



Brise-soleil, recurso arquitectónico de control solar. Evolución y propuesta de diseño optimizado para Camagüey

Guillermo de la Paz Pérez

Recibido: 10-01-2012 Aprobado: 13-03-2012

Introducción

Desde las primeras etapas de concepción de los proyectos, se ignora la adecuación al clima. Existe la tendencia a diseñar espacial, formal y estructuralmente la edificación y después añadir correcciones que minimicen los problemas medioambientales, o en algunos casos prescindir de estas correcciones.

Las propuestas arquitectónicas actuales, pierden la referencia con los principios que sustentaron la proyección arquitectónica¹ de los años 50-60 (que reinterpreta recursos de ajuste climático de la arquitectura precedente), y hoy se construyen en la Isla muchas edificaciones con tecnologías, materiales y paradigmas de diseño (dictados por la moda internacional más publicada) importados de otras latitudes. Estas “creaciones”, incompatibles con el clima local, provocan un elevado consumo de energéticos fósiles por acondicionamiento artificial, afectan al medio ambiente, economía, confort y salud de las personas.

¹ Es preciso aclarar que no se trata de copiar a los maestros de los años 50, sino de retomar el camino con nuevas lecturas e interpretaciones acorde con la época, materiales y condiciones actuales, pero sobre todo que den soluciones al clima local, rescatando la identidad nacional con una propuesta verdaderamente cubana y tropical.

Resumen: La principal estrategia de refrescamiento en climas cálidos, como el de Cuba, es el control solar, sin embargo el brise-soleil quedó en desuso y aumentó la carpintería de vidrio sin protección solar ignorándose los costos de sus afectaciones. Los objetivos perseguidos son: caracterizar la evolución histórica de la utilización del brise-soleil como recurso de sombreado y obtener los ángulos de diseño de elementos de protección solar para que sean más eficientes y económicos. Mediante modelación virtual (validada con experimento en maqueta) se revisaron los parámetros propuestos por la normativa vigente y otros documentos nacionales en cuanto a diseño de protección solar en arquitectura. Se cambió para la ciudad de Camagüey el criterio de un solo tipo de elemento de protección solar en las fachadas norte y sur; se demostró que elementos múltiples son más eficientes y se propusieron ángulos de diseño optimizados.

Palabras clave: control solar, brise-soleil, dispositivos de protección solar.

Brise-soleil, architectural resource of solar control. Evolution and design proposal optimized for Camagüey

Abstract: The main cooling strategy in warm climates, as that of Cuba, is the solar control. However, the sun brake was in disuse, so glass windows without solar protection was increased and the costs of its affectations were ignored. The objectives of this paper are: to characterize the historical evolution of the use of brise-soleil as a shady resource and to obtain the designing angles for solar protection elements so that they can be more efficient and economic. Through virtual simulation (validated through a scale model experiment) the parameters proposed by the current rules and other national documents regarding the design of solar protection in architecture were checked. The criterion for a single type of solar protection element in the north and south facades in the city of Camaguey was changed. Besides, it was demonstrated that multiple elements are more efficient. On the other hand, optimized angles for the design of these elements were proposed.

Key words: solar control, brise-soleil (sun brake), shading devices.

La desprotección solar de fenestraciones y fachadas, comienza a formar parte del catálogo arquitectónico, con mayor énfasis, en los años 70 en edificios de vivienda prefabricados en zonas de nuevo desarrollo (figura 1).

Esto ocurre debido a que la energía es barata (en esa época el petróleo lo garantizaba la URSS), y la prefabricación, generalizada con proyectos típicos, deviene en recurso para dar respuesta a la necesidad de disminuir aceleradamente el alto déficit habitacional, lo cual introduce soluciones y tecnologías importadas de forma acrítica, de latitudes frías. Además, en esa etapa, existe una filosofía de dominio sobre las condiciones ambientales.

A partir de los años 90, a pesar de que la energía ya no es barata y ha disminuido la prefabricación, sigue el predominio de los criterios de climas fríos; de allí llegan inversionistas, proyectos, tecnologías y modelos (información gráfica del primer mundo, promovida como “símbolo de desarrollo”).

Además, los proyectos se modifican en obra por inversionistas y constructores; la industria de materiales no produce indispensables elementos de aislamiento y protección (principalmente brise-soleil) y el proyectista tiene que sustituir tales elementos (cuando los diseña) con aleros, muros, parapetos, a un costo mayor. Al mismo tiempo, la población no puede adquirir toldos para proteger vidrios de la fachada. Ejemplos de edificios sellados con vidrio se repiten por todo el país: hotel Panorama, centro comercial Galerías Paseo, Universidad de San Jerónimo, terminal del aeropuerto Jardines del Rey en Cayo Coco, tienda Los Balcones en Morón, hotel Meliá Santiago, etcétera (figuras 2-4).

En la ciudad de Camagüey, el incremento del uso de carpintería de vidrio sin protección solar, en edificios que se construyen o rehabilitan, es evidente, lo cual provoca discomfort térmico y lumínico corregido con climatización artificial y protecciones interiores que encarecen la inversión inicial, así como la vida útil de la edificación, ya que estas correcciones elevan el consumo de energía eléctrica, energéticos fósiles, las emisiones de contaminantes y los costos de mantenimiento de equipos para ventilar e iluminar (figura 5-7).



Figura 1: Fachadas con ventanas de vidrio desprotegidas del sol. Edificio de viviendas, IMS de 12 plantas. (Fuente: Lilybeth Torres, 2007).



Figura 2: Vidrios en paredes y cubierta. Hotel Panorama, La Habana. (Fuente: A. M. de la Peña González: “Iluminación natural”, pdf, Facultad de Arquitectura, La Habana, 2008. p. 20).



Figura 3: Fachadas de vidrio totalmente selladas y sin protección solar. Universidad de San Jerónimo, La Habana. (Fuente: Lester Alonso, 2011)



Figura 4: Fachada de vidrio sin elementos de protección solar. Terminal aérea Jardines del Rey, Cayo Coco. (Fuente: David Pérez de Corcho, 2010).



Figura 5: Superficies translúcidas en la cubierta, no protegidas. Oficinas de Cubacel en Camagüey. (Fuente: Lilybeth Torres, 2007).



Figura 6: Intervenciones y cambios de carpintería en sitio histórico Asalto al Carro Celular. (Fuente: Diallo Boubacar, 2012).



Figura 7: Cambio de carpintería (persiana miami de madera por vidrio) en la empresa de Cupet. (Fuente: Autor, 2012).

Algunas de estas malas prácticas, y sus consecuencias, se pueden ilustrar con cifras, como las siguientes:

- Después de cerrar con vidrio los balcones del hotel Habana Libre Tryp, “la factura anual (2001) de electricidad es de casi dos millones de dólares (alrededor de 16 000 MW/h anual), y entre 70 y 80 % de estos gastos corresponden a la climatización”. [1]

- “El cambio de cubierta del *atrium* del hotel Panorama, proyectado con panel *sandwich* opaco, por un tipo de vidrio especial² y caro, provoca un incremento en \$72 000 USD (de inversión inicial) y en 60 ton de refrigeración. Ese aumento representa cada año más de 600 000 kW/h de consumo eléctrico (1 517 barriles de petróleo) para climatización”. [2]

Al solucionar con carpintería con vidrio y metal, sin protección solar, se suceden una serie de problemas, correcciones y gastos, que se pueden describir y sintetizar de la siguiente forma:

1. Los costos iniciales aumentan debido a que al precio comercial de las ventanas de vidrio y aluminio se le incrementa sus altos impactos ambientales por energía incorporada y su consiguiente emisión de CO₂.

2. Debido a la penetración solar, a través del vidrio, aparecen problemas térmicos al aumentar la temperatura interior (como el efecto invernadero), que se corrigen con sistemas de climatización artificial (gastos en equipos, mantenimiento, energía y emisiones contaminantes).

