Capítulo VI:

PERSPECTIVAS DE USO CONTEMPORÁNEO.

VI.1. CORRESPONDENCIA ENTRE MEDIO Y RECURSO.

La particularidad más saltante de la ciudad en relación a sus características climáticas es la relativa bonanza que ostenta, debido fundamentalmente a la presencia de temperaturas que no llegan a ser extremas a lo largo del año. Aún así, estas suelen acercarse a los 30 ºC en verano, acompañadas de una humedad relativa ligeramente elevada. De esta manera, se identifican los meses de verano, en las horas cercanas al mediodía, como los momentos potencialmente más inconfortables desde el punto de vista térmico.

De otro lado, llama la atención la presencia constante de neblina en los meses de otoño e invierno. La consiguiente escasez de radiación solar limita la posibilidad de contrarrestar de forma pasiva las bajas temperaturas y la elevada humedad relativa. Finalmente, durante todo el año, sobresale la presencia constante de brisas frescas que suelen venir del SO y SE, en horas de la mañana y de la tarde respectivamente.

Sea que el cielo se encuentre nublado o despejado, este suele tener un brillo muy alto, situación que lo convierte en un elemento a considerar como fuente de iluminación, aunque potencialmente peligroso en su capacidad de generar deslumbramiento.

En una ciudad relativamente densa, limitada por las murallas y sin posibilidades de crecer en altura debido a los constantes terremotos, se daban muchos casos en que las

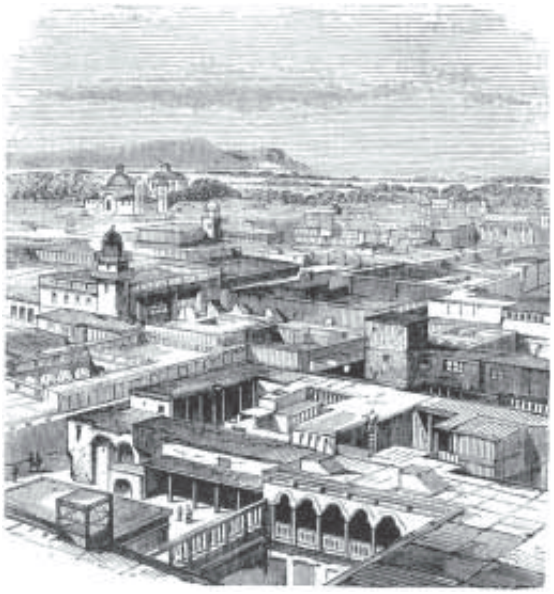


Imagen VI.1. - 01:
Grabado que muestra una vista aérea de la ciudad de Lima en la que se aprecia una trama densa y de poca altura, además de la presencia de teatinas, patios y galerías.
Imagen obtenida de: FUENTES, Manuel A; *Lima. Esquisses Historiques, statistiques, administratives, commerciales et morales*. Impr. de A. Lainé et J. Havard. París, 1866.

habitaciones no tenían otra opción que ventilarse e iluminarse desde la parte alta de las mismas. Aún así, según se ha comprobado, fueron muchas las situaciones en las que se optó por las teatinas, a pesar de haberse podido concebir un vano 'convencional'.

Precisamente, es a partir de la existencia de dichas situaciones que se pueden identificar las ventajas que se le atribuyeron a la teatina frente a otras soluciones, ventajas que potencialmente se mantienen y que, en resumen, serían:

- una mayor eficiencia en el comportamiento térmico debido tanto a la capacidad de captar el viento a mayores velocidades, como por el recorrido del mismo que se termina generando al interior de la habitación,
- un mejor desempeño lumínico que se refleja en una distribución más homogénea de la luz al interior, así como en la menor capacidad de crear situaciones potenciales de deslumbramiento, y
- una mayor capacidad de control acústico en relación a los sonidos generados tanto desde el interior como desde el exterior de la habitación.

Detalles adicionales que evidencian relaciones específicas entre la teatina y su medio han sido ya expuestos en el título previo a la evaluación energética misma (ver IV.5. Consideraciones de Composición). Comprobados muchos de ellos a través de la propia evaluación, se describen de forma resumida los aspectos más resaltantes.

La correspondencia de la teatina en relación al **aspecto térmico** resulta evidente y se presenta como la más importante; ello se deduce a partir de las características propias del elemento, principalmente debido a la orientación de su abertura (SSO). Asociado a dicho aspecto, concretamente a la ventilación, se identifica el factor de la salubridad de los espacios; dicha relación 'ventilación-salud' fue valorada expresamente en la arquitectura hasta entrado el siglo XX.

En función del confort térmico, como ya se adelantó, una abertura orientada al norte evita con mayor eficiencia el ingreso de radiación solar directa en los meses de verano. Si la abertura de la teatina solía coincidir con la orientación opuesta, ello se debió a que la dirección de los vientos resultó siendo la consideración determinante en dicha decisión. En este sentido se ha demostrado la correspondencia precisa entre la dirección del viento en las horas más cálidas de los meses de verano, con respecto a la orientación de dicha abertura. En todo caso, la presencia de un pequeño alero termina controlando en

Fotos VI.I. - 01 y 02: La situación de una teatina ubicada al nivel de la fachada (caso que se repite en más de una ocasión) evidencia la búsqueda de una mayor eficiencia en función del nivel en el que se coloca la abertura, así como el error que significó la generalización del uso del vidrio en los balcones republicanos. En la foto de la derecha (02) se aprecia un caso extremo en donde la falta de uniformidad anula el rendimiento de la teatina.

gran medida dicha radiación que, de otro lado, queda demostrado que no llega a representar una cantidad considerable.

El elemento resulta fácilmente concebible en cualquier habitación del nivel superior de un edificio. Precisamente, la ventaja adicional de un viento más intenso y limpio, más aún en una ciudad generalmente calificada de polvorienta, la da el mismo hecho que el elemento 'captador de viento' se encuentre sobre el nivel de las edificaciones. En todo caso, resulta indispensable una marcada homogeneidad en el nivel de las edificaciones en su conjunto, característica que llegó a tener la ciudad en los siglos anteriores.

Finalmente, si termina siendo importante para el confort térmico asegurar el movimiento del aire al interior de la habitación, ello se debe a la necesidad de contrarrestar las altas temperaturas del verano, combinadas con humedades relativas ligeramente elevadas. Además, debido precisamente a las características de la propia humedad relativa que suele haber al interior de las habitaciones, resulta deseable que dicho movimiento de aire pase a través del nivel de las personas; en este sentido resulta significativa la demostración en la que la teatina cumple precisamente con dichos requerimientos.

En cuanto al **aspecto lumínico**, los resultados de la evaluación evidencian muchas de las ventajas que se le atribuían a priori a la teatina, aunque también ciertas limitaciones que, en principio, aparentan haber influido en el desuso progresivo de la misma. Como primer punto queda demostrada la distribución más regular y homogénea de la luz al interior de una habitación a partir de una teatina dispuesta de la forma tradicional (aber-

tura de proporciones típicas, o ligeramente 'achatadas', centrada sobre uno de los muros, ver Pruebas A.01. y B.01. en V.2.2.1. Nivel de Iluminación).

Como principio fundamental, la teatina evita el ingreso descontrolado de la radiación solar directa, iluminando cenitalmente, aunque sólo desde una de sus planos verticales. En los meses de verano, cuando el cielo suele estar despejado, la iluminación se sigue dando con relativa eficiencia en la medida que la superficie del techo (de tierra) mantiene un coeficiente de reflexión relativamente alto. Ello además del alto grado de humedad que contiene el aire, situación que termina dándole un mayor brillo al cielo, incluso en los días despejados.

En los meses de invierno, con una recurrente ausencia de brillo solar que reduce las posibilidades reflexión de los objetos externos, la iluminación del interior de los ambientes se termina dando principalmente en función de la capacidad de 'acceder' a una mayor porción de cielo visto. Esta última situación resulta siendo más apreciada en la medida de una menor iluminancia del cielo. En este sentido, la iluminación a partir de un elemento cenital como la teatina, en comparación con una ventana convencional, termina aprovechando precisamente su ubicación para conceder al interior una mayor proporción de bóveda celeste (ver Foto VI.I. -03).

El riesgo potencial de deslumbramiento termina existiendo con un cielo cuyo brillo es alto (incluso en días despejados debido a la alta humedad relativa) en comparación con las superficies de un segundo plano. Aún así, ha quedado demostrado que, particularmente

Fotos VI.I. - 03:
Vista de teatina en una situación en la que pudo haberse concebido una ventana alta 'convencional'. El mejor desempeño lumínico, tanto a nivel de distribución de la luz como de menor capacidad de deslumbramiento, termina siendo mejor con la teatina.

ante la presencia de una teatina, tanto la ubicación de su abertura (fuente de luz) como los acabados internos de las superficies circundantes a la misma (fondo), determinan que las posibilidades de generar situaciones de deslumbramiento en situaciones 'normales' prácticamente no existan.

Los requerimientos progresivos de un mayor nivel de iluminación al interior de las habitaciones hizo que, a pesar de identificarse dos recursos que mejoraron el desempeño de la teatina (acabado interior en color blanco y forma trapezoidal) ellos resultaron siendo aparentemente insuficientes. Esto generó, entre otros motivos, que las teatinas sean progresivamente reemplazadas por las farolas, componentes que también permitían la ventilación, pero no exclusivamente mediante la captación del aire exterior (fenómeno que de hecho puede darse, en la medida que la versatilidad de sus aberturas lo permita), sino por su capacidad potencial de evacuar el aire interior por los fenómenos de convección y 'aspiración estática'.

La correspondencia entre las teatinas y el medio frente al **aspecto acústico**, resulta asociado directamente a cuestiones culturales, más que ambientales. Resalta, en función de la época en que se las consideró sistemáticamente, la búsqueda de la tranquilidad y de una privacidad interior (más aún en una ciudad densa e impregnada fuertemente de un espíritu religioso particular).

En definitiva, se puede afirmar que existió una correspondencia estrecha y coherente entre la teatina y el medio en el que fue concebida. La existencia de captadores prehispánicos similares y el propio uso extendido y sistemático que tuvieron por más de un siglo permitieron insinuar, desde un principio, la confirmación de dicha hipótesis.

VI.2. LINEAMIENTOS GENERALES DE APLICACIÓN EN EL DISEÑO.

Habiéndose descrito la teatina desde un inicio como un componente cenital que se consideró sistemáticamente en la arquitectura de la costa del Perú hasta una época determinada (inicios del siglo XX), no se descartó la posibilidad que esta haya podido seguir siendo concebida ocasionalmente hasta la actualidad. En la medida que dicho componente mantenga ciertas características formales y funcionales concretas, es posible, en principio, seguir identificándola como tal.

Existen en la actualidad dos aspectos que diferenciarían potencialmente a las teatinas originales, principalmente dentro del medio urbano. El primero de ellos sería el material con la que podría ser construida, ya que si bien la madera podría seguir manteniéndose como la estructura del elemento, difícilmente seguiría siendo utilizada la tierra como acabado exterior final.

