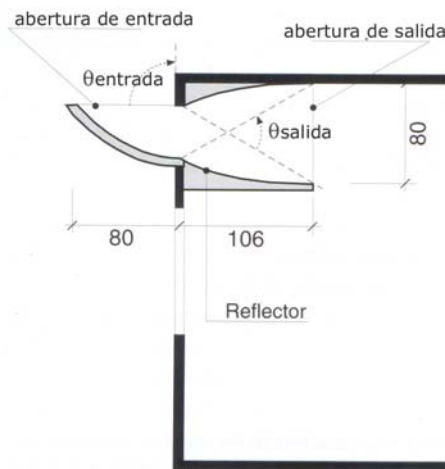


## Anexo 2.

### Colectores Anidólicos Cenitales

#### 1.- Introducción

La palabra “anidólico” es sinónimo de “sin imagen”, formada a partir de dos vocablos del griego antiguo: *an*: sin y *eidolon*: imagen. Esto indica que este sistema se ha diseñado utilizando métodos específicos de la estructura teórica de la óptica de la no imagen. Originalmente, esta teoría se aplicó al campo de la física de las partículas fundamentales y luego para ciertos concentradores solares denominado “Winston”. Esta teoría ofrece una rigurosa metodología para el desarrollo de sistemas de iluminación natural que recogen luz solar y la transmiten dentro de un recinto con mínimas pérdidas (fig. 1).



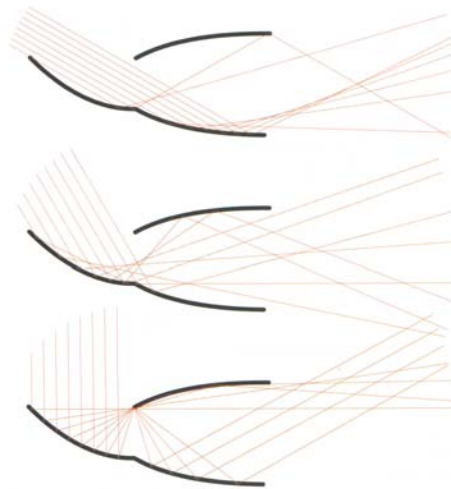
**Fig. 1.** Corte transversal de un colector anidólico cenital. El primer reflector curvo concentra los rayos que ingresan en un ángulo de  $90^\circ$  hacia una abertura vertical más pequeña sobre la fachada. Los rayos son luego redirigidos en un ángulo de salida definido de  $60^\circ$  por medio de dos reflectores curvos enfrentados.

#### 2.- Características del sistema

Este sistema sobresale horizontalmente de las fachadas para aprovechar las mayores luminancias que se encuentran en las mayores alturas. Comprende un sistema de dos reflectores curvos que distribuyen los rayos lumínicos dentro de un rango de  $\pm 30$  grados respecto del plano horizontal. Todos los rayos incidentes son canalizados a través de este ángulo. No excluye la penetración de la radiación directa, ya que ha sido diseñado para maximizar radiación difusa en cielos cubiertos, por lo cual debiera dotárselo de un dispositivo ajustable para tal fin.

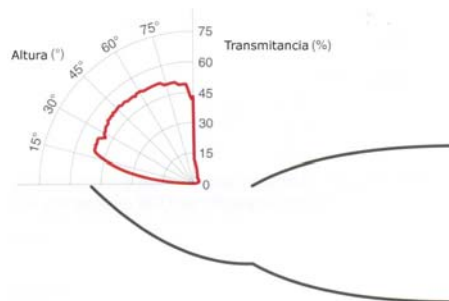
Mediante una simulación de trazado de rayos (ray-tracing) se puede evaluar el comportamiento del sistema ya que generalmente se conocen sólo las características ópticas individuales de cada componente y no de la totalidad. El procedimiento no hace sino

confirmar la exactitud del diseño, que se ha valido de la teoría arriba enunciada para su materialización (fig. 2).



**Fig. 2.** Trayectoria de los rayos a través de un colector anidólico cenital para tres ángulos de incidencia: 30°, 60° y 89° sobre el horizonte calculados mediante un programa de “ray- tracing”

La limitación que posee es que se carece de mediciones precisas acerca de la atenuación del flujo ya que el método es de la óptica geométrica. Cada rayo pierde una fracción de su caudal cada vez que interactúa con una superficie, sea reflexión en un material opaco o absorción en un material transparente. A los efectos del diseño, debe conocerse la transmitancia para cada ángulo de incidencia acotándola entre 0 (rayo no transmitido) y 1 (rayo transmitido sin ninguna pérdida). La transmitancia direccional es un promedio para toda la abertura de entrada. Para cada ángulo de incidencia, este valor representa la fracción de flujo incidente que emerge en cada dirección a la salida del sistema. Se la conoce técnicamente como transmitancia direccional hemisférica. Como la geometría de un sistema de iluminación natural puede reducirse a dos dimensiones, analizaremos solamente los rayos entrantes en el plano perpendicular. Los resultados se representan en diagramas polares. Los colectores anidólicos transmiten eficientemente la luz que ingresa de la totalidad de la media bóveda celeste (fig. 3)



**Fig. 3** Transmitancia direccional hemisférica de un colector computada por un programa de “ray- tracing”

Cuando se utilizan sistemas armados comercializados no se cuenta con la información necesaria acerca de este parámetro, ya que su medición se realiza mediante un instrumento llamado goniofotómetro. Aunque se trata de un instrumento complejo, tanto el Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión de la Universidad Nacional de Tucumán como el Centro de Luminotecnia Aplicada del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) cuentan con este equipamiento.