3. También la penetración solar provoca deficiencias lumínicas (deslumbramiento) que se corrigen incorporando protecciones interiores (principalmente cortinas, empapelados, etc.) que disminuyen el nivel de iluminación natural interior, corregido con luz artificial (se mantiene el efecto invernadero y sus gastos, incrementándose en energía, emisiones contaminantes y en materiales para las protecciones interiores) (figuras 8 y 9).

4. Los tipos de ventanas de vidrio más utilizados, aunque estén abiertas, limitan la entrada del aire, por ejemplo de tipo deslizante horizontal (corredera) bloquea más del 50 % del área del vano, afectando la ventilación natural interior. (Figura 10).

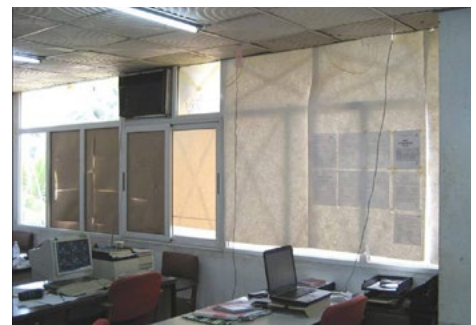


Figura 8: Protección solar interior improvisada en edificio de oficina de la OBE en Ciego de Ávila. Obsérvese que es necesario mantener la iluminación artificial del espacio.



Figura 9: Ventanas de vidrio tipo marquesinas sin protección solar en una fachada del edificio de sanidad vegetal que muestran su desuso como fenestración traslúcida necesaria en el interior del laboratorio.

² Vidrio de baja transmisión térmica: unidad *duovent* compuesto por pyroplata cristazul de 6 W/mm templado, cámara de 12,7 mm y vidrio laminado compuesto por cristal claro de 4 mm recocido PVB de 0,38 mm incoloro y otro cristal claro de 4 mm recocido. Tiene baja transmisión de luz visible 19 %.

1. *Trabajadores*, Órgano de la Central de Trabajadores de Cuba. La Habana 5 de noviembre de 2001.
2. PÉREZ VALDÉS, OLGA. “Arquitectura bioclimática”. En Reunión Nacional del Frente de Proyectos. (Recurso electrónico: ARQBIO Frenproy.ppt). Ciudad de La Habana, 10 julio 2003.



Figura 10. Esquema que sintetiza la problemática del uso de la carpintería de vidrio sin control solar en la arquitectura.

El control solar como estrategia de diseño (tipos de elementos, orientación y ángulos)

El sol y su alta incidencia en las regiones tropicales y subtropicales hacen que se reconozca como estrategia más importante, de adaptación de la arquitectura a estas condiciones climáticas, el control solar, seguida por el aprovechamiento de la ventilación e iluminación naturales. Varios especialistas han destacado esta prioridad:

“Se dice que la principal estrategia de enfriamiento en climas cálidos es en definitiva el control solar, ya que de esta forma no tendrá que enfriarse aquello que no se ha calentado.” Olgyay (*Design with Climate*, 1963). [3]

“El sombreado es la estrategia clave para lograr confort térmico en verano. El sombreado, como parte de la anulación del calor, es el 1er nivel de los tres niveles de aproximación de diseño para refrescar un edificio. El 2do es el enfriamiento pasivo y el 3ro es el enfriamiento mecánico.” (Lechner, 2001)

Atendiendo a las condiciones climáticas de Cuba, se recomienda que las fachadas norte y sur sean las más extensas, donde se ubican además la mayor área de fenestración para iluminar y ventilar. Por tales motivos, estas dos orientaciones (principalmente sus superficies permeables a la luz y al viento) necesitan un adecuado control solar para evitar el aumento excesivo de la temperatura interior de los espacios.

Para lograr el mencionado control, varios autores nacionales, incluso textos básicos de la carrera de arquitectura, recomiendan en la estrategia de protección solar, para la latitud de Cuba, el empleo de elementos verticales en fachada norte; horizontales en la sur y combinados en cualquier otra orientación. Una muestra de ello se puede constatar en las siguientes publicaciones:

En el libro *Taller de Diseño III*, [4] se establece:

Recomendaciones elementales para el control solar de un espacio arquitectónico:

Norte: prácticamente no requiere protección.

Sur: aleros, elementos horizontales de protección, árboles.

Este y oeste: paredes, elementos verticales de protección solar, árboles.

3. RODRÍGUEZ VIQUEIRA, MANUEL Y OTROS. *Introducción a la arquitectura bioclimática*. Ed. Limusa, México D. F., 2001. p. 72.
4. GONZÁLEZ ROMERO, RAÚL. *Taller de diseño III. Nociones sobre el diseño de edificios sociales*. Ministerio de Educación Superior. ISPJAE. La Habana, 1984. p. 142

En el libro *La casa unifamiliar*, [5] se recomienda:

En cuanto a su ubicación (refiriéndose a los elementos arquitectónicos de control solar) una regla práctica y conveniente puede ser la que recomienda lo siguiente:

Al norte----- elementos verticales.

Al sur-----elementos horizontales.

Al este y oeste-----elementos combinados.

Además de estos textos, dirigidos al ámbito del proyecto arquitectónico, existe uno muy conocido, especializado en la temática de la climatología aplicada a la arquitectura, donde queda claro que los elementos verticales no se deben utilizar al sur, ni los horizontales al norte. Se trata del libro *Climatología iluminación y acústica*, [6] en el cual se prescribe lo siguiente:

... para una superficie orientada al norte puede comprobarse la ineficiencia de elementos horizontales.

Si se tratara de una superficie orientada al sur y pretendiéramos utilizar elementos verticales, obtendremos protección solar para las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde, pero será una solución ineficiente en general para las horas medias del día...

A estos criterios publicados, se adiciona que existen diferencias entre los valores de ángulos de diseño recomendados (para todo el país) por la bibliografía nacional, incluyendo la norma vigente, lo cual se expone en este trabajo.

A partir de lo analizado, se concreta la necesidad de abordar como **problema** científico de la presente investigación: ¿Qué ángulos de elementos de protección solar (EPS), al ser utilizados en el proceso de diseño arquitectónico para la concepción de recursos de sombreado, favorecen su eficiencia, economía y el confort de los espacios?

Se definen como **objetivos**: caracterizar la evolución histórica de la utilización del brise-soleil como recurso de sombreado y obtener los ángulos de diseño de elementos de protección solar (verticales y horizontales), mediante modelación virtual 3D, para obtener sistemas de sombreado más eficientes y económicos.

Para dar cumplimiento a estos objetivos se traza el **método de trabajo** que se estructura en: marco teórico (revisión bibliográfica, antecedentes); observación (insuficiencias y características del objeto de estudio); medición (se definen los instrumentos metodológicos para la modelación virtual y real); experimento (utilizar el soft Suntect v2.5 y maqueta para validación) y resultados (al aplicar los métodos se obtienen los parámetros y criterios de diseño).

Los resultados de esta investigación permiten diseñar protecciones solares más eficientes y económicas, así como optimizar las relaciones energético-ecológicas entre el ambiente construido y las condiciones locales al minimizar el acondicionamiento artificial y sus gastos. También contribuyen a mejorar el confort en el ambiente construido y utilizar la adecuación de la arquitectura al clima de la Isla, como recurso para potenciar la identidad y tradiciones locales (una arquitectura verdaderamente cubana y tropical que de continuidad a la propuesta de los maestros de los años 50 y 60 del siglo XX).

5. PERNAS DEL RISCO, ORLANDO *et. al.* *La casa unifamiliar*. Instituto Politécnico Nacional. México, 1996. p. 154.
6. ALEMANY BARRERAS, ALBA *et. al.* *Climatología, iluminación y acústica. Aplicación en la arquitectura*. Ediciones ISPJAE. Ciudad de La Habana, 1986. p. 154.