Un segundo aspecto viene a ser la posibilidad evidente de concebirlas sobre ambientes distintos para las que fueron consideradas tradicionalmente. En definitiva, si las alternativas propuestas en estos aspectos no desmerecen las cualidades funcionales del elemento, se puede asegurar que se seguiría tratando de un teatina.

Según lo indicado en los párrafos anteriores, y en función de los resultados obtenidos en la evaluación del elemento, se deduce *a priori* que la teatina puede seguir representando una alternativa válida y potencialmente útil en la medida que se requiera ventilar e iluminar un ambiente, bajo ciertas condiciones concretas.

En este sentido, un primer aspecto a considerar es aquel que identifica los ambientes en los que se podría concebir potencialmente una teatina (ver Tabla VI.2. - 01 en la página siguiente). Como premisa básica, resulta aconsejable considerar la presencia de una teatina en la medida que ella sea capaz de proveer, a una habitación que lo requiera, de una iluminación natural homogénea y de una ventilación moderada, constante y a la vez controlable, principalmente en la época de verano.

Se ha de considerar necesariamente la particularidad del componente de permitir un registro parcial del exterior (en principio sólo se aprecia el cielo a través de su abertura), en la medida que resulta siendo ideal en algunos casos y limitante en otros. En este

UTILIZACIÓN DE TEATINAS SEGÚN UBICACIÓN					
Residencial	Baño	U	**Comercial**	Áreas de circulación	V
	Cocina	U		Atrios (galerías cerradas)	V
	Comedor	(V)		Cocinas industriales	U
	Dormitorios	V		Estacionamientos	(V)
	Estudio	(V)		Oficinas	(V)
	Lavandería	V		Salas de espera	V
	Pasillos y escaleras	V		Salas de exposiciones	(V)
	Sala / Estar	(V)		Salas de reunión	(V)
Recreacional	Auditorios	(V)		Tiendas en general	(V)
	Coliseos	(V)		Zonas de comedor	(V)
	Discotecas / Casinos	U		Zonas de servicio	U
	Sala de Cine / Teatro	(V)	**Sanidad**	Consultorios	U
Educacional	Aulas	(V)		Dormitorios	U
	Bibliotecas	(V)		Laboratorios	U
	Gimnasio	V		Salas de espera y pasillos	V
	Laboratorios	U	**Industrial**	Almacenes	(V)
	Talleres	V		Naves industriales	(V)

Leyenda	**Recomendable**	V
	Recomendable, según la actividad y versatilidad de la abertura	(V)
	No recomendable	U

Tabla VI.2. - 01:
Ambientes en donde resulta recomendable la eventual concepción de teatinas.

último caso surge la necesidad de complementar dicha vista con la presencia de vanos adicionales en la habitación.

La ventilación termina siendo la principal condicionante de dicha elección, ya que las ventajas en el aspecto de la iluminación resultan siendo más evidentes y versátiles. El ingreso constante de viento exterior puede precisamente llegar a ser conflictivo en algunos casos concretos: sea que se requiera mantener ciertos niveles de asepsia, o en la medida que se llegue a generar la eventual expansión de humos u olores hacia ambientes contiguos. Aún así, en muchos casos resulta posible condicionar el uso final de una eventual teatina, en la medida que se consideren ciertos detalles en los acabados de la misma y en los de la propia habitación y del edificio que la contenga.

Finalmente, en la medida que la captación del viento exterior no resulte siendo la estrategia más adecuada, resulta muy probable que sí lo sea la extracción (torre de viento). En este punto no se debe descartar la posibilidad de combinar ambas estrategias, desde ambientes separados, incluso con la presencia de eventuales sistemas mecánicos en función de los requerimientos.

A continuación se detallan ciertos lineamientos o recomendaciones de diseño para la concepción de teatinas en el caso concreto de la ciudad de Lima. Es preciso resaltar que la gran similitud de variables climáticas que comparten gran parte de la franja costera peruana (niveles de temperatura, humedad relativa, radiación, precipitaciones, incluso direcciones, frecuencias e intensidad de viento), permite que muchas de las recomendaciones siguientes terminen siendo generalmente extensibles a dicho territorio.

VI.2.1. EL ENTORNO.

La eficiencia con que termina comportándose potencialmente la teatina en términos de ventilación e iluminación, está en función de las características que rodean la edificación que la contiene, además de aquellas que genera el propio edificio.

Asumiendo una zona urbana, las consideraciones a tener en cuenta para lograr un funcionamiento óptimo de la teatina están relacionadas directamente con las características de la propia trama, principalmente en función de la orientación y disposición de la cuadrícula, así como del perfil que termina configurando.

Con respecto al primer punto, la dirección del viento predominante y el recorrido solar, frente a un clima con las características particulares ya expuestas, hace evidente la conveniencia de disponer de manzanas alargadas y orientadas en el sentido E-O, incluso giradas ligeramente en dirección N-E / S-O (ver Gráfico V.2.1. - 01). Con ello se logra orientar la mayor cantidad de lotes resultantes de tal forma, que las fachadas hacia las calles y los patios interiores protejan con mayor facilidad las aberturas de la radiación solar directa (incluyendo la de las eventuales teatinas).

Al estar enfrentada la manzana a los vientos en su lado más amplio, se permite, en principio, una mejor circulación del aire a través de los ambientes de las edificaciones; nuevamente, sea a partir de ventanas convencionales o de eventuales teatinas.

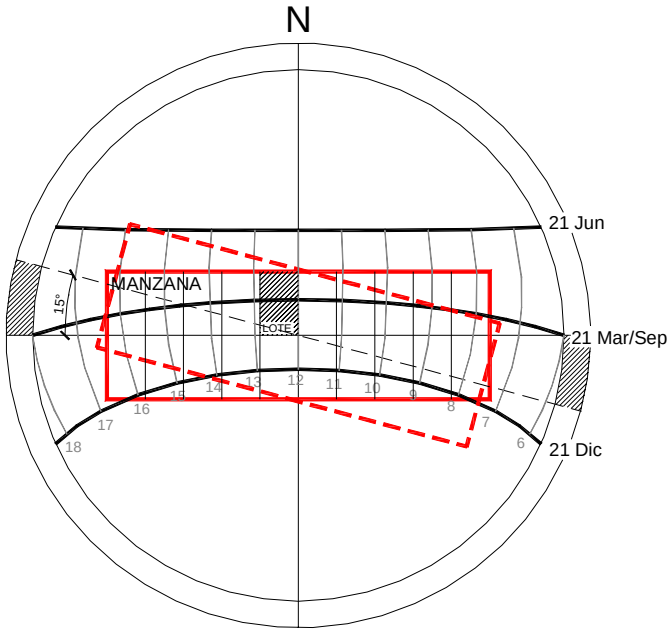


Gráfico VI.2.1. - 01: Disposición y orientación óptima de la cuadrícula urbana en la ciudad de Lima, propuesta válida también para edificios aislados.

En cuanto a la altura de la trama urbana, se parte de la lógica en la búsqueda de una uniformidad que permita que el viento llegue de forma efectiva a las partes altas de las edificaciones. En este sentido cabe recordar que una teatina 'tradicional' resulta siendo útil únicamente en las últimas plantas de los edificios; ello a menos que se propongan alternativas que impliquen el aprovechamiento del viento y de la luz para los pisos inferiores (ver título VI.2.6. Consideraciones de Casos Singulares).

La búsqueda de una uniformidad no implica necesariamente alturas idénticas. Las posibilidades de escalonamientos moderados en el perfil, sean estos ascendentes o descendentes, pueden resultar válidas en la medida de la ubicación relativa de las eventuales teatinas (Ver Gráfico VI.2.1. - 02).

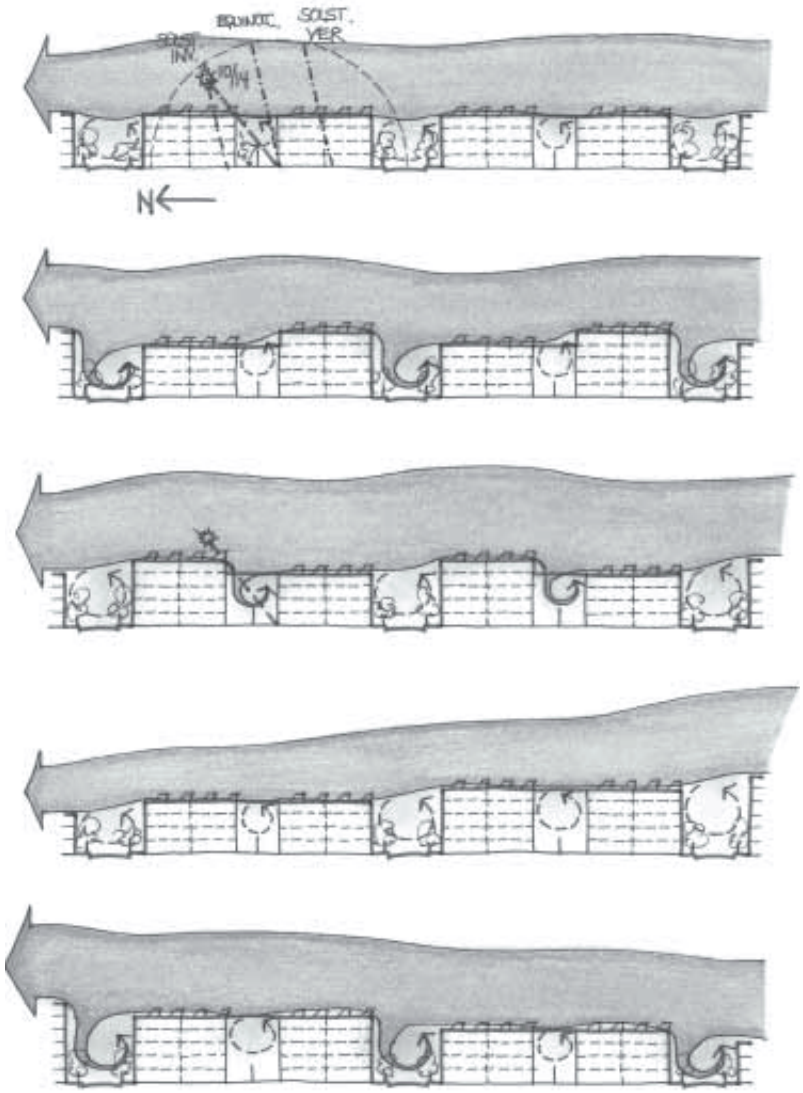


Gráfico VI.2.1. - 02: Alternativas en la configuración del perfil urbano que permiten la colocación de teatinas en los últimos pisos; además del viento, es necesario considerar la incidencia solar.

Escala y disposiciones referenciales; el planteamiento de propuestas concretas requiere de estudios específicos.

