyen la luz de forma más homogénea al interior del espacio, y
- logran mayores probabilidades de evitar situaciones de deslumbramiento.

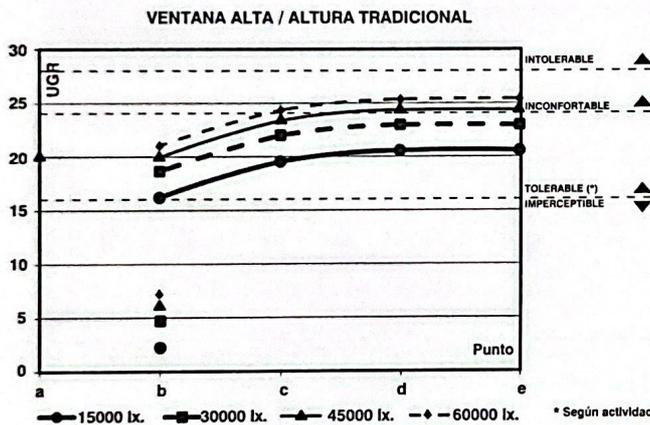
Las condiciones térmicas y lumínicas que se llegan a alcanzar en las habitaciones con teatinas, evidencian que dichos componentes siguen representando una alternativa válida a considerarse en el diseño. A partir de la identificación y comprensión de los fenómenos que giran alrededor del desempeño energético de la teatina, es posible proponer alternativas y detalles concretos que mejoren su eficiencia y que permitan adecuarla a diversas aplicaciones contemporáneas.



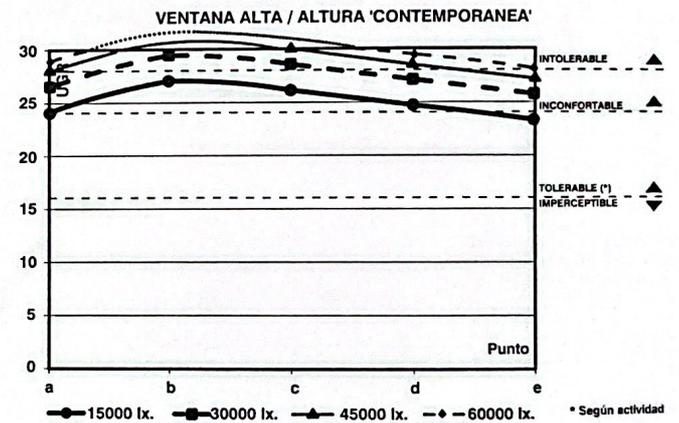
Gráf. 11. Resultados con habitación de altura tradicional (4.20m) y teatina.



Gráf. 12: Resultados con habitación de altura convencional (3.00m) y teatina.



Gráf. 13: Resultados con habitación de altura tradicional (4.20m) y ventana alta.



Gráf. 14: Resultados con habitación de altura convencional (3.00m) y ventana alta.

Sobre dichas evidencias, se concluye que las teatinas resultan una referencia válida y una alternativa concreta en la actual búsqueda de espacios confortables en edificios energéticamente eficientes.

5. Notas bibliográficas

(1) Wieser, M. (2007). *Las teatinas de Lima. Análisis energético-ambiental y perspectivas de uso contemporáneo*. Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, Programa de Ámbitos de investigación en energías y medio ambiente en arquitectura.

6. Referencias bibliográficas

Baker, N. & Steemers, K. (2002). *Daylight Design of Buildings*. London: James & James.

CIE. Comisión Internacional de L'Eclairage. (1995). *Technical Report. Discomfort Glare in Interior Lighting*. CIE. 117.

Coch, H. & Serra, R. (1994). *El dissenyenergètic a l'arquitectura*. Barcelona: Edicions UPC.

Evans, M. (1980). *Housing, Climate and Comfort*. London: The Architectural Press.