Como bien plantea González, “La adecuación climática de las soluciones arquitectónicas y urbanas permite mejorar la calidad de la vida, incrementar la durabilidad de las edificaciones y reducir los costos de mantenimiento y el consumo energético durante la vida útil de la edificación”. [7]

Materiales y métodos

El método histórico-lógico fue determinante para establecer el comportamiento histórico de la utilización de los criterios de sombreado en la arquitectura desde la lógica de su evolución en el tiempo. Para esto fue necesario utilizar materiales bibliográficos impresos (libros, artículos, tesis, etc.) y digitales (incluyendo en línea), tanto de autores nacionales como internacionales.

El método de la modelación se utiliza para representar el comportamiento del control solar de elementos arquitectónicos de protección (verticales y horizontales) a través de un modelo virtual computarizado, que permite determinar los componentes (posición solar, orientación, geometría de los elementos) y sus relaciones.

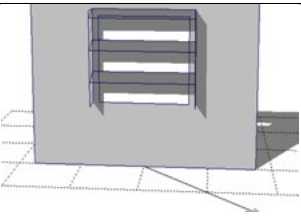
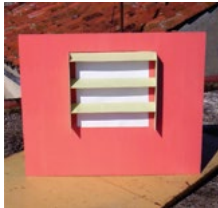
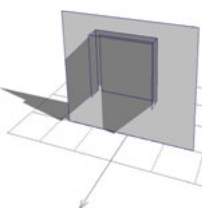
La modelación virtual utilizada para determinar los ángulos de diseño y los tipos de elementos de control solar, necesarios para las ocho orientaciones de fachada (N, NE, E, SE, S, SW, W y NW)³ en Camagüey, se realiza a través de la simulación de control solar desarrollada por el autor [8] con el software SUNTECT v2.50 (Sun Shading and Solar Penetration Análisis, 1998),⁴ creado por el doctor Andrew Marsh de la Universidad de Australia Occidental.

En todos los casos se trabaja las coordenadas geográficas correspondientes a la ciudad de Camagüey: latitud 21° 24' N y longitud 77° 55' W).

Todas las propuestas se optimizan en el modelo virtual de la mencionada aplicación y los resultados se validan mediante un experimento donde se realizan 32 modelaciones (ver dos ejemplos en tabla 1) con modelos físicos (maquetas del modelo virtual confeccionada con madera y cartón a escala 1:5) orientados según el norte verdadero del emplazamiento, el cual se obtiene tomando como referencia la estrella Polar, apuntada con un teodolito óptico mecánico marca 3T5KP N36768, de fabricación soviética (URSS) y calibrado por las Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR) en el Laboratorio de Metrología 58, el 21 de octubre de 2008. De esta forma se corrobora la factibilidad del modelo virtual.

7. GONZÁLEZ COURET, DANIA. “Medioambiente construido y desarrollo sustentable”. ISPJAE. 2000. p. 15.
8. DE LA PAZ PÉREZ, GUILLERMO. “Parámetros bioclimáticos térmicos para una arquitectura sustentable en la ciudad de Camagüey”. Tesis (en opción al título de Máster en Conservación de Centros Históricos y Rehabilitación del Patrimonio Edificado). Director: Gaspar Barreto Argilagos, Universidad de Camagüey, Camagüey CECONS, 2008.

Tabla 1. Dos ejemplos de las treinta y dos modelaciones realizadas (virtual [de la Paz, 2008] [8] y física) durante el experimento de validación del soft SUNTEC

Virtual	Física	Virtual	Física
			
Fachada noreste (21 de mayo/8:00)		Fachada norte (21 junio/16:00)	

³ Al referirse a orientaciones de fachada, fenestración o EPS se utiliza la letra W para identificar la orientación oeste.

⁴ Aplicación, escrita en Borland C++ Versión 3.1 y 4.0, es un modelo de computadora interactivo, dado parámetros, para el diseño de dispositivos de sombreado. Distribuido en Australia por: Advanced Environmental Concepts, Pty Ltd.

Selección de la muestra

Para determinar los ángulos de diseño, se utilizan los meses más críticos de la trayectoria solar (se utilizan junio y diciembre) en los que existe mayor posibilidad de penetración solar, dado que son los meses donde el sol está más alejado del observador (punto más desfavorable del vano a proteger). Estos meses generan las trayectorias solares (aparentes) más extremas, con los días más largos y más cortos del año respectivamente. No obstante, en la modelación, se comparan los ángulos de los demás meses, principalmente los seis más cálidos del año (de abril a septiembre) para elegir el más desfavorable en cuanto a penetración solar (esto llevó a que para el oeste y noroeste, se utilizara septiembre y mayo respectivamente).

Después de elegir los meses se seleccionan las horas críticas de los mismos, el criterio que se sigue según límite a proteger (por la mañana hora a partir de la cual se debe proteger y por la tarde hora hasta donde se necesita proteger). Las horas críticas son:

- En la mañana, las 9:00 am (si el mes más crítico⁵ para la orientación de la fachada, es uno de los seis más cálidos, ejemplo junio para la fachada norte) y 10:30 am (si el mes más crítico es uno de los seis más frescos, ejemplo diciembre para la fachada sur), ya que, por su efecto positivo (higiénico y bactericida) para la salud humana, debe permitirse la incidencia del sol en las primeras horas⁶ después de su salida (según el mes, por ejemplo para Camagüey: junio 5:29-9:00 am, diciembre 6:45-10:30 am, etc). Además la tierra aún está fría debido a las horas nocturnas, por lo que no se afecta el confort térmico en las condiciones climáticas locales.

- En la tarde, según la orientación, se utiliza las 15:00 o 15:30 h (para octubre-marzo) y 16:30 o 17:00 h (para abril-septiembre).

Para evaluar los efectos de las desprotecciones en los EPS se calculan los flujos térmico (Q_r) con valores de densidad de radiación solar (W/m^2) para Camagüey obtenidos por el autor para ocho orientaciones de fachadas y cubierta horizontal. Los valores se definen por superficie para cada mes del año, desde las 8:00 hasta las 16:00 h y se obtienen procesando (según método en referencia [9] mediciones de radiación directa y difusa de la Estación Meteorológica 355 (Camagüey).

Resultados y Discusión

Evolución histórica de la utilización del brise-soleil como recurso de sombreado

Las evidencias del beneficio del sombreado pueden constatar en sus aplicaciones a lo largo de la historia y a través de las culturas. Varios autores [10-13] coinciden en que este recurso apareció, tanto en la arquitectura clásica (columnatas y pórticos de los antiguos edificios griegos y romanos), como en la arquitectura vernácula.

En Grecia, desde el *Megaron* y su sencilla antesala, hasta los monumentales templos clásicos, donde sus columnas actuaban como enormes brise-soleil).

Además en la traza urbana (hipodámica), utilizaban dispositivos fijos (pórticos y galerías) y móviles (cubiertas provisionales de tela o lona tensadas por cuerdas o tirantes). Luego, tanto los pórticos como los sistemas lonarios, fueron usados y perfeccionados en la arquitectura romana, destacándose las lonas con argollas de la calle Vía Triumphalis y el Velario del *Coliseo*.