Los aspectos previamente tratados (orientación, disposición y perfil de la trama), terminan configurando un entorno que, en el caso específico de la ciudad de Lima, se encuentran generalmente ya definido. De este modo, las recomendaciones resultan útiles para el eventual crecimiento de ciudades que comparten características climáticas similares, ya que en el caso concreto de Lima, queda claro que no resulta aconsejable seguir expandiéndose en la periferia, sobre las últimas áreas agrícolas.

Quizá sea el perfil urbano la única variable que podría, y debería, tratar de ajustarse y reglamentarse en función de las consideraciones expuestas. Estudios específicos para las diversas situaciones urbanas tendrían que valorarse y verse reflejados en disposiciones municipales que logren coherencia en este punto y otorguen estabilidad en las normas (que en adelante no se alteren dichas disposiciones y terminen perjudicando situaciones creadas con la lógica recomendada).

Un punto adicional, relacionado al entorno inmediato de una abertura de teatina, es la eventual ubicación de salidas de humos, de sistemas mecánicos de climatización o de ventilación de redes de desagüe. Es necesario prever estas posibilidades y, en función de la dirección del viento, procurar que la calidad del aire que pueda ingresar a través de la abertura de la teatina sea la óptima.

Finalmente, resulta imprescindible una visión integral de la relación entre la teatina y su entorno, aún cuando las condicionantes terminan siendo innumerables. En este sentido, el diseño del componente deberá considerar la disposición, los materiales y los acabados del resto del edificio y de la propia habitación, la necesidad de complementar la abertura de la teatina con otros vanos, la eventual presencia de un mobiliario interno acorde con el desempeño requerido, entre otras variables.

VI.2.2. UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LA ABERTURA.

La ubicación ideal de la teatina, en relación a la habitación que la contiene, se logra a partir de la coincidencia del eje central de ambas en uno de los sentidos, y con la abertura de la primera sobre uno de los muros que define el espacio. Esta ubicación había quedado insinuada desde el momento que resultaba siendo tradicionalmente la más común, quedando finalmente demostrada en la evaluación lumínica. Resulta además evidente que, en función de la ventilación que provee, esta ubicación es también la más adecuada (ver Gráfico VI.2.2. - 01).

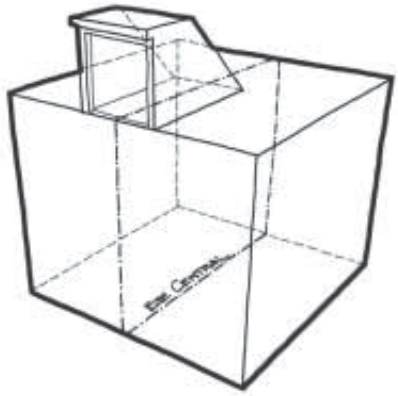
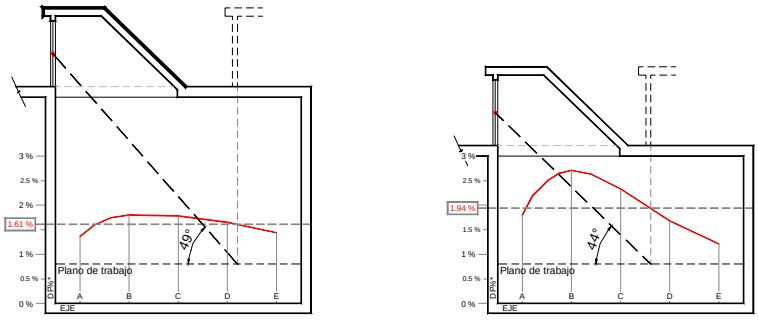


Gráfico VI.2.2. - 01: Ubicación tradicional de la teatina con relación a la habitación; se termina logrando una mejor repartición de la luz al interior.

En la medida que se pretenda considerar el uso de más de una teatina en un mismo espacio, la ubicación de estas dependerá del tamaño de la habitación y de los propios componentes de iluminación. A partir de los resultados obtenidos en la evaluación lumínica (que resulta siendo el aspecto a considerarse en este sentido), es posible predecir, de forma aproximada, un 'área de influencia' que proporciona el componente bajo unas condiciones 'típicas' asumidas en la propia evaluación.

A partir de esta condición, se plantean dos situaciones representativas, la primera de ellas pretendiendo asegurar valores de iluminancia iguales o superiores al promedio obtenido en la prueba, y la segunda, asumiendo niveles mínimos en el Factor de luz Natural (DF%) de 1% (ver Gráfico VI.2.2. - 02 en la página siguiente). La eventual secuencia de teatinas quedaría finalmente determinada por ciertos ángulos mínimos de referencia, definidos entre el centro de la abertura y el plano de trabajo.

En el primer caso, los ángulos resultan con valores de 49º y 44º, para habitaciones de altura 'tradicional' y 'contemporánea' respectivamente. En el segundo caso, buscando



(a) Habitación modelo con altura 'tradicional' (Prueba B.01.)

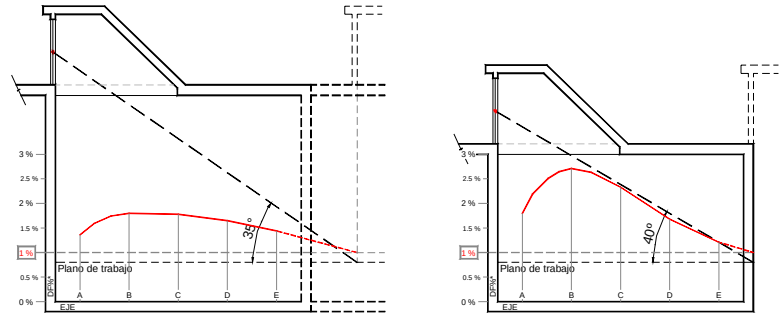
(b) Habitación modelo con altura 'contemporánea' (Prueba B.02.)

Nivel de Iluminación (DF%) referencial igual al promedio de la habitación.

* Valor promedio a lo largo de los ejes.

Gráfico VI.2.2. - 02: Ángulos entre el plano de trabajo y el centro de la abertura de la teatina deducidos según los requerimientos de iluminación que se detallan.

Niveles promedio de iluminación (DF%) obtenidos a partir de los resultados de las dos pruebas más representativas de la evaluación (línea roja en función de la escala presentada en la parte izquierda del corte).



(c) Habitación modelo con altura 'tradicional' (Prueba B.01.)

(d) Habitación modelo con altura 'contemporánea' (Prueba B.02.)

Nivel de Iluminación (DF%) referencial igual a 1 %.

* Valor promedio a lo largo de los ejes.

niveles mínimos de iluminación de 1%, los ángulos se reducen a 35º y 40º bajo las condiciones previamente descritas. Se ha de considerar que, según las propias pruebas realizadas, los patrones de distribución de la iluminancia resultaron bastante simétricos en los dos sentidos del plano de trabajo. Es así que se puede asumir, *a priori*, que los ángulos obtenidos en el sentido longitudinal resultan siendo válidos también en el sentido transversal.

Estos resultados, que no dejan de ser referenciales, evidencian finalmente una relación directa (y predecible) entre la necesidad de acercar más las teatinas entre ellas en la medida que mayores sean los requerimientos de iluminación, y que menor resulte la distancia entre el techo y el plano de trabajo.

En cuanto a la orientación de la abertura, las consideraciones expuestas en el título anterior son prácticamente extensibles a este. Ella debe coincidir con el viento dominan-

te en los días y las horas más 'conflictivas' (calurosas) del año. Es decir, para el caso de Lima, y para gran parte de la costa peruana, la orientación ideal varía entre la dirección sur (S) y sur-oeste (SO).

La única consideración a tomar en cuenta, en el caso que la dirección de los vientos se aleje del componente norte o sur, es la necesidad de considerar una protección adicional de la abertura ante el eventual ingreso descontrolado de radiación solar directa, permitiendo mantener a su vez el ingreso necesario de iluminación y ventilación natural. Las eventuales soluciones se deberán considerar según cada caso, aspecto tratado en los párrafos posteriores (VI.2.5. Versatilidad y Protección de la Abertura).

En el caso que se busque concebir un componente cenital que procure únicamente iluminar, una orientación de abertura bastante apropiada para la ciudad de Lima termina siendo también el norte (ver V.2.1.1. Radiación Solar, capítulo de Evaluación Energética); aún manteniendo el aspecto formal, en rigor deja de ser una teatina al dejar de funcionar como captador de viento. Para este eventual lucernario, inspirado en la forma de la teatina, puede contemplarse un funcionamiento como 'chimenea', en la medida que se permita la salida del aire a través de su abertura (Ver gráfico VI.2.2. - 03).

Por último, si se pretende utilizar indistintamente el mismo componente como teatina o chimenea, o en el caso que la dirección de los vientos en el emplazamiento resulte irregular, no debe descartarse la posibilidad de concebir una 'teatina' que pueda girar sobre su eje en función de los requerimientos mencionados; en este caso resulta previsible un aumento en los costos de construcción y mantenimiento.

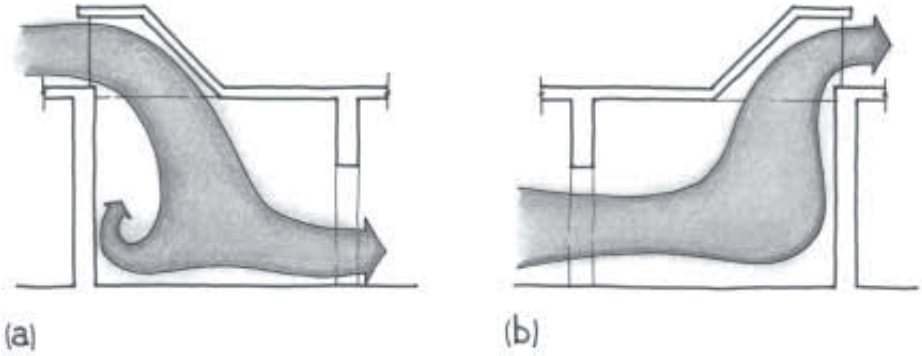


Gráfico VI.2.2. - 03:
Posibilidades de ubicación de la teatina en relación al viento exterior. La primera de ellas (a), funcionando como una teatina propiamente, captando el viento exterior. La segunda (b) funcionando como 'chimenea', permitiendo la salida del aire interior, sea por convección o por diferencia de presiones.

VI.2.3. PROPORCIÓN Y DIMENSIONES.

Las proporciones y las dimensiones de la teatina se refieren, en principio, a su forma y a su tamaño respectivamente. En cuanto a su forma básica, la proporción típica de la cara lateral resulta generalmente una constante y termina dándole el aspecto característico a la teatina (ver Gráfico VI.2.3. - 01). Por su parte, la proporción de la abertura vertical, que configura la proporción del elemento en planta, tiende a presentar formas rectangulares, acercándose generalmente a la forma cuadrangular.