La fase siguiente consiste en observar qué ocurre en la abertura de salida, que funciona como una luminaria de luz natural. Esta analogía sugiere diagramas de curvas de distribución luminosa, conocido como “indicatriz de difusión”. Es muy similar a los diagramas provistos por los fabricantes de luminarias de luz artificial pero debido a la naturaleza variable de la luz natural, los sistemas de luz natural nunca pueden ser caracterizados por una única indicatriz. Cada una de ellas es el resultado de la distribución luminosa del cielo y las propiedades ópticas del sistema. Para subsanar esta dificultad, se fijan algunos parámetros que limiten la cantidad de perfiles de indicatrices relevantes.

Se supone una distribución para cielo cubierto CIE, con una iluminancia horizontal de 10.000 lux y una obstrucción externa hasta los 30°, suponiendo la presencia de edificios vecinos. Los resultados obtenidos para un colector anidólico cenital, limitado al rango de  $\pm 30^\circ$ , son notables. Las luminancias son bastante altas (1500- 2000  $\text{cd}/\text{m}^2$ ) pero de un 20% a un 40% inferiores respecto de una ventana con doble vidriado. Sin embargo, es esperable que se incremente el factor de luz natural en la parte más profunda del local y una mejora en la razón de uniformidad de la iluminación. No obstante, algún deslumbramiento podría experimentarse cuando la abertura de salida del sistema se encuentra dentro del campo visual del usuario.

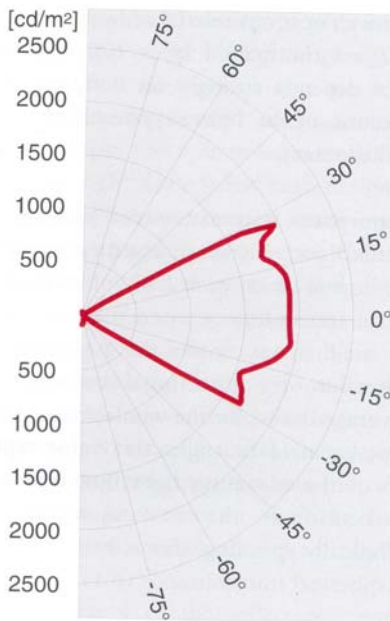
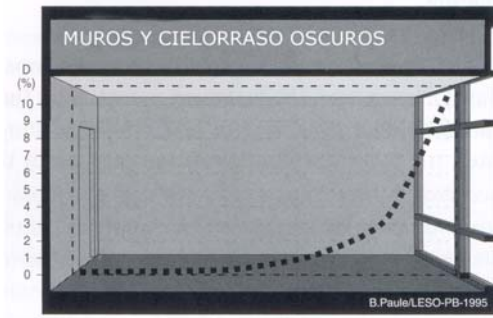


Fig. 4. Indicatriz de difusión computarizada en la abertura de salida de un colector (10 klux para cielo cubierto CIE con 30° de obstrucción externa)

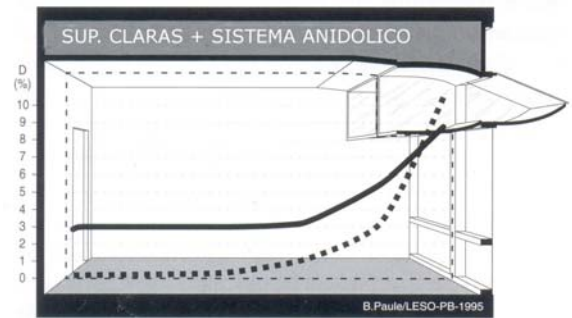
## 2. Integración con el edificio

Cuando se incorpora un sistema de iluminación natural, ciertas consideraciones que afectan el resto del diseño deben ser tenidas en cuenta desde las primeras instancias proyectuales. En el caso de este sistema, el cielorraso se considera un reflector por lo que debe tener alta reflectancia y el espacio inferior a éste, estar libre de obstáculos, como ser, ductos de ventilación, luminarias suspendidas, paneles acústicos y rociadores de incendio (fig



**Figura 5**

Comparación en una habitación con superficies oscuras (reflectancias: piso = 11%, muros=30%, cielorraso = 57%) en el primer caso (Fig. 5) y con un sistema anidólico y superficies claras (reflectancias: piso: 165, muros= 75%, cielorraso= 75%) en el segundo (fig. 6). Estos valores se obtuvieron en un módulo de 5,40 x 3,40 x 2,70 m en el marco de un programa suizo de demostración.