9. DE LA PAZ PÉREZ, GUILLERMO y otros. "Contrastes térmicos del asoleamiento sobre la envoltura opaca de edificaciones en dos ciudades cubanas. Estudios de arquitectura bioclimática". *Anuario 2002*. vol. IV. Ed. Limusa. México, D. F. 2002. p. 109.
10. LECHNER, NORBERT. *Heating, Cooling, Lighting. Design Methods for Architects*. New York, Ed. John Wiley and Sons, Inc. 2nd edition. 2001.
11. LECHNER, 2001. Ob. cit. p. 204.
12. BRYAN, HARVEY J. "Le Corbusier and the Mur Neutralisant an Early Experiment in Double Envelope Construction". *Proceeding of Ninth International PLEA Conference*, Seville. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 1991. p. 259
13. REQUENARUIZ, IGNACIO. "Arquitectura adaptada al clima: Le Corbusier (1930-1960)" (en línea). Síntesis de Tesis Doctoral. Director: Juan Caldúch Cervera. Universidad de Alicante, 2011. <http://lecorbusierinpar.files.wordpress.com> (Consulta: 4 febrero 2012).

⁵ El mes más crítico, para una orientación (norte, noreste, este, sur, etc) de fachada, es el mes donde el sol es más desfavorable, pues su altitud alcanza los ángulos más bajos y provoca mayor penetración de los rayos solares en los espacios arquitectónicos.

⁶ Se refiere a las tres horas y media (aproximadamente) después que sale el Sol.

Fue característico de la arquitectura tradicional japonesa y china el empleo de grandes aleros, así como grandes circulaciones porticadas, aún pueden verse los pabellones y kioscos abiertos para la ventilación pero cubiertos para su sombreado.

En la edad media, las técnicas de ventilación y sombreado de la arquitectura islámica se desarrollaron hacia el interior. Las multifuncionales y elaboradas celosías árabes han sido insuperables dispositivos para crear sombra, filtran la luz, conseguían una óptima ventilación y su diseño unido al dramatismo de luz-sombra creaban espacios virtuales.

Así, aparecieron diferentes diseños tradicionales alrededor del mundo, en respuesta a las mismas necesidades, o sea, que el pórtico griego estaba estrechamente relacionado con el porche, verandah (de la India), balcón, logia, galería, arcada, columnata, y engawa (del Japón).

En la arquitectura renacentista italiana, se adoptaron los principios de la arquitectura clásica, en especial los de Vitruvio, se realizaron arcadas y logias con cortinajes que según las horas del día se subían y bajaban para hacer variar las sombras, como por ejemplo en la Procuratie Vecchie en la plaza San Marcos.

Se debe aclarar, que con frecuencia, edificios tradicionales brindaban sombra aun cuando este no era un objetivo conciente, ya que las ventanas fueron usualmente colocadas detrás en la profundidad del muro, incluso en los muros cortina de albañilería gruesa y esto produce elementos horizontales y verticales con el efecto de un brise-soleil poco profundo.

A principios del siglo XX los hermanos Greene desarrollaron un estilo apropiado para California usando conceptos de la arquitectura japonesa; muestra de ello son los grandes aleros de The Gamble House en Pasadera (1908). También F. L. Wright utilizó estrategias de sombreado en muchos de sus edificios, desde la Robie House (1909) con grandes aleros hasta The Price Tower, Bartlesville, Oklahoma (1952 a 1956), donde utiliza el sombreado como principal criterio de diseño.

Como búsqueda de soluciones al clima, Le Corbusier, a pesar de utilizar el concepto del “techo sombrilla” (estructura que cubre todo el edificio), en edificios como Maison d’Homme en Zurich, Suiza (1963-1967), hoy Centro Le Corbusier, fue el brise-soleil, el recurso de control solar, que más influyó (en el movimiento moderno) y del cual se le atribuye su creación.

Su estética basada en el sombreado del sol fue el resultado de lecciones obtenidas a partir de varios errores y análisis que incluyeron la modelación a escala real, por ejemplo: El edificio La Cité de refuge de l’Armée du Salut (París, 1933), diseñado [en 1930] con una fachada sur toda de vidrio, en junio se convertía en intolerablemente caliente. Como resultado de este error, inventó el quitasol estructural fijo, conocido como brise-soleil. [14]

A pesar de que en 1952 fue cuando sugirió, y ejecutó parcialmente, las protecciones solares, paneles opacos y ventanas operables para solucionar los problemas de La Cité [15], ya en el inmueble Clarté (Ginebra 1930) había utilizado sistema de toldos exteriores que permitían sombrear la fachada desde las terrazas de doble altura; y en 1931 propuso un mecanismo de lamas giratorias cruciformes en el proyecto de alojamientos para obreros en Barcelona (encargado por miembros del GATEPAC).⁸ Luego otros diseños ilustraron su propuesta de brise-soleil, tales como: Proyecto de complejo residencial Durand Oued Ouchaïa (Argel, 1933); Proyecto de rascacielos

14. DÍAZ CAMACHO, MIGUEL A y BARBERO SASTRE, DAVID. *Evolución del Brise Soleil en la obra de Le Corbusier* (en línea). España, 2010. Disponible en: <<http://www.sostenibilidadyarquitectura.com>> (Consulta: 4 febrero 2012).
15. CARPENTIER, ALEJO. “Artes visuales 3”. *Letra y solfa*. Ed. Letras Cubanas. La Habana, 1993. p. 75.

⁸ Grupo de artistas y técnicos españoles para el progreso de la arquitectura contemporánea constituido en Zaragoza en 1930.

en el distrito La Marine (Argel 1938); reconstrucción de la Manufactura Duval (Saint-Die 1945) y “La Unité d’habitation de Marsella, 1946, [16] que consolidó el brise-soleil como envolvente profunda”. [17]

Varios fracasos de aceptación de los conceptos, para construir en cualquier clima, con ventilación mecánica a través de doble muro vidriado, “murs neutralisants” primero y luego “respiration exacte” (este último propuesto para La Cité y en 1947 para el edificio de la ONU),⁹ marcaron una importante transición en el pensamiento de Le Corbusier acerca del diseño de la envolvente del edificio. Sus posteriores diseños comenzaron a confiar menos en dispositivos mecánicos y más en estrategias pasivas como el “brise-soleil” y la ventilación natural, a través del uso de hábiles secciones transversales de edificios y ventanas operables.

Cuando regresó de la India, donde diseñaría la ciudad de Chandigarh, le escribió a su amigo el pintor Leger (1953). “Yo creía que conocía mi oficio. He tenido que partir del punto cero. En aquel país, no se trata de fabricar comodidades, sino de crear sombras. Sombras a ciertas horas del día, teniéndose en cuenta, además, los cambios de estaciones. Creo que lo lograré con un sistema de quiebrasoles y de superficies-sombrillas...” [18].

Es precisamente en esta ciudad donde construyó la Torre de las Sombras, edificio que constituyó un modelo a escala real para estudiar el movimiento aparente solar y su efecto en fachadas con brise-soleil en diferentes orientaciones (figura 11).

Estos criterios de sombreado, con brise-soleil, llegaron a América Latina, gracias al propio arquitecto franco-suizo, donde el edificio del Ministerio de Educación y Salud (MES) de Río de Janeiro (Costa, Reidy, Niemeyer, 1938-1946) (figura 12) se convirtió en paradigma. Además de esta emblemática obra, Lucio Costa y Oscar Niemeyer diseñaron el Pabellón de Brasil para la Expo New York 1939 y su fachada principal exhibía un casetonado formado por elementos verticales y horizontales.

Su asesoría en el proyecto del MES tuvo como antecedente un ciclo de diez conferencias, en octubre de 1929, dictadas en Buenos Aires, invitado por la Asociación Amigos del Arte. En este viaje también visitó Río de Janeiro, Asunción, y Montevideo. [19]

Refiriéndose al MES, también se planteó que: “la fachada sur se resuelve a base de brise-soleil en toda su superficie, evitando cortinas o contraventanas. Basados en los estudios del maxarabiya árabe y su evolución en el combogós¹⁰ brasileño...” [20]. Reinterpretación del pasado que responde a las condiciones de una nueva época.