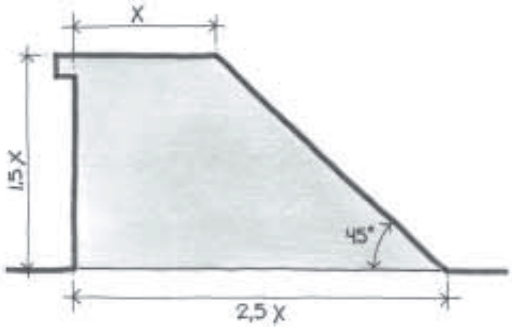


Gráfico VI.2.3. - 01: Proporción aproximada del perfil de la teatina 'típica'. Las proporciones en planta y de la abertura vertical han demostrado ser menos constantes.

Así, una teatina con proporciones tradicionales, con la particularidad de la presencia de un plano inclinado, ha demostrado ser eficiente en dos aspectos fundamentales: por un lado logra una distribución homogénea de la luz en el espacio inferior, mientras que por el otro permite el recorrido óptimo del viento al interior de la habitación en cuanto a la dirección con la que ingresa (casi perpendicularmente desde la parte alta) y en cuanto a la forma en que se reparte.

Paralelamente a estas últimas cualidades, se evidencia un desempeño limitado de la teatina (de proporciones y dimensiones tradicionales) frente a la cantidad de luz que arriba al plano de trabajo. En ente sentido, a partir de las pruebas lumínicas realizadas, se ha llegado a comprobar que una abertura de proporción rectangular, con mayor ancho y menor altura, y manteniendo una misma área neta, termina mejorando significativamente el rendimiento lumínico de la misma. Esta última sugerencia, útil en la medida que se requiera niveles de iluminación altos, no alteraría el desempeño de la ventilación, siempre y cuando se mantenga el resto de las proporciones (de perfil).

En cuanto a las dimensiones óptimas de una teatina, resulta necesario considerar nuevamente el aspecto del nivel de iluminación como punto de partida para valorar o

predimensionar el tamaño de la abertura y, por extensión, en la medida que se mantienen el resto de proporciones, de la teatina.

Concibiendo una teatina que permita una iluminación natural suficiente, quedaría resuelto, en principio, el aspecto de la ventilación, tanto para efectos de confort térmico como de renovación del aire. La velocidad mínima al interior de la habitación quedaría asegurada a partir de la correcta orientación de la abertura de la propia teatina y de la consideración de aberturas complementarias. El tamaño y la ubicación de estas últimas resulta fundamental, debiendo evitarse áreas pequeñas, además de prever la versatilidad en el manejo de las mismas.

Habiendo asumido que el tamaño de la teatina está asociado directamente a la capacidad de iluminar, y considerando este un aspecto fundamental para la eventual concepción de un componente en la actualidad, se propone un método de predimensionamiento en el siguiente título (VI.3. Modelo Matemático de Predicción Lumínica), a partir de la aplicación de una fórmula simplificada.

Resulta evidente que el tamaño final de la teatina deberá considerar, además de su forma, diversos factores que ya han sido y serán abordados en los títulos siguientes: altura relativa del componente, acabados de las superficies interiores y exteriores, presencia de aleros o rejas, etc.

Una particularidad adicional con respecto a la forma de ciertas teatinas, que evidencian ser más tardías, viene a ser la forma trapezoidal que presenta la abertura horizontal. Con el lado más corto correspondiendo con la abertura vertical, se ha llegado a comprobar un comportamiento lumínico ligeramente más eficiente; además, resulta previsible una repartición más homogénea del aire al interior de la habitación, aunque alcanzando velocidades ligeramente menores.

A partir de esta última cualidad, y partiendo de la forma tradicional de la teatina como modelo, se presentan diferentes alternativas que mejorarían potencialmente el desempeño de la misma, principalmente frente al aspecto de la ventilación (ver Gráfico VI.2.3. -02 en la siguiente página).

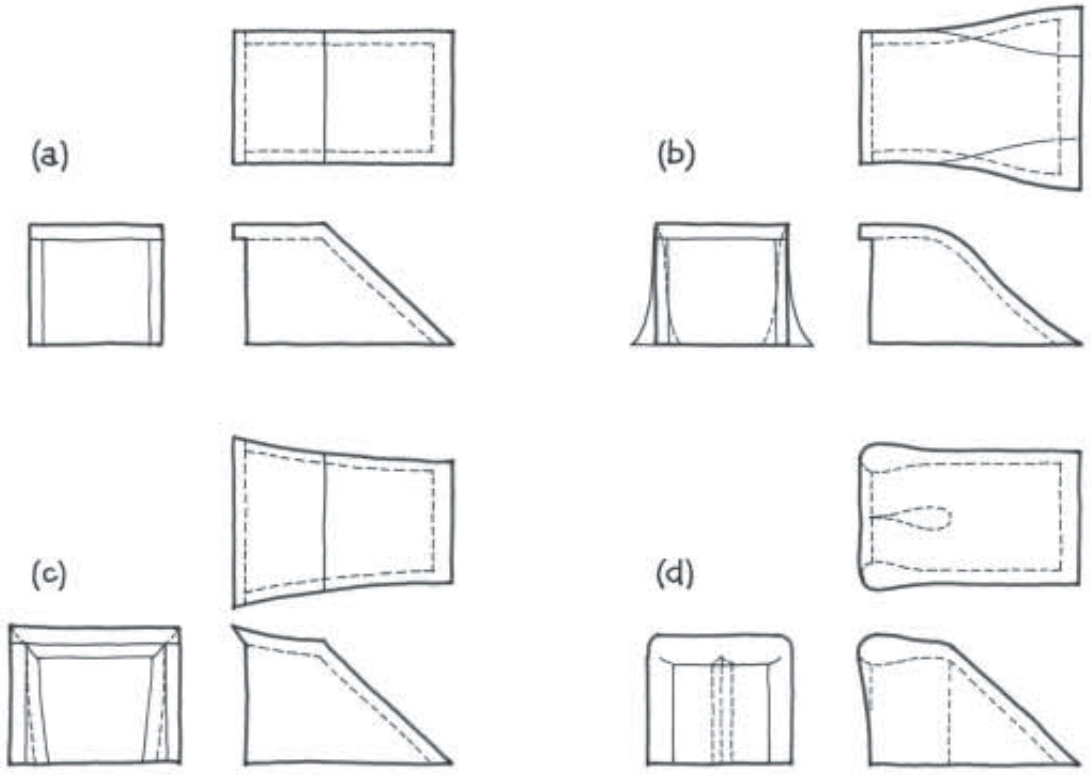


Gráfico VI.2.3. - 02:
Alternativas formales de 'teatinas' que buscan una mayor eficiencia.
Tomando como base una teatina de proporciones tradicionales (a), y bajo la lógica expuesta de una abertura horizontal de forma trapezoidal, se presenta una 'teatina' con un perfil que ofrezca menos resistencia al ingreso del viento (b). Una siguiente propuesta plantea una 'teatina' con una disposición inversa a la anterior (c); en la medida que mantenga una misma área neta de abertura, la iluminación al interior resultará menor, aunque haciendo más intenso y puntual el flujo de aire que ingresa. Una última 'teatina' (d) pretende igualmente, a partir de sus vértices 'redondeados', darle una mayor velocidad al viento que ingresa a la habitación.

VI.2.4. MATERIALES, TEXTURAS Y COLOR.

Los materiales, las texturas (o acabados superficiales) y el color a considerarse en una eventual teatina deberán ser elegidos en función de mantener y mejorar el rendimiento térmico y lumínico que brinda el componente hacia el interior del ambiente.

En este sentido, dichos materiales deben configurar una estructura que, al igual que en el caso de las teatinas tradicionales, ostente un cierto grado de inercia térmica, retardando el calentamiento del componente en las horas más cálidas (ver detalles en el título V.2.1. Evaluación térmica). Con ello se evita el propio calentamiento del aire interior circundante y, por extensión, una mayor eficiencia en el ingreso del aire exterior a través de la abertura durante las horas críticas.

En relación a este último objetivo, resulta imprescindible la consideración de un acabado exterior de color claro (coeficiente de reflexión alto) y, si es posible, una superficie texturada que ayude a evitar un mayor calentamiento superficial de la estructura.

Ante estas consideraciones, la eventual concepción de una teatina en la actualidad deberá de tomar en cuenta necesariamente la estructura y el material de la cubierta y del techo para proponer una solución coherente. La solución convencional a nivel urbano para los techos de los últimos pisos (losa aligerada de concreto armado con recubrimiento exterior de ladrillo pastelero), facilita, *a priori*, una alternativa correcta y sencilla para las eventuales teatinas, a partir de una propuesta que contemple una continuidad estructural entre ambas.

En la medida que se conciban cubiertas con estructuras ligeras, situación relativamente común debido a que resultan ubicadas en el último nivel, más aún cuando se trata de ampliaciones particulares, la dificultad de agregarle peso a dicha estructura impide, en principio, la concepción de un componente con materiales que permitan la inercia térmica (y por lo mismo, con peso). En este caso, consiguiéndose seguramente una propuesta más económica, termina siendo recomendable la consideración de materiales aislantes (de baja conductividad térmica) en la concepción de la estructura de la teatina.

En cuanto a las características apropiadas a tomarse en cuenta para el acabado interior del componente, estas terminan estando ligadas al desempeño lumínico del mismo. En

este sentido resulta importante la elección de colores claros, decisión que debe extenderse necesariamente al techo y a las paredes de la habitación. Por último, la consideración de una textura lisa en las superficies interiores del elemento facilitaría *a priori* el ingreso del aire a través del mismo.

Se ha de prever, en todo caso, que dichas tonalidades claras recomendadas hacia el interior no terminen creando situaciones de deslumbramiento. La utilización de acabados difusos evitarían en principio la presencia de dichos fenómenos. Ello no debe descartar la eventual utilización de materiales reflejantes que pudieran mejorar el nivel y la distribución de la iluminación natural al interior del ambiente, aunque estas últimas deberán de ser cuidadosamente estudiadas.

Finalmente, en la medida que se pretenda concebir un elemento formalmente similar a la teatina, pero que funcione como extractor de aire (es decir, como una chimenea, no como un captador de viento), las condiciones del material y de los acabados exteriores resultarán opuestos a los planteados. Se buscaría, en principio, que el componente se caliente rápida y efectivamente con el fin de elevar la temperatura del aire circundante que, a su vez, buscaría de escapar más rápidamente por convección. En definitiva, se requeriría de un material ligero y con un alto grado de conductividad térmica (principalmente materiales metálicos), a la vez de contar con un acabado oscuro (grado alto de absorvidad, α) hacia el exterior.

VI.2.5. VERSATILIDAD Y PROTECCIÓN DE LA ABERTURA.

Resulta fundamental prever la capacidad de controlar y maniobrar de forma fácil y efectiva la abertura de la teatina. Ambos aspectos permiten otorgarle al componente la posibilidad de adaptarse a las condiciones exteriores en función a los requerimientos de los usuarios. Para ello resulta necesario que dicho control se de precisamente desde el interior de la habitación. No se debe descartar la posibilidad de utilizar sistemas electromecánicos de control, manejados por los usuarios o asociados a sensores (domótica), para complementar la eficiencia del recurso; ello en función de los requerimientos específicos y de la capacidad de inversión.