**Figura 6**

Se pueden evaluar los resultados en las primeras etapas de diseño mediante el uso de modelos a escala, situados al aire libre o en cielo artificial. También se pueden considerar las condiciones de iluminación en modelizaciones computarizadas. Se verifican las conclusiones que se habían obtenido al examinar las características del sistema por separado (figs. 7 y 8).

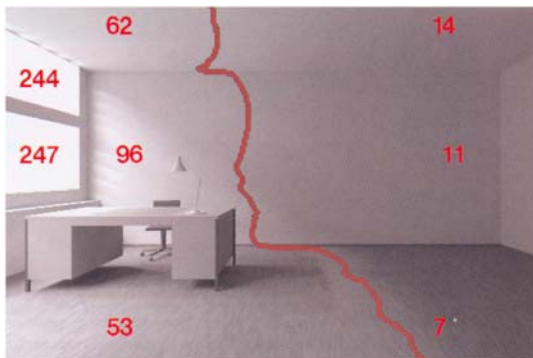


Fig. 7. Caso de referencia con ventana de doble vidrio

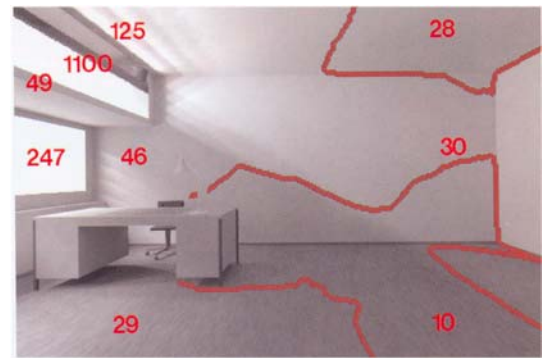


Fig. 8. Colector cenital anidólico. Se observa el efecto del mismo sobre la pared del fondo y una mejor distribución de las iluminancias.

Junto con los datos de los materiales, forma edilicia, instalaciones, patrones de uso, etc. y datos locales del clima se puede simular el impacto del sistema de iluminación natural en el consumo energético del edificio, siendo recomendable que se realice este tipo de simulaciones en las primeras fases de diseño para que sea incluido en el dimensionado de los servicios relevantes de la obra.

### **3. Resolución tecnológica**

Se deben considerar los puentes térmicos que se generan al adosar la estructura de un sistema al edificio. Se puede optar por aislar ambos reflectores —interior y exterior— con un vidrio transparente en el plano vertical en coincidencia con el cerramiento del edificio, manteniéndose la barrera térmica en un mismo nivel. Pero esta solución acarrea una disminución de la transmitancia del 16%, para ángulos de incidencia superiores a 60°. Otra alternativa sería colocar un doble vidriado en el exterior como aislamiento térmico y vidrio simple en el interior para evitar la acumulación del polvo. Esta solución implica asimismo la necesidad de aislar térmicamente el colector exterior. Si existe riesgo de condensación por bajas temperaturas o sobrecalentamiento por radiación solar, debe preverse un medio de ventilación natural. Los elementos expuestos al calor sufrirán una dilatación que deberá ser contemplada en el diseño de las juntas entre partes. Asimismo deberá preverse estanqueidad contra el agua de lluvia y sobrecargas adicionales de viento y nieve.

El impacto negativo de una resolución poco satisfactoria en la fachada requiere de una cuidadosa solución a los problemas antes enumerados, que no constituyen por sí solos una lista exhaustiva.

### **4. Instalación y mantenimiento**

El mantenimiento del sistema es de suma importancia para evitar el deterioro y la disminución de las prestaciones esperadas. Todos los sistemas están sujetos a ensuciarse con polvo y suciedad que debe ser periódicamente removida. Es previsible que existan fallos en las partes móviles del sistema por lo cual debe preverse su acceso, preferentemente desde el interior. La instalación debe realizarse con cuidado para evitar daños y una incorrecta colocación de algún elemento durante el montaje. Luego, debe considerarse un monitoreo periódico del funcionamiento, particularmente durante el primer año, para realizar ajustes sobre todo si existen partes móviles. Por todo lo dicho más arriba, debe evaluarse objetivamente las ventajas y desventajas de un sistema, considerando el esfuerzo e inversión necesarias para un resultado exitoso.

### **Bibliografía**

Baker, N. y Steemers K., 2002. *Daylight Design of Buildings*. James & James, Reino Unido.

Compagnon R., Scartezzini J.-L., Paule B., 1993. Application of Non-imaging Optics to the Development of New Daylighting Systems. Congreso Mundial de Energía Solar, ISES, Budapest, Hungría.

Compagnon R., Scartezzini J., *Anidolic Daylighting Systems*

[http://lesowww.epfl.ch/anglais/Leso\\_a\\_recherche\\_DL\\_anidolics\\_prototypes.html#Anidolic%20Zenithal%20Collector](http://lesowww.epfl.ch/anglais/Leso_a_recherche_DL_anidolics_prototypes.html#Anidolic%20Zenithal%20Collector)

Johnsen, K., 1999. *Daylight, a Basic Human Need*. Danish Building Research Institute, presentado en IEA Solar Heating and Cooling Programme Annual Report, Washington, DC, USA.