Los combogós, después de su empleo en la arquitectura producida en Recife durante la década de los 30 por Luis Nunes (proyectos como el Pabellón de Verificación de óbitos, Torre de Agua de Olinda, etc), tuvieron



Figura 11. Torre de las Sombras en la Ciudad de Chandigarh, India. (Fuente: ZEBALLOS, Carlos. *Chandigarh y Le Corbusier II*.



Figura 12. Fachada norte protegida con brise-soleil. Ministerio de Educación y Salud (actual Ministerio de Cultura), Río de Janeiro (22° 54' sur), Brasil.

16. WIKIPEDIA FOUNDATION, INC. Le Corbusier (en línea). Wikipedia. Enciclopedia Libre. 2011. Disponible en: <<http://www.wikipedia.org>>. (Consulta: 12 de febrero 2012).
17. DÍAZ CAMACHO, 2012. Ob. Cit.
18. AFONSO DE ALBUQUERQUE COSTA, ALCILLA. “La consolidación de la arquitectura moderna en Recife en los años 50” (en línea). Tesis Doctoral. Directora: Teresa Rovira Llobera. Universitat Politècnica de Catalunya. Departamento de Proyectos Arquitectónicos, 2006. p. 177. Disponible en: <<http://www.tesisenred.net/bitstream>> (Consulta: 4 de marzo de 2012)
19. STAGNO, BRUNO. “Diseñando y construyendo en el trópico” En: Congreso Mundial UIA, Resource Networks in New Buildings. Berlín, 2002. p. 5. Una producción de Arquitectura en Línea. Disponible en: <<http://www.arquitectura.com>> (Consulta: 9 abril 2007).

⁹ Le Corbusier estaba muy disgustado cuando descubrió que las paredes sin ventanas (y más estrechas) estaban ubicadas principalmente al norte y sur, mientras que las fachadas de vidrio este y oeste (más amplias) no estaban protegidas con parasoles [Lechner p. 242].

¹⁰ Ladrillo de cemento, arena y piedras finas (0,50 X 0,50 X 0,10m) con huecos cuadrados de 0,05 m, invención de la ciudad de Recife y patentado entre 1929/1930). Tuvo su origen relacionado, con las sílabas de los nombres de los ingenieros Amadeu de Oliveira Coimbra (co), Ernst A. Boeckmann (bo) y Antônio de Góis (go).

una gran aplicación en las obras de los grandes arquitectos modernos brasileños como Lúcio Costa (edificios Nova Cintra, Bristol y Caledonia, del parque Guinle, Río de Janeiro, 1948-1954), Oscar Niemeyer (Pampulha de Belo Horizonte, 1940; escuela Julia Kubitscheck, Belo Horizonte, 1951; hospital Sul América, Río de Janeiro, 1952) y Affonso Reidy (Conjunto del Pedregulho, Río de Janeiro, 1955). [21]

Después otros arquitectos, como el chileno Bruno Stagno dedicaron especial atención a la protección solar como recurso de diseño en el trópico, lo cual definió muy bien en sus propias reflexiones de tropicalidad:

“La sombra como una necesidad milenaria y el espacio ambiguo y simultáneo como actualización, son recursos estratégicos de diseño que unidos a la ventilación, al techo, a los aleros, a la vegetación dan identidad cultural y caracterizan la arquitectura tropical”. [22]

“Esta búsqueda de la sombra es un acto importantísimo y extensible a toda la latitud tropical y por eso digo que hacemos **una arquitectura a la luz de las sombras.**” [23]

“...muchos grandes arquitectos comprendieron que los dispositivos de sombreado eran la práctica central de la arquitectura, porque ellos no solamente solucionan un importante problema funcional, sino también provocan una expresión estética muy fuerte. Este potencial ha sido ignorado en los últimos años.” [24]

En Cuba una de las tendencias que rigieron la proyección arquitectónica en los años 50 se identificó con la tradición, ecología y modernidad. Los cuatro atributos de la casa colonial adaptada al clima: patio, puntal, persiana y portal (señalados primero por Martínez Inclán y luego por Eugenio Batista) fueron retomados y reinterpretados en las propuestas arquitectónicas de varios arquitectos, entre los que se destacaron: Mario Romañach, Frank Martínez, Manuel Gutiérrez, entre otros.

Publicaciones nacionales con repertorio arquitectónico brasileño, posibilitaron que también el brise-soleil llegara a Cuba, sobresaliendo el edificio del Retiro Odontológico (Antonio Quintana, 1953) (figura 13); Co. Cubana de Electricidad (Jorge Luis Echarte, 1958); Centro Nacional de Investigaciones Científicas de la Universidad de La Habana (CENIC) (Joaquín Galván y otros, 1965).

En el caso de la ciudad de Camagüey, desde la época del antiguo Puerto Príncipe, en las procesiones del Corpus Christie, “se entoldaban las calles donde había de pasar el cortejo. Aún pueden verse en las calle Cisneros y Luaces las grandes argollas de hierro, de donde se colgaban los grandes toldos de lona... tres calles cubiertas con vistosos toldos de lona...” [25]. Igualmente aparecieron los portales corridos, con sus columnatas, en las avenidas de la Caridad y de los Mártires, donde además de proteger las fachadas permiten caminar bajo su sombra.

Ángulos de diseño de elementos arquitectónicos de control solar

Los ángulos de diseño de elementos de protección solar permiten definir las dimensiones y el espaciamiento de estos dispositivos según orientación de fachada y tipo de EPS exterior, de tal forma que impidan la entrada directa de los rayos solares, el calentamiento interior, el efecto invernadero, el deslumbramiento y el discomfort del espacio.



Figura 13: Fachada oeste y sur protegidas con brise-soleil. Retiro Odontológico (actual facultad de la Universidad de La Habana), Ciudad de La Habana (23° 08' norte). (Fuente: Mairene Acosta, 2009).

20. STAGNO, BRUNO. “Climatizando con el clima” (en línea): En: Congreso Panamericano de Arquitectos. La Guadeloupe, 2004. p. 7. Disponible en: <http://www.brunostagno.info> (Consulta: 9 abril 2007).
21. LECHNER, 2001. Ob. cit. p. 243.
22. MARRERO COMPANIONI, ABEL. *Tradiciones camagüeyanas*. Editado por Librería Lavernia. Camagüey, 1960. p. 71.
23. PEREZ DE CORCHO, DAVID. “Alternativa energético-ambiental para la arquitectura en Cayo Coco”. Trabajo de Diploma. Director: Guillermo de la Paz Pérez, Universidad de Camagüey, Departamento de Arquitectura, 2010. p. 38.
24. MICONS. “NC 219: Urbanismo. Código de buenas prácticas para el diseño ambiental de los espacios urbanos”, Ciudad de La Habana, 2002. p. 2.d
25. MARRERO CAMPIONI, ABEL. *Tradiciones camagüeyanas*. Librería Lavernia. Camagüey, 1950. p. 71.

El autor consideró que la no concepción de EPS, tanto mixtos como múltiples, se debe a que la mayoría de los análisis de control solar se enseñan y realizan con la máscara de sombra y la trayectoria solar (o carta solar) en proyección estereográfica, sobre una superficie plana (2D), lo cual dificulta la visión espacial (en 3D) del fenómeno a modelar. Para demostrar lo anterior se analizaron varias simulaciones de control solar en un modelo con una ventana simple de 1 400X1 200 mm, la de mayor utilización en el país

En la optimización de EPS, modelada en el trabajo, el ángulo de diseño está condicionado por la orientación de la fenestración y no por su tamaño, o sea, que si aumentan las dimensiones del vano aumentará el número de EPS, no su proyección horizontal, ni su ángulo de diseño.