En cuanto a la versatilidad misma de la abertura, esta se terminará dando en la medida de la existencia de soluciones concretas que permitan el control independiente del ingreso de la ventilación y la iluminación. En este sentido, la solución tradicional para las aberturas de las teatinas, considerada de forma sistemática a partir de mediados del siglo XIX, resulta ilustrativa y convincente: puertas con superficies translúcidas que a su vez contenían contrapuertas opacas de madera, todas controlables desde la parte baja de la propia abertura por medio de cuerdas (ver detalles en IV.4.4.6. Cerramientos: características y sistemas de control).

Un aspecto importante a considerar necesariamente en la concepción de los sistemas de cerramientos, es el del mantenimiento de los mismos y de la propia teatina. Dicho mantenimiento, asociado a la limpieza periódica y a las eventuales reparaciones, debe considerar la accesibilidad y la sencillez del propio sistema.

En cuanto a la protección de la abertura, este aspecto deberá considerar dos variables distintas, aunque potencialmente relacionadas entre si. La primera de ellas se refiere a la seguridad que deberá ofrecer la abertura de una teatina, en la medida que esta puede llegar a convertirse en un ingreso para los intrusos, así como una eventual salida de emergencia. En este sentido es posible considerar sistemas de protección adicionales a los cerramientos, aunque con la posibilidad de abrirse fácilmente desde el interior.

Una segunda variable se refiere a la protección contra la radiación solar directa, fenómeno relacionado con el confort térmico y lumínico de los usuarios. El alero y la contraventana se presentan como las soluciones tradicionales que permiten ofrecer un control

sobre dicho fenómeno, aunque estos terminan resultando eventualmente limitados. Si bien el alero se presenta como un recurso que evita el ingreso directo de una gran parte de la radiación, existen generalmente, y en función de las orientación de la abertura, muchas horas en las que la última alternativa para una protección efectiva terminaban siendo los cerramientos opacos que, al margen de sus virtudes térmicas y lumínicas, evitan el ingreso efectivo del aire y de la propia luz.

Relacionando nuevamente las dos variables mencionadas, se sugieren a continuación algunas propuestas básicas. Se requiere, en definitiva, un elemento capaz de brindar seguridad, permitiendo el ingreso eficiente de la ventilación y de la iluminación natural, reduciendo a su vez el riesgo de deslumbramiento; incluso puede considerarse la posibilidad que dicha solución llegue a ser, además, un elemento que facilite el eventual desalojo de la habitación en caso de emergencia.

Existen dos ubicaciones en las que resulta posible, *a priori*, concebir algún tipo de protección: a nivel de la abertura vertical y de la horizontal. En la primera de ellas, es posible considerar cuatro alternativas similares, ello según la orientación de la propia abertura (ver Gráfico VI.2.5. - 01 y leyenda). Resulta evidente que todas estas soluciones, en mayor o menor medida, reducen la velocidad del viento y la cantidad efectiva de luz que

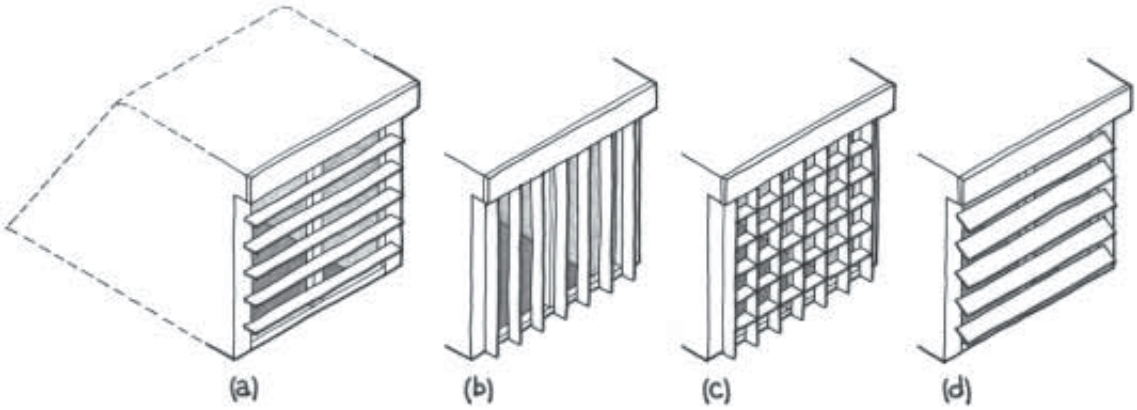


Gráfico VI.2.5. - 01: Vista de persianas típicas horizontales (a) y verticales (b). En el caso de Lima se recomiendan las primeras en la medida que la abertura esté orientada al norte o al sur, con una desviación máxima de 15º a 20º. Con una desviación entre 15º y 30º (más aún si es hacia el sur) se recomienda la segunda opción. Una desviación mayor sugiere la necesidad de apersianados modulares (c) o de lamas inclinadas (d); estas últimas principalmente cuando la orientación se acerque al este u oeste.
La elección y dimensionamiento de cada una de las soluciones deberán efectuarse según cada caso concreto y utilizando las proyecciones y los ábacos de fugas (ver Anexo 03. Proyecciones Solares).

termina ingresando al interior de la habitación; es imprescindible identificar las dimensiones y la separación mínima de las lamas, además de los acabados superficiales de las mismas, para minimizar dichos efectos. No debe descartarse, desde un principio, la posibilidad de agrandar el alero, siempre y cuando la orientación con respecto al norte o al sur no tenga una desviación muy grande (menor a 15º).

Una eventual protección a nivel de la abertura horizontal terminaría siendo potencialmente útil en tres aspectos: reforzando la verticalidad en la entrada del viento, reduciendo el riesgo de deslumbramiento (sobre todo cuando son utilizadas en espacios amplios) y evitando el sobrecalentamiento de la habitación al impedir que los rayos solares lleguen a las partes bajas de la misma y a las propias personas.

Un objetivo adicional sería la eventual mejora de la repartición del nivel de iluminación que, sumado a los otros aspectos, permitiría ofrecer una solución integral manteniendo la teatina sus características básicas (ver Gráfico VI.2.5. - 02).

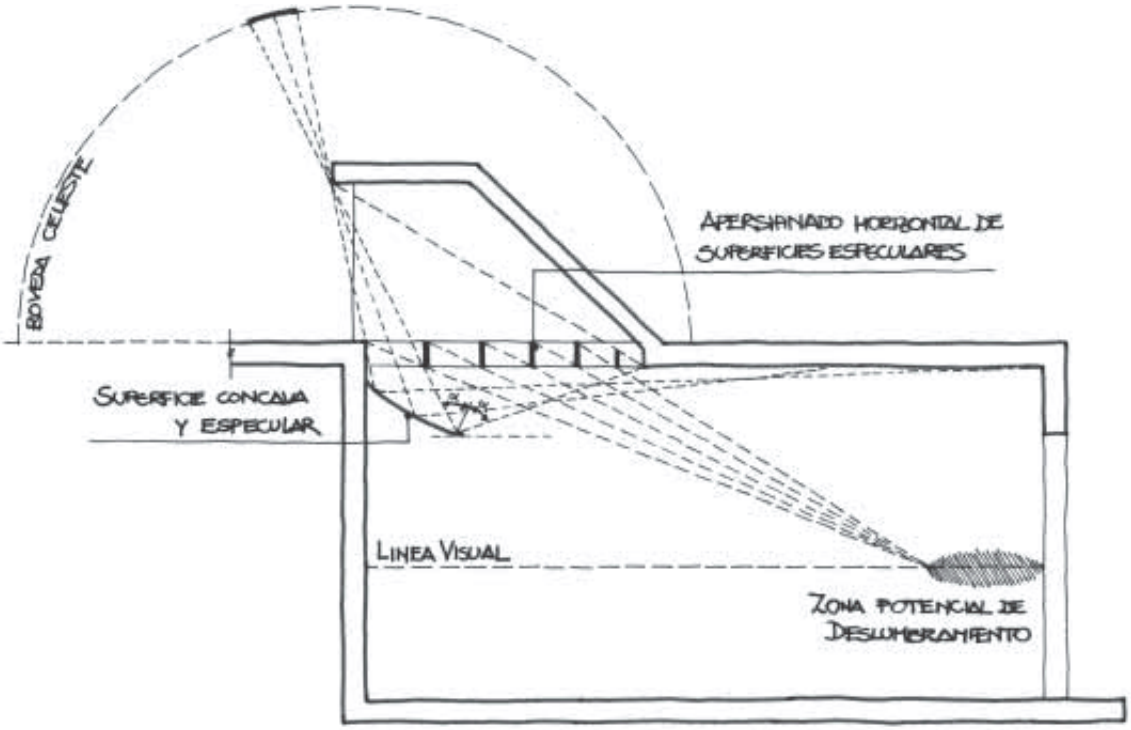


Gráfico VI.2.5. - 02: Ejemplo de protección en la abertura horizontal de la teatina a partir de la presencia de una persiana y de una superficie cóncava reflejante. La disposición de las lamas de la persiana busca evitar el deslumbramiento tapando la porción de cielo visto desde la zona más alejada de la habitación; también permite 'verticalizar' el ingreso del viento al interior. La superficie cóncava lleva la luz de la porción de cielo vista (que corresponde a la zona de mayor luminancia) hacia el fondo de la habitación, además de evitar, junto con el alero, el ingreso de la radiación directa a la parte baja de la misma.

Las posibilidades de realizar propuestas singulares en el aspecto de la protección de la radiación resultan siendo innumerables, más aún, como ya se ha sugerido, cuando estos mismos terminan ayudando a una mejor distribución del viento y de la luz, evitando al mismo tiempo las situaciones de deslumbramiento. Así, las protecciones pueden ser verticales u horizontales; exteriores, interiores o ubicarse dentro de los propios cerramientos. Las superficies, preferentemente claras y difusas, pueden adoptar también acabados reflejantes, de formas planas o curvas, siempre y cuando se estudie detenidamente los posibles efectos térmicos y lumínicos al interior de la habitación.

Finalmente, queda abierta la posibilidad de experimentar con otros recursos novedosos que permitan alcanzar un mejor desempeño del componente: superficies a base de prismas (paneles prismáticos que utilizan la refracción de la luz para desviar su trayectoria), elementos ópticos holográficos (más conocidos como HOEs), paneles cortados por láser (Laser-Cuts panels), etc.

VI.2.6. EJEMPLOS DE APLICACIÓN EN CASOS SINGULARES.

Habiendo sido expuestos los lineamientos básicos a considerarse en la concepción de una teatina, se presentan a continuación tres propuestas, a manera de ejemplos, en las que dicho componente termina modificándose e insertándose dentro de estrategias que pretenden maximizar las ventajas del mismo.