Los principales resultados de las modelaciones, para las condiciones de Camagüey, fueron los siguientes:

Elementos combinados (mixtos)

En ventana sur, solo con elementos de protección solar horizontales (EPSH), queda desprotegida en diferentes porcentajes (según horas del 21 de junio), lo cual provoca un flujo térmico por radiación solar (Q_r) con las mayores afectaciones a las 9:00; 10:00 y 15:00 h (máximos para las 9:00 h de 129,8 W (si la persiana es de madera); 288,5 W (si es de aluminio) y 331,7 W (si es de vidrio claro transparente). Figura 14.

En ventana norte, solo con elementos de protección solar verticales (EPSV), el Q_r varía desde 38,1 W (junio a las 16:00 h ventana Miami de madera) hasta 268,9 W (junio a las 12:00 h ventana de vidrio claro transparente). Figura 15.

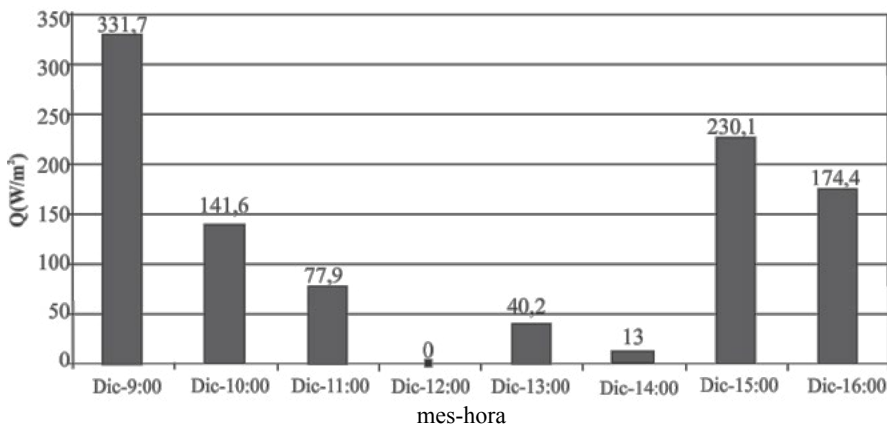


Figura 14: Flujo térmico por radiación solar (W/m^2) que afecta el interior de un espacio debido al uso, en fachada sur, de una ventana de vidrio (1 400X1 200 mm), protegida por un EPH (alero con ángulo de 40°) cuyas dimensiones son: 1 550 mm de ancho y 1 600 mm de vuelo.

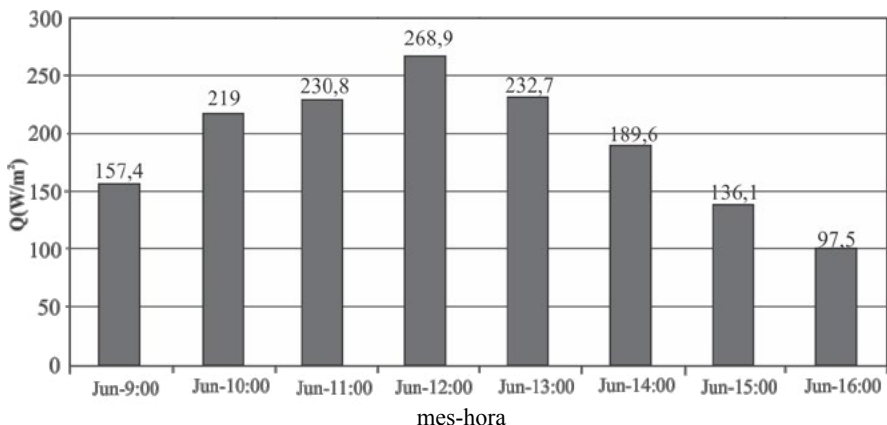


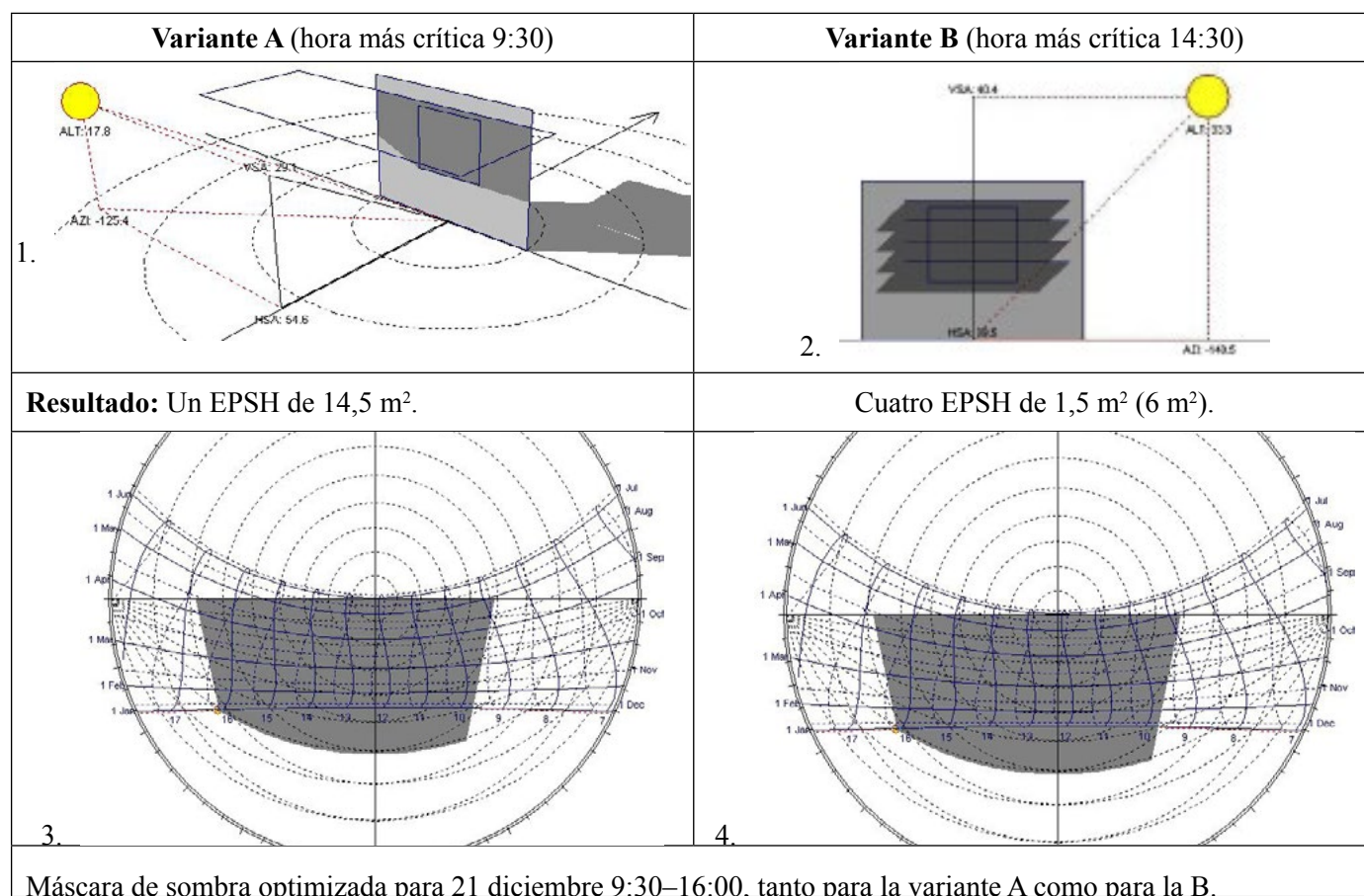
Figura 15: Flujo térmico por radiación solar (W/m^2) que afecta el interior de un espacio debido al uso, en fachada norte, de una ventana de vidrio (1 400X1 200 mm), protegida por dos EPV (quebrasones con ángulo de 17°) cuyas dimensiones son: 1 300 mm de alto y 429 mm de vuelo.