Una primera propuesta, que busca aumentar el nivel de iluminación que provee el componente, se inspira en la forma de una *farola*, conservando las dimensiones y la ubicación de la teatina para efectos de no alterar su comportamiento frente a la ventilación (ver Gráfico VI.2.6. - 01). La superficie inclinada, de material translúcido, se mantendría precisamente para asegurar el rendimiento óptimo frente a la ventilación; también existe la posibilidad de convertir dicha superficie en rebatible y que permita transformar el componente en una 'chimenea' según las exigencias de las circunstancias.

Un detalle adicional viene a ser la presencia de persianas horizontales en las cuatro aberturas verticales. Ellas evitarían el ingreso indiscriminado de radiación solar directa

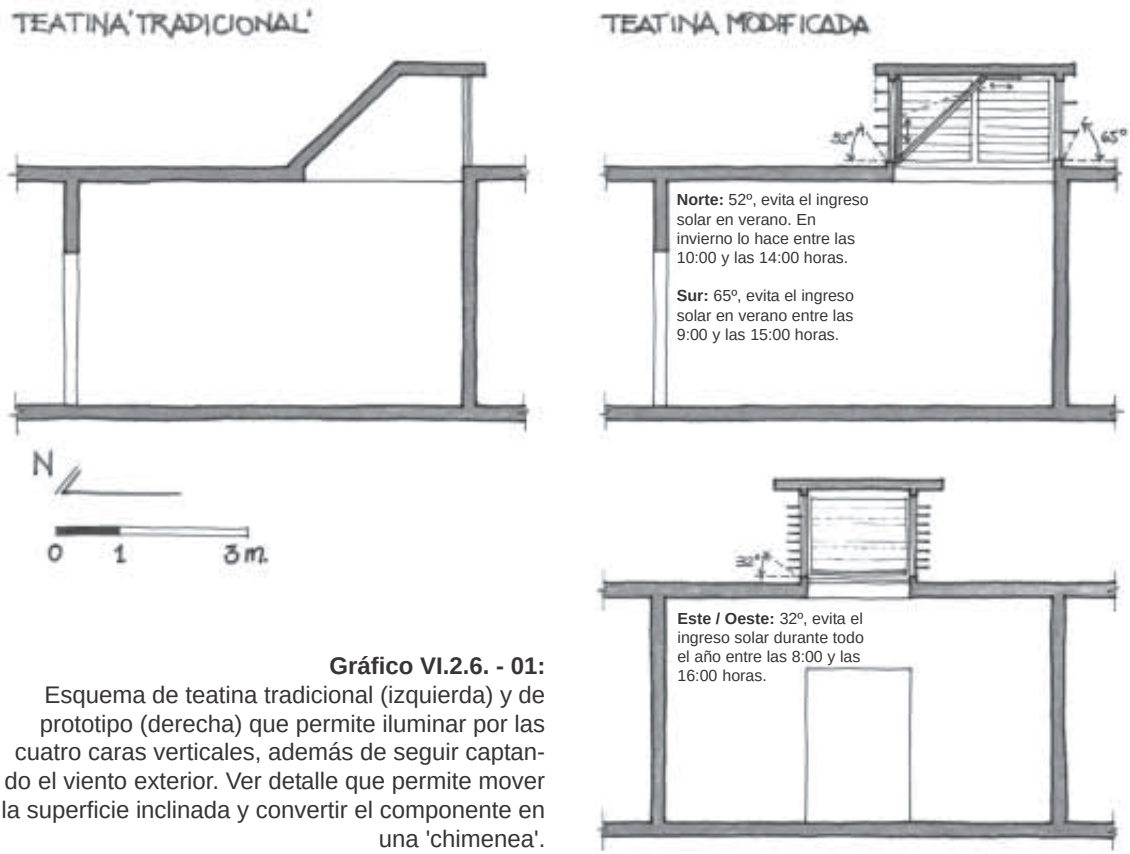


Gráfico VI.2.6. - 01:
Esquema de teatina tradicional (izquierda) y de prototipo (derecha) que permite iluminar por las cuatro caras verticales, además de seguir captando el viento exterior. Ver detalle que permite mover la superficie inclinada y convertir el componente en una 'chimenea'.

en los meses y horas más conflictivos sin interrumpir el eventual flujo de aire; los ángulos sugeridos en el gráfico han sido obtenidos a partir de la utilización de la proyección Equidistante y del ábaco de fugas (ver Gráfico V.2.1.1. - 04 en el título de Radiación Solar, capítulo de Evaluación Energética).

Una segunda idea, que se basa en la disposición típica de muchos edificios educativos, de oficinas, incluso residenciales, sugiere aprovechar el espacio frente al alféizar para configurar una 'teatina' corrida en el nivel inferior (ver Gráfico VI.2.6. - 02).

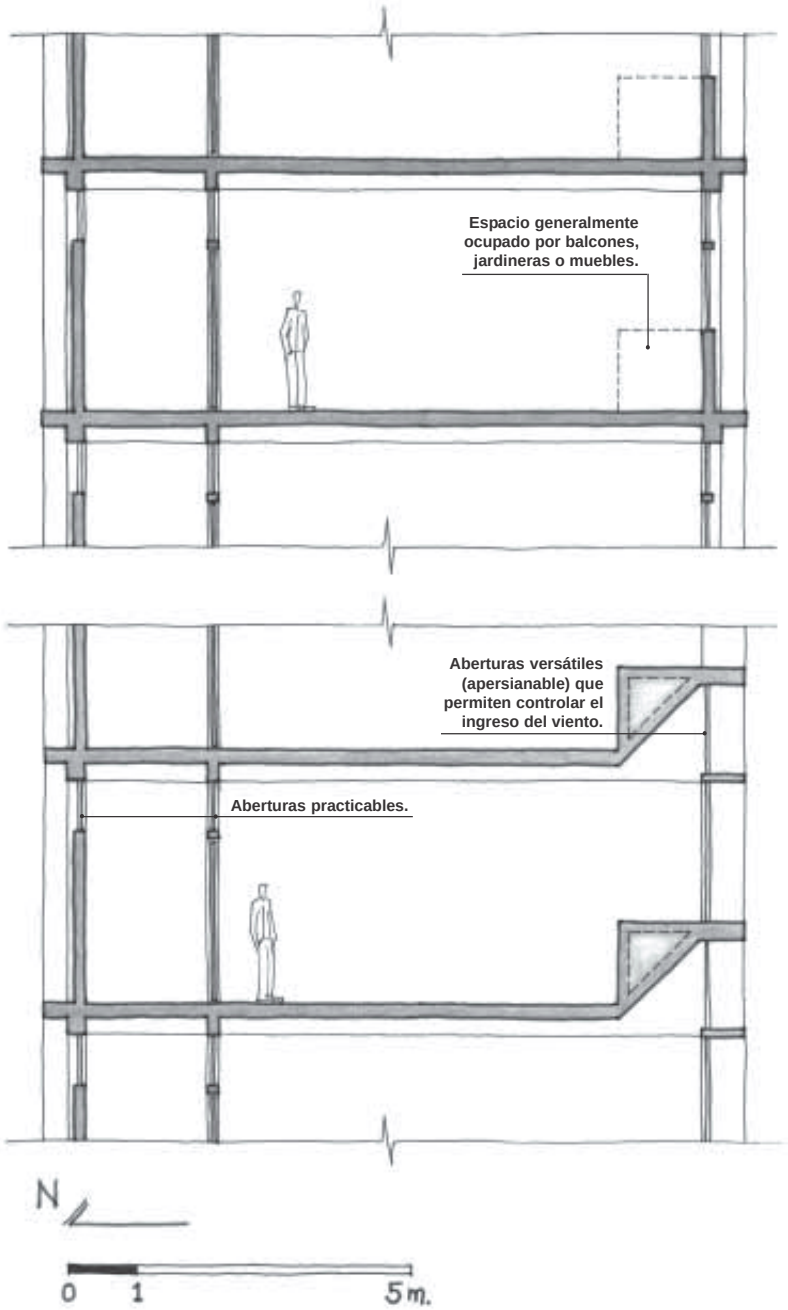


Gráfico VI.2.6. - 02: Esquema típico de edificio (arriba) y propuesta para aprovechar una zona de la habitación, generalmente inutilizada, para la inserción de una 'teatina' que permita una mejor iluminación y ventilación del ambiente inferior.

A pesar de que se termina 'perdiendo' parte del espacio en el que se ubica el componente, además de exigir una solución estructural no convencional, resulta evidente una mejor distribución de la luz al interior, a la vez de reforzar potencialmente la ventilación.

Una última idea, que propone extender el uso de la teatina a un espacio semi-abierto, considera un perfil urbano típico cada vez más consolidado en la ciudad de Lima. Ante la dificultad creciente de proveer de un viento fresco y continuo, en la medida que se consolida una densificación en altura, la alternativa de capturarlo a nivel de los techos termina siendo válida (ver Gráfico VI.2.6. - 03).

El eventual captador, ubicado sobre la zona de escaleras o sobre los patios de luz, mantendría el perfil típico de la teatina y aprovecharía la presión positiva a la altura de su abertura, generada precisamente a partir de su propia presencia. La configuración en planta del propio edificio deberá promover la ventilación cruzada a través del mismo, sin descartar la posibilidad de complementar la estrategia con sistemas de chimeneas y aspiradores estáticos en las zonas de servicio.

Por último se puede asegurar que, a partir de los ejemplos propuestos y de los lineamientos expuestos en los títulos anteriores, las posibilidades de encontrar alternativas que rescaten y aprovechen los principios que giran alrededor de la teatina terminan siendo innumerables.

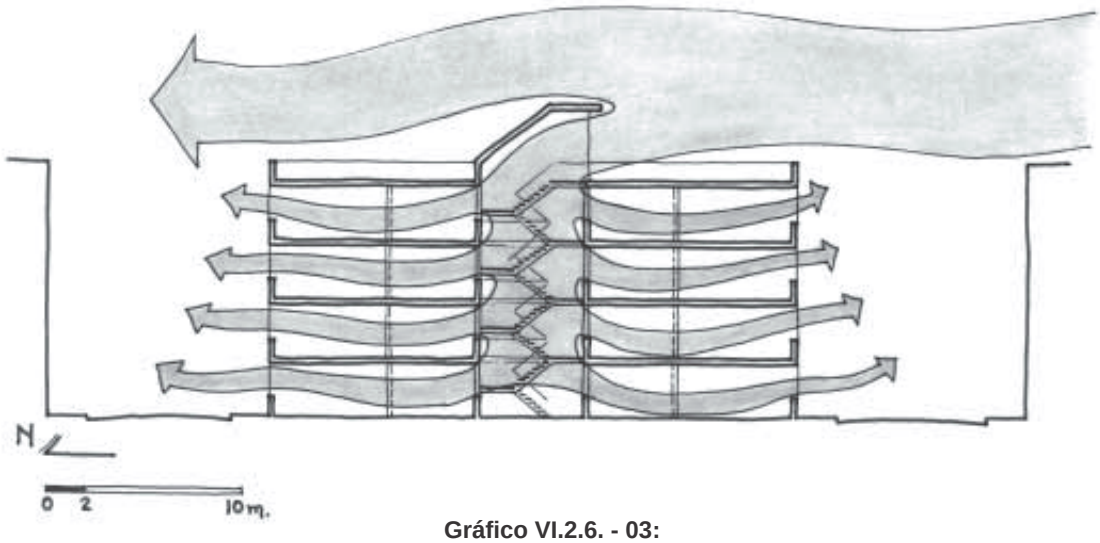


Gráfico VI.2.6. - 03:
Esquema de distribución hipotética de la ventilación al interior de un edificio a partir de la captación del viento exterior a nivel del techo. Con respecto a esta tercera propuesta, ella forma parte de las sugerencias que hace el propio Givoni para viviendas urbanas en hilera. Ver: GIVONI, Baruch; *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Van Nostrand Reinhold. New York, 1998. Página 218.