Esta carga térmica, afecta la temperatura y el confort, disminuye las posibilidades a la ventilación natural y aumenta la necesidad de acondicionamiento artificial con su correspondiente gasto de energía y contaminación al producirla.

Si se trata de proteger totalmente una ventana de 1 400X1 200 mm ($1,68 \text{ m}^2$) en fachada sur con un solo elemento horizontal (siguiendo lo establecido y recomendado hasta ahora) sería necesario un alero con una superficie de $14,5 \text{ m}^2$, pero si se utilizan cuatro EPSH se requieren $6,0 \text{ m}^2$ (total); en cambio los EPS mixtos múltiples que propone este trabajo (2 verticales y 4 horizontales) requieren solo $2,7 \text{ m}^2$ de EPS (disminuye el gastos de área de superficie protectora en un 85 % respecto al EPSH simple y en 55 % al de cuatro EPSH sin verticales) (tabla 2).

En el caso de los elementos verticales (sin EPSH) es imposible su optimización para una protección total de la ventana y la concepción de “vertical infinito” cuando su altura continúa hacia la planta alta carece de sustento. Por ejemplo, EPSV de grandes dimensiones, para una simple ventana Miami, no protegen totalmente para las 12:15, aunque se coloquen 10 elementos de 500 mm de ancho por 9 000 mm de alto.

Tabla 2. Protección solar para ventana sur de $1,68 \text{ m}^2$: Variante A con un elemento horizontal simple y B con cuatro EPSH (21 diciembre, optimizado de 9:30-16:00). Modelación [de la Paz, 2008. Anexo VI] [8]



Otras simulaciones (para el 21 de junio a las 13:00 h), donde se evaluó la protección solar de EPSV (sin horizontales) corroboró que: para cualquier modificación (de vuelo, altura y elementos) nunca se obtiene la protección total:

1. EPSV de 500X1 300 mm presentan una protección muy reducida.
2. Duplicar el vuelo (de 500 a 1 000 mm) mantuvo el área protegida anterior, y se observó que la máscara de sombra crece en dirección norte.
3. Duplicar la altura (de 1 300 a 2 600 mm) aumentó la protección, pero aún con más del 70 % de la ventana asoleada.
4. Duplicar la cantidad de elementos (de dos a cuatro) aumentó el área protegida.
5. Duplicar vuelo y altura, mantuvo una protección similar al caso 3.
6. Duplicar todo (vuelo, altura y elementos) aumentó la protección, pero sin lograr la protección total (100 % del vano en el horario crítico).

Aunque se considera que la protección solar puede encarecer el costo inicial de las edificaciones, permite ahorros durante la vida útil de la edificación. Al analizar el empleo de los ángulos de diseño tradicionales, o sea, 40° para EPSH en fachada sur y 15° EPSV en fachada norte, se detectó una desprotección de 57,8 % como promedio entre ambas fachadas, por falta de protección solar, lo cual provocaría gastos por concepto de acondicionamiento artificial.

Elementos múltiples

Además de la utilización de elementos mixtos, los resultados de la simulación realizada demostraron que la solución con elementos múltiples es más económica que la de elementos simples (uno horizontal y dos verticales) o sea, que para proteger la misma área de ventana (a la misma fecha y hora), en las ocho orientaciones de fachadas, una solución simple puede implicar un gasto por encima de una solución con elementos múltiples de más del 50 % (2,71 m²) en seis orientaciones (S, E, W, SE, SW y NW), la W con el mayor valor 73 % (10,20 m²) y las de menor gasto adicional resultan la N y NE con 15 % (0,26 m²) y 43 % (1,57 m²) respectivamente (figura 16).

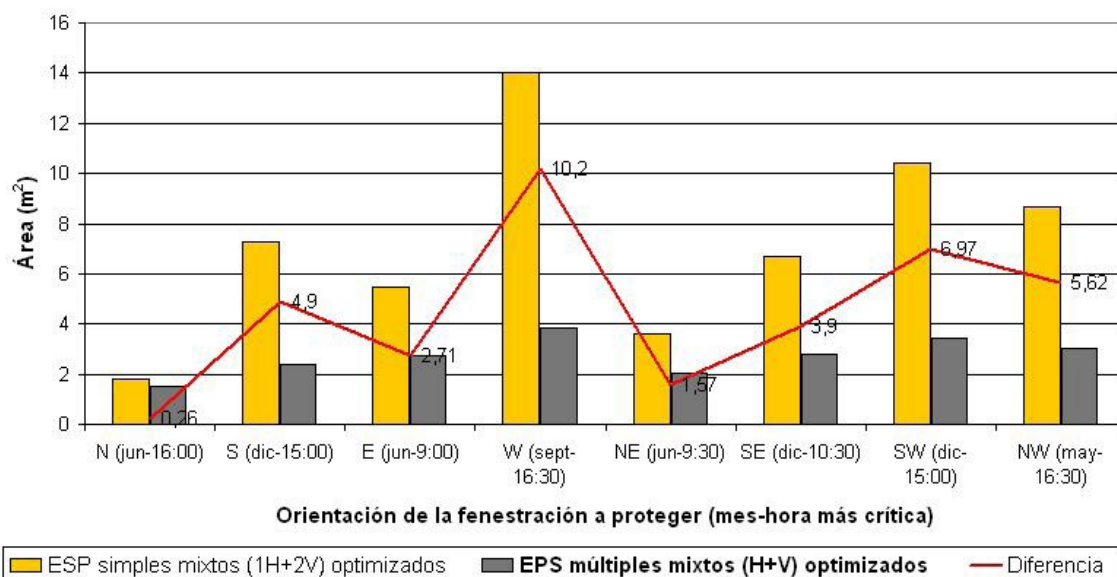


Figura 16: Comparación de los gastos de superficie protectora, por orientación, entre de las protección con EPS simples mixtos, o sea 1 H y 2 V (uno horizontal y dos verticales) optimizados y EPS múltiples mixtos optimizados.

Ángulos de diseño de EPS

Aunque no es objetivo de este trabajo abordar las causas de la no aplicación de la normativa vigente y la estrategia para revertir esta problemática, se debe señalar que las normas de eficiencia energética que abordan este parámetro son relativamente nuevas; hay falta de cultura y dominio de su aplicabilidad, y los proyectistas ven su uso como una pérdida de tiempo en el proceso de diseño. Además, no todos los proyectos se revisan en el comité de expertos del MICONS.

Por ejemplo, en entrevistas realizadas (junio de 2010) a proyectistas de Camagüey y Ciego de Ávila, vinculados a abras para el turismo, plantean que de “cualquier modo” se tiene que climatizar al hacerse imposible el uso de ventilación natural por los mosquitos y las cortinas son más baratas que un elemento rígido. [26]

Además de la capacitación a proyectistas y decisores, se precisa, para la correcta aplicación de la norma, crear un sistema de control de calidad, donde sea obligatorio (por ley) que cada proyecto pase por un nivel de revisión y aprobación de un equipo de expertos (por provincia), que pueda vetar su comercialización o ejecución, incluso multar a las empresas que evadan su uso. También rescatar las licitaciones, concursos para proyectos, donde el cumplimiento de la norma sea vital en los parámetros de selección.

Publicaciones, incluyendo la Norma Cubana (219: 2002), [27] recomiendan ángulos de diseño para elementos horizontales, pero no mencionan los verticales o cuando proponen ángulos no lo hacen para todas las orientaciones. Lo anterior se pudo observar a partir de un análisis comparativo de varias publicaciones de autores cubanos y los resultados de la presente investigación (tabla 3).

Los mayores contrastes se advirtieron al comparar los ángulos, propuestos en este trabajo, para las orientaciones noroeste, oeste, sureste y sur con los de la NC, distinguiéndose diferencias que van desde 21° hasta 34°.