VI.3. MODELO MATEMÁTICO DE PREDICCIÓN LUMÍNICA.

Mencionado en el título correspondiente (II.3.2. Herramientas de Evaluación Lumínica), el método más apropiado para la predicción del nivel de iluminación promedio de una habitación con una abertura hacia el exterior, debido a la sencillez, rapidez y aproximación del resultado, termina siendo el *Método del Lúmen*, también llamado *Método del Flujo Total*. Asumiendo la teatina como un vano vertical de características particulares, se procederá a plantear algunas consideraciones y ajustes a la fórmula propuesta, de tal forma que pueda ser útil para predimensionar el componente.

La fórmula base.

El método mencionado en el párrafo anterior considera que el nivel de iluminación interior promedio está relacionado con el nivel de iluminación exterior (E_e y E_i, ambos considerados sobre un plano horizontal) en función directa con las áreas de la abertura y de la habitación (A_{pas} y A_i respectivamente); todo ello considerando adicionalmente las particularidades en los acabados de las superficies internas de la habitación, además de las condiciones de la abertura del componente, en este caso de la teatina (coeficientes de la abertura, de transmisión del cristal y de utilización respectivamente).

A partir de dicha relación base, instituciones como la Building Research Establishment (BRE) o la Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) han sugerido frecuentemente una ecuación que permite la deducción aproximada del factor de luz natural promedio (DF%) de una habitación (Average Daylight Factor):

$$DF_{pr} = [A_v / A] \cdot [\phi \cdot k_n / (1 - R^2)] \% \qquad \text{... (1)}$$

donde:

DF_{pr} = factor promedio de luz natural, (%),

A_v = área de la abertura, (m^2),

A = área total de las superficies interiores, (m^2),

ϕ = ángulo vertical de cielo desde el centro de la abertura (grados),

k_n = coeficientes de corrección,

R = coeficiente de reflexión promedio de las superficies interiores, $(a_1r_1 + a_2r_2 ...) / (a_1+a_2 ...)$

donde:

a_n = área de la superficie (m^2), y

r_n = coeficiente de reflexión de la superficie.

Entre las consideraciones que se mencionan en la presentación oficial de la fórmula (British Standards Institution *BS 8206: Part 2: 1992 Code of practice for daylighting*), sobresalen las siguientes consideraciones:

- Se consideran ambientes de geometría simple e iluminadas por aberturas verticales.
- El promedio del factor de luz natural (DF%) es el valor medio sobre un plano de trabajo horizontal a unos 70 cm. del piso y considerando un cielo cubierto CIE.
- El valor ϕ termina siendo válido sólo para obstrucciones fácilmente predecibles.
- El promedio obtenido termina prediciendo la cantidad de luz que ingresa y que se reparte sobre el plano de trabajo, no así la distribución de la misma en la habitación.
- Para el cálculo del coeficiente de reflexión promedio (R) no se debe dejar de considerar las propias ventanas (cristales).

En cuanto a los coeficientes de corrección, se reconocen en principio cuatro diferentes:

$$k_n = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \qquad \text{... (2)}$$

donde:

k_1 = coeficiente de mantenimiento de ventana,
k_2 = coeficiente de obstrucción de ventana,
k_3 = coeficiente de transmisión del cristal, y
k_4 = coeficiente de mantenimiento de la habitación.

El coeficiente de mantenimiento de la ventana (k_1) considera el nivel de limpieza que tiene el área efectiva del cristal. Este valor depende de la polución ambiental, de la inclinación del cristal y de la frecuencia con que se limpie el mismo.

Para un cristal en una abertura vertical (que es el caso de la teatina), el coeficiente que se sugiere es 0.9 si esta se ubica en un emplazamiento limpio, 0.7 en uno sucio o 0.6 en uno muy sucio. En caso que la abertura no tenga cristal o que el marco que la contenga se encuentre abierto, el coeficiente termina siendo la unidad (k_1 = 1).

El coeficiente de obstrucción de la ventana logra identificar el área efectiva de la abertura que permite la iluminación del ambiente. Elementos como el propio marco, las rejas o el sistema de cerramiento terminan siendo objetos opacos que no permiten el paso de la luz. El valor del coeficiente se deduce de la siguiente manera:

k_2 = área efectiva de paso de luz / área de la abertura

En cuanto al coeficiente de transmisión lumínica del cristal (k_3), este se deduce partir de las especificaciones técnicas del propio elemento. Los valores más comunes varían entre 0.90 para vidrios simples, 0.75 para vidrios dobles y entre 0.20 y 0.60 para cristales tintados y reflejantes. Nuevamente, en caso de no existir un material traslúcido o de encontrarse los cerramientos abiertos, el coeficiente es igual a uno (k_3 = 1).

El coeficiente de mantenimiento de la habitación (k_4) considera el estado de las superficies reflejantes al interior de la misma. Este depende principalmente de la ubicación y de la actividad que se desarrolla al interior de la habitación. Los valores sugeridos son:

Tipo de Localización	Tipo de trabajo	Coef. de mant.
Limpio	Limpio	0.9
Sucio	Limpio	0.8
Limpio	Sucio	0.7
Sucio	Sucio	0.6

Finalmente, al ser la teatina una abertura vertical de características particulares, es preciso añadir un coeficiente adicional de ajuste que considere dicha singularidad. Este coeficiente o factor, que se relaciona directamente con el área de la abertura de la teatina (A_v), se identifica en adelante como k_t.

El valor a deducir, para efectos de la utilidad del modelo de predicción, es la dimensión de la abertura de la ventana (A_v). Así, el valor de DF_p pasa a ser un variable asumida y la ecuación queda de la siguiente manera:

$$A_v = [DF_{pr} \cdot A \cdot (1 - R^2)] / [\phi \cdot k_n \cdot k_t] \quad \text{... (3)}$$

Coeficiente o Factor de Teatina, k_t.

Entre los parámetros expuestos, aquel que considera la particularidad en la abertura del elemento cenital en estudio es precisamente el factor k_t. Es posible deducir este factor a partir de las evaluaciones lumínicas realizadas en el análisis, considerando las teatinas de proporciones típicas; concretamente aquellas de las Pruebas B.01., B.02., D.01., D.02., E.03. y E.04.

Despejando el coeficiente en cuestión, la fórmula previa termina presentándose de la siguiente manera:

$$k_t = [DF_{pr} \cdot A \cdot (1 - R^2)] / [A_v \cdot \phi \cdot k_n] \quad \text{... (4)}$$

Aplicando esta última fórmula en base a los parámetros existentes y a los resultados obtenidos en la evaluación de las pruebas mencionadas, el coeficiente de la teatina *(k_t)* deducido, para cada una de las pruebas, se presenta en la siguiente tabla:

		ÁREAS / Factor de reflexión															
		Piso		Paredes		Puertas		Techo		Vent. (h)		Total					
PRUEBA	DF_{pr}	a	r	a	r	a	r	a	r	a	r	*A*	R	A_v	λ	k_n	k_t
B.01.	1.61	25.0	0.30	72.5	0.65	11.5	0.30	21.5	0.70	3.6	0.05	134.0	0.55	1.80	75.39	1.00	1.115
B.02.	1.94	25.0	0.30	48.5	0.65	11.5	0.30	21.5	0.70	3.6	0.05	110.0	0.52	1.80	75.39	1.00	1.140
D.01.	1.55	26.4	0.30	75.8	0.65	11.5	0.30	22.9	0.70	3.6	0.05	140.2	0.55	1.80	75.39	1.00	1.120
D.02.	1.49	26.4	0.30	75.8	0.65	11.5	0.30	22.9	0.70	3.6	0.05	140.2	0.55	1.80	75.39	1.00	1.076
E.03.	0.81	25.0	0.30	72.5	0.65	11.5	0.30	23.2	0.70	1.8	0.05	134.0	0.56	0.90	70.82	1.00	1.178
E.04.	2.29	25.0	0.30	72.5	0.65	11.5	0.30	19.7	0.70	5.3	0.05	134.0	0.54	2.70	77.67	1.00	1.040

Tabla VI.3. - 01: Resultados del Factor de Teatina (k_t) obtenidos a partir de las condiciones contempladas y deducidas en las pruebas lumínicas que contemplan teatinas de proporciones 'típicas'.

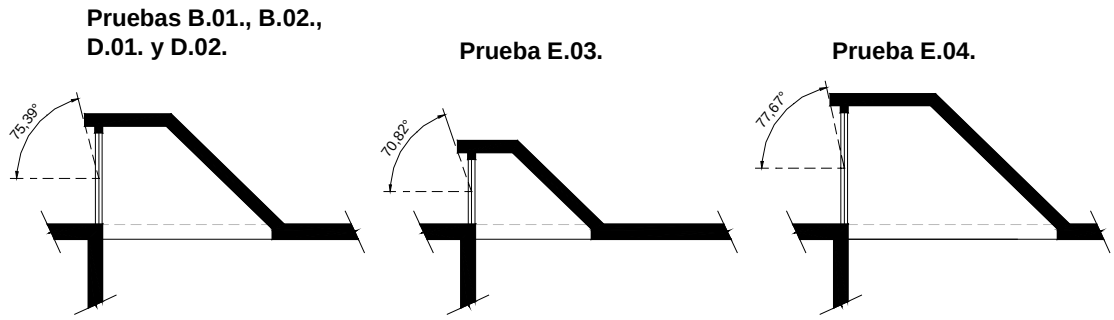


Gráfico VI.3. - 01: Deducción de los ángulos de cielo (ϕ) para las diferentes teatinas. La variación en los resultados se dan debido a que se mantiene la proporción del componente, más no la del alero sobre la abertura vertical, dimensión que se mantiene constante.

El factor promedio de luz natural (DF%) corresponde con el resultado obtenido en la evaluación misma. Las áreas y los coeficientes de reflexión de las superficies, así como el área de la abertura (A_v) y el ángulo de cielo (ϕ) se deducen igualmente de aquellas contempladas en la evaluación (ver Gráfico VI.3. - 01). Se destaca los valores unitarios de los factores o coeficientes de corrección, ello debido a que no se consideraron ventanas en las evaluaciones respectivas.