Cuando se contrastaron los ángulos que se establecieron para diseñar elementos verticales (ángulos horizontales), se observa que no existe similitud alguna con los propuestos para el país y en la mayoría de los casos no se recomiendan. El autor considera que la disparidad encontrada se debe a que algunos toman como ángulo de diseño el de “acimut” del Sol, o sea, desde su proyección horizontal (a la hora-mes más crítica) hasta el plano de la fachada en planta y este ángulo no optimiza la protección solar para la fecha crítica.

Esta optimización implicó tener en cuenta la acción conjugada, tanto de elementos horizontales como verticales, su cantidad e inclinación, para que su proyección horizontal (vuelo) sea mínima.

Cuando se trata de diferencias “pequeñas” entre ángulos de diseño, parece tener poca importancia, sin embargo, si se analizan las consecuencias de utilizar un ángulo vertical (para un alero sur) de 40° en lugar de 38° (solo 2°), queda desprotegida, en una ventana de 1 400 mm de ancho, una superficie de 0,2 m², lo cual permite un flujo térmico hacia el interior con valores desde 22,8 W (si la persiana es de madera) hasta 58,3 W (si es de vidrio claro transparente). Si el ancho de la ventana de este último material se aumenta hasta 6 000 mm el $Q_r = 250,5$ W.

26. PÉREZ DE CORCHO, DAVID: “Alternativa energético-ambiental para la arquitectura en Cayo Coco”. Departamento de Arquitectura. Trabajo de Diploma. Director: Guillermo de la Paz Pérez, Universidad de Camagüey, Departamento de Arquitectura, 2010. p.38.
27. MICONS. “NC 219: Urbanismo. Código de buenas prácticas para el diseño ambiental de los espacios urbanos”, La Habana, 2002. p.2.

Tabla 3. Ángulos de protección solar recomendados por varios autores cubanos, incluyendo la presente investigación (Hz: horizontales y Vert: verticales).

Orient. superf.	De la Peña 1992 [28]		Pérez-Bandrich 1994 [29]		Glez Couret 1997 p.103 y 107		MICONS NC 219: 2002. p.2		De la Paz 2008. Anexo VI	
	Hz	Vert	Hz	Vert	Hz	Vert	Hz*	Vert	Hz	Vert**
N	58°	47°	75°	10°	85°	-	76°	-	73°	14°
NE	43°	35°	48°	55°	-	-	56°	-	58°	13°
E	30°	-	30°	-	45°	-	50°	-	46°	12°
SE	37°	-	30-40°	-	-	-	50°	-	40°	14°
S	40°	-	35-40°	45°	50°	-	72°	-	38°	14°
SW	37°	-	25-30°	-	-	-	50°	-	29°	15°
W	30°	-	-	-	30°	-	50°	-	22°	15°
NW	43°	35°	40°	60°	-	-	56°	-	33°	14°

(*) Ángulos calculados por trigonometría, a partir de las dimensiones del vano y las proyecciones horizontales de los elementos recomendados.

(**) Como mínimo utilizar dos elementos verticales con el mismo vuelo de los horizontales, si por razones estructurales, son necesarios más de dos se diseñarán con los ángulos que se muestran en esta columna (ángulo horizontal entre dos elementos verticales).

Resultados propuestos

A partir del desarrollo de simulación optimizada de cada orientación de fachada (N, NE, E, SE, S, SW, W y NW), donde se analizaron: ángulos de sombra 3D; ángulos solares según la hora; máscara de sombra y dimensiones de los EPS, se obtuvo los ángulos para diseñar la protección solar de cada una en la ciudad objeto de estudio. Para todas las orientaciones se incluyeron ángulos horizontales y verticales para EPSV y EPSH (tabla 4).

A partir de este estudio, además de lo recomendado en el uso de los ángulos de diseño, propuestos para Camagüey, se estableció lo siguiente:

- Para todas las orientaciones, incluyendo la norte y la sur, son imprescindibles los elementos combinados (mixtos) para poder lograr la protección total de la fenestración (durante el período de la hora crítica am hasta la hora crítica pm).

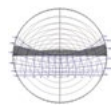
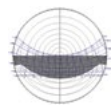
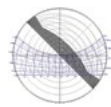
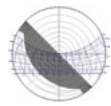
- Los elementos verticales pueden mantener la misma dimensión saliente de los horizontales, siendo estos últimos los que condicionan la protección, aunque como valores orientativos de diseño se proponen ángulos horizontales entre 12 y 15° con respecto a la fachada.

- Los EPS múltiples son más económicos que los simples y los mixtos-múltiples más que los múltiples de un solo tipo (por ejemplo, solo horizontales).

28. PEÑA, ANA MARÍA. "Iluminación natural en edificios". Tesis Doctoral. ISPJAE. Ciudad de La Habana, 1992. Apud González Couret, 1997. p. 81.

29. PÉREZ VALDÉS, OLGA R. Y LEONOR BANDRICH ORBEA. "Arquitectura Bioclimática Recomendaciones para el diseño de viviendas en clima cálido húmedo". Ciudad de La Habana: Ministerio de la Construcción. 1994. 20 págs.

Tabla 4. Se muestran cuatro de las ocho orientaciones que ilustra la estructura de la tabla resultante con los requerimientos de diseño propuestos [de la Paz, 2008. Anexo VI, tablas 11 y 12] [8]

ORIENTACIONES (principales y secundarias)				Ciudad: Camagüey	Latitud: 21,24 N	Longitud: 77,55 W	
O.S	Tipo EPS	Ancho (vuelo) (mm)	Cant. de EPS	Ángulo del EPS con respecto a la fachada	Ángulo de diseño req.	Mes y hora de diseño	Máscara de sombra requerida
N	Hz	362	1	90°	73°	Jun. 16:00	
	Vert	362	2	90°	14°		
S	Hz	304	4	70°	38°	Dic 15:00	
	Vert	304	2	90°	12°		
NE	Hz	355	2	70°	58°	Jun. 9:30	
	Vert	355	2	90°	14°		
SO	Hz	381	4	70°	29°	Dic. 15:00	
	Vert	381	2	90°	15°		
Nota: Se utilizó una fachada de 3 500X2 500 con ventana de 1 400X1 200 y antepecho de 900 mm. En esta propuesta se utilizó una dimensión saliente menor o igual a 400 mm y la cantidad de EPS nunca mayor de cinco, pero el diseñador queda libre para modificar estos parámetros, siempre que mantenga los ángulos de diseño requeridos.							

Conclusiones

Se evidencia que el control solar no es un código de moda que caduca con las tendencias estilísticas arquitectónicas del devenir histórico, sino constituye un recurso estratégico de diseño (de sentido común) que da respuesta a la necesidad milenaria de sombreado, para lograr protección (funcional) frente al rigor de las radiaciones solares en climas cálido y tropical (cuyos cambios solo acentúan su necesidad).

Se comprueba que lo recomendado hasta ahora en las publicaciones nacionales para la protección solar, utilizar al norte solo EPSV con ángulos de 15° y al sur solo EPSH con ángulos de 40°, es inadecuado para la ciudad de Camagüey, pues estas propuestas provocan importantes flujos térmicos por radiación solar hacia el interior de los espacios durante los períodos más críticos.

Se demuestra, mediante modelación solar realizada, que en todas las orientaciones es necesario el uso de EPS mixtos, además los elementos múltiples son más económicos que los simples y aumentar el vuelo o el alto de los EPSV no posibilita la protección solar total.

Se proponen ángulos de diseño para ocho orientaciones de fachadas en la ciudad de Camagüey, así como variantes de brise-soleil optimizadas en cantidad y dimensiones de EPSV y EPSH que cumplen con los ángulos propuestos (protecciones solar total de los horarios más desfavorables).



Guillermo de la Paz Pérez

Máster en Ciencias. Profesor. Facultad de Construcciones, Universidad de Camagüey.
E-mail: guillermo.paz@reduc.edu.cu