Salvo en el caso de la teatina que se ubica sobre la habitación de altura 'contemporánea' (Prueba B.02.), cuyo Coeficiente de Teatina resulta siendo 1.14, y de aquella de dimensiones muy pequeñas (Prueba E.03.), los resultados de dicho factor para el resto de las pruebas con altura 'tradicional' (4.20 metros) oscilan entre los 1.04 y 1.12. La diferencia entre ambos resultados termina representando un valor menor al 8%. A partir de dicha similitud en los resultados del Coeficiente de Teatina (k_t), es posible considerarlo como coeficiente único, válido dentro de la fórmula de predimensionamiento. En la medida que

las dimensiones de las teatinas en las últimas dos pruebas resultan siendo poco 'convencionales', el Coeficiente de Teatina (k_t) se asumirá a partir del promedio que arroja el resultado de las tres pruebas con teatinas de dimensiones 'típicas' (B.01., D.01. y D.02.).

En conclusión, el Coeficiente de Teatina (k_t) a considerarse en habitaciones de altura 'tradicional' (4.20 metros), resulta siendo 1.10. Cabe resaltar que este mismo factor termina obteniéndose, aún si se hubiese considerado las dos pruebas adicionales (E.03. y E.04.).

Fórmula de predimensionamiento.

A partir de la deducción del Coeficiente de Teatina, la fórmula de predimensionamiento termina presentándose en dos formas, ellas en función de la altura de la cubierta. En general, dichas fórmulas serían:

$$A_v = [DF_{pr} \cdot A \cdot (1 - R^2)] / [\phi \cdot k_n \cdot 1.10] \quad ... (5),$$

en caso de habitaciones con alturas cercanas a los 4.20 m. y,

$$A_v = [DF_{pr} \cdot A \cdot (1 - R^2)] / [\phi \cdot k_n \cdot 1.14] \quad ... (6),$$

en caso de habitaciones con alturas cercanas a los 3.00 m.

A partir de estas primeras ecuaciones, resulta válida la posibilidad de interpolar los Coeficientes de Teatina en caso de contemplarse alturas intermedias a las planteadas:

Tabla VI.3. - 02: Factores de Teatina (k_t) según la altura de la habitación.

Altura de habitación (m.)	2.40	2.70	**3.00**	3.30	3.60	3.90	**4.20**	4.50	4.80
Factor de Teatina k_t	1.16	1.15	**1.14**	1.13	1.12	1.11	**1.10**	1.09	1.08

Una consideración adicional, previa a la explicación detallada de cada uno de los factores, se refiere al nivel de iluminación requerido (DF_{pr}). Como ya se ha argumentado previamente (ver Título III.1. Caracterización geográfico, climática y lumínica), el valor ideal de la iluminancia exterior a considerarse para un eventual diseño lumínico en Lima ronda los 15,000 luxes. A partir de esta premisa, y en función de los luxes requeridos al interior de la habitación según las actividades a realizarse (actividades 'convencionales' que suelen requerir entre 75 y 500 luxes, ver Tabla 01 en Anexo 04), deberá elegirse valores de DF_{pr} que se sitúen entre el 0.50 % y los 3.33 %.

Se resalta una vez más las condiciones que deben contemplarse para que resulte válido el presente método de predimensionamiento:

- La forma de la habitación debe ser 'convencional', sea de planta cuadrangular o de planta rectangular con una proporción moderada.
- Las teatinas planteadas deben acercarse a las proporciones de la teatina típica: abertura vertical cuadrangular, abertura horizontal rectangular (proporción 1:1.5) y superficie posterior inclinada (ángulo aproximado: 45º).
- La abertura vertical de la teatina debe coincidir sobre uno de los muros de la habitación, ubicándose sobre el centro del mismo.
- Los resultados se refieren a un plano de trabajo a una altura aproximada de 80 centímetros sobre el nivel del suelo.
- Se considera un acabado exterior del techo de un material de superficie difusa y acabado relativamente claro (factor de reflexión aproximado de 0.55).

En la medida que las habitaciones sean grandes o de techos bajos, no resulta *a priori* recomendable la concepción de un solo elemento cenital de grandes dimensiones. La colocación de más de una teatina (sumando entre ellas el área de la ventana deducida en el cálculo), repartidas de forma coherente en dicho espacio, permite en principio una mejor distribución de la luz al interior del mismo.

A continuación se presenta de forma gráfica algunos valores que intervienen en el cálculo, así como las consideraciones a tomar en cuenta para la elección de los mismos.

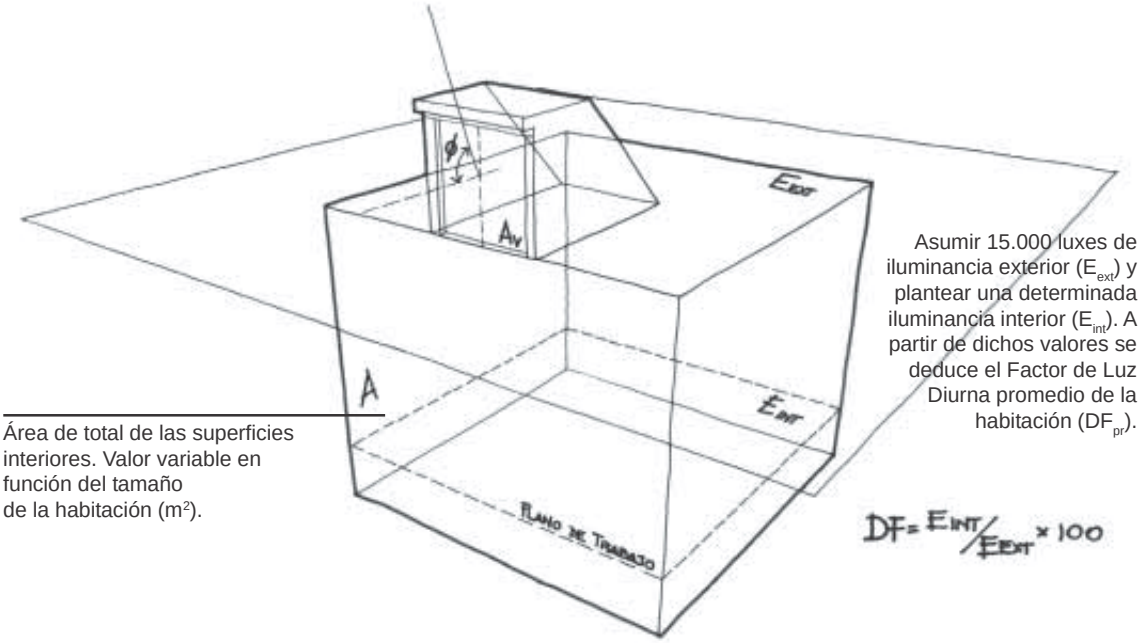


Gráfico VI.3. - 02: Esquema con algunos parámetros considerados en el cálculo de predimensionamiento.

Fórmula simplificada de predimensionamiento para aplicaciones típicas.

Los cálculos para el dimensionamiento de las teatinas deben hacerse, en principio, considerando la época de invierno. No solamente en la medida que los valores de iluminancia del cielo resultan menores (los 15,000 luxes previamente planteados), sino que exige considerar la presencia de un cerramiento translúcido (con marco y con cristal) en la abertura vertical de la teatina.

Esta última consideración obliga a tomar en cuenta los coeficientes de corrección (k_n). La premisa contempla un lugar cuyo mantenimiento es sistemático (oficina o comercio), aunque ubicado en un lugar céntrico de la ciudad, expuesto a una polución que suele ir acompañada de un alto grado de humedad relativa. Así el coeficiente de limpieza de la ventana (k_1) se asume como 0.85 y el de la habitación (k_4) como 0.90.

Se considera la presencia de un vidrio templado transparente de 6 mm. de espesor, con perfiles de aluminio, tanto en la parte alta como baja; ambos permiten efectuar el cerramiento vertical de las hojas en forma batiente. Al no existir la necesidad de mantener herméticos los espacios interiores bajo un clima 'benigno', la solución de carpintería mencionada se vuelve cada vez más común. De esta forma, asumiendo adicionalmente la ausencia de rejas, se considera un coeficiente de obstrucción de ventana (k_2) de 0.95 y un coeficiente de transmisión del cristal (k_3) de 0.90.

En resumen, para un caso típico en la ciudad de Lima, bajo las condiciones anteriormente expuestas, el coeficiente de corrección ($\boldsymbol{k_n}$) resulta siendo **0.65**.

En la medida que los acabados de las superficies internas de la habitación sean 'convencionales', es decir que contemplen, al igual que en las pruebas realizadas, un piso en tono oscuro, paredes claras y cubierta blanca, el valor de ***R*** (coeficiente de reflexión promedio de las superficies interiores) se mantendrá en **0.55**.

Con respecto al ángulo de cielo ($\boldsymbol{\phi}$), para efectos prácticos, asumiendo la presencia de un alero de dimensiones 'típicas' y un perfil similar en el entorno de la abertura, se asume un valor medio de **75º**.

A partir de estos valores, la fórmula termina simplificándose aún más, debiéndose elegir únicamente el factor promedio de luz natural (DF_{pr}, %) requerido, además de señalar el

área total de la superficies interiores (*A*). La altura de la habitación, considerada dentro de las fórmulas de predimensionamiento a través del Factor de Teatina (k_t, ver fórmulas 5 y 6 en página 392), no influyen de forma significativa en el factor final a considerarse para la fórmula simplificada (dicho factor oscila entre 0.012 y 0.013).

Así, el área de ventana (A_v) de una teatina de características formales típicas, y con las especificaciones anteriormente expuestas, se pueden deducir a partir de la siguiente fórmula simplificada:

$$A_v = 0.0125 \cdot (DF_{pr} \cdot A) \quad \text{... (7)}$$

Finalmente, para facilitar la elección del factor promedio de luz natural (DF_{pr}), se presenta una última tabla con los valores mínimos sugeridos:

Tipo de Actividad	DF (%) medio recomendado
Orientación simple para visitas cortas y temporales	**0.50**
Espacios de trabajo en donde las tareas visuales son realizadas ocasionalmente	**1.00**
Desarrollo de tareas visuales de contraste alto o tamaño grande *	**2.33**
Desarrollo de tareas visuales de contraste medio o tamaño regular	**5.00**
Desarrollo de tareas visuales de contraste bajo o tamaño pequeño	**10.00**

* Situación asumida para la mayor cantidad de actividades domésticas, comerciales y de oficina.

Tabla VI.3. - 03:
Niveles de iluminación requeridos según el tipo de actividad, en DF (%). Tabla elaborada en base a la iluminancia exterior preestablecida (15,000 luxes) y a los valores sugeridos en la Tabla 01 del Anexo 04.