

Solar control strategies evaluation in buildings with bioclimatic design- Study Case: Petroleum Engineering School of the Universidad del Zulia

Carlos Enrique Quirós Lacau

*Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad del Zulia
Apartado Postal 15399. Maracaibo, Venezuela. Teléfono/Fax + 58 261 7598503.
E-mail: cquiros@cantv.net*

Abstract

The objective of the present article is the design strategies evaluation of solar control in the building group of the Petroleum Engineering School projected by the Venezuelan architect Carlos Raúl Villanueva and built for the Universidad del Zulia in Maracaibo (Venezuela) in the period 1954-1958. For such effects, a planimetric information search, a metric calculation for facades and openings according to the different orientations, a metric site report with its digitalizations of the different solar protection systems and the analysis insolation conditions for the openings with the stereographic solar chart and the shadow protractor was carried out. Through the results of the analysis, it can be evidenced that the original building group of the Petroleum School is an architectural work that is not indifferent to the solar radiation and its effects, since numerous and right solutions are presented front to the solar beams incidence, to avoid the heat excess and the glare in the different enclosures destined for teaching, research and administrative activities.

Key words: Solar control, solar radiation, solar heat gain, building envelope, shading devices.

Evaluación de las estrategias de control solar en edificaciones con diseño bioclimático-Caso de Estudio: Escuela de Ingeniería del Petróleo de la Universidad del Zulia

Resumen

El objetivo que persigue el presente artículo es la evaluación de las estrategias de diseño de control solar en el conjunto de edificaciones de la Escuela de Ingeniería de Petróleos proyectadas por el arquitecto venezolano Carlos Raúl Villanueva y construidas para la Universidad del Zulia en la ciudad de Maracaibo (Venezuela) durante el periodo de 1954 a 1958. Para tales efectos, se realizó la búsqueda de información planimétrica, el cómputo métrico de fachadas y aberturas de acuerdo a las diferentes orientaciones, el relevamiento métrico en sitio y la digitalización de los diferentes sistemas de protección solar y el análisis de las condiciones de asoleamiento de las aberturas protegidas mediante el uso de la carta solar estereográfica y del transportador de sombra. A través de los resultados del análisis, se puede evidenciar que el conjunto original de la Escuela del Petróleo es una obra arquitectónica que no es indiferente frente a la radiación solar y sus efectos, ya que se presentan numerosas y acertadas soluciones frente a la incidencia de los rayos solares, para evitar el exceso de calor y el deslumbramiento en los diferentes recintos destinados a la docencia, investigación y administración.

Palabras clave: Control solar, radiación solar, ganancia térmica solar, envolvente de las edificaciones, dispositivos de sombra.

Introducción

La ciudad de Maracaibo se encuentra localizada en la zona intertropical y emplazada en una planicie de poca elevación, próxima a dos grandes masas de agua, el Lago de Maracaibo y el Golfo de Venezuela. Debido a esta posición geográfica, la ciudad esta caracterizada por un clima de elevadas temperaturas y humedades relativas, así como por una duración similar entre el período diurno y nocturno durante el año [1]. El conjunto de edificaciones de la Escuela del Petróleo de la Universidad del Zulia se encuentra ubicado dentro del perímetro de la ciudad de Maracaibo, en la zona norte según las coordenadas geográficas de 10°40'26" latitud norte y de 71°37'27" longitud Oeste (Datum: SIRGAS REGVEN) y a una altitud de 29,6 metros sobre el nivel del mar.

Los valores higrotérmicos de Maracaibo se ubican durante todo el año fuera de la zona de confort térmico, específicamente, por encima de la línea de sombra y dentro de la zona de confort ampliada por ventilación de la carta bioclimática de Olgay [2]. En estas condiciones, se requiere de la sombra y del movimiento del aire como constantes para reestablecer la condición de bienestar. El sombreado evita el impacto de la radiación solar directa sobre el cuerpo humano y las superficies que lo circundan, acentuando de esta manera, la diferencia de temperaturas entre dichas superficies (>35°C) y el cuerpo, lo que permite una mayor transferencia de calor desde el cuerpo por radiación, conducción y convección. La ventilación es necesaria para producir pérdidas de calor del cuerpo por convección y evaporación, reduciendo así, el impacto de la temperatura y aliviando la sensación de incomodidad por el exceso de presión del vapor.

En este trabajo se tratará la evaluación de la respuesta a los principios y estrategias bioclimáticas de control solar en el diseño original de la Escuela de Ingeniería de Petróleos (1954-1958), del reconocido arquitecto venezolano Carlos Raúl Villanueva, destacando sus valores y aciertos, y a la vez, realizando las observaciones necesarias para que sean consideradas en una posible restauración a futuro.

Metodología

Para cumplir con el objetivo formulado anteriormente se cumplieron una serie de actividades consecutivas las cuales se describen a continuación.

1) Localización de la información planimétrica

Como primer paso, se procedió a la búsqueda y recopilación de la información planimétrica del proyecto original de las edificaciones del conjunto de la Escuela del Petróleo. Esta fue obtenida en los archivos del Ministerio de Obras Públicas de la Biblioteca Nacional en Caracas, en la planoteca de la Dirección de Desarrollo y Mantenimiento de Infraestructura y en los archivos del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia. Como tarea complementaria, se compilaron fotografías de las décadas de los 50 y 60 a nivel de conjunto, edificios y detalles arquitectónicos para obtener así una mayor comprensión del planteamiento original de Villanueva.

2) Cálculos métricos de fachadas y aberturas

A partir de los planos acotados correspondientes a las diferentes edificaciones que estructuran el conjunto, se procedió a elaborar los cálculos de las áreas de superficie de fachadas de acuerdo con su orientación en el sitio. Asimismo, se realizaron los cálculos métricos de las áreas de aberturas acristaladas, los cuales se verificaron en sitios que no hayan sufrido físicamente intervenciones de consideración.

3) Identificación de estrategias y dispositivos de control solar

Mediante una lectura exhaustiva de los planos arquitectónicos y constructivos, así como de una labor de reconocimiento realizada en sitio a través de circuitos de recorrido por diferentes sectores y niveles del conjunto de la Escuela de Ingeniería de Petróleos, se identificaron las estrategias aplicadas y se clasificaron los dispositivos de protección solar en las diferentes edificaciones y en los espacios libres comprendidos entre ellas.

4) Relevamiento de los sistemas de protección solar

Para obtener mayor precisión en la representación y evaluación de los sistemas de protección solar utilizados en las edificaciones, se realizó un relevamiento métrico en el sitio de los diferentes dispositivos de sombra. Para tales efectos, se siguieron las normativas en ingeniería para minimizar el porcentaje de error, realizando varias mediciones con el fin de revisar y confirmar valores obtenidos. Se utilizaron cintas métricas de diferentes longitudes, un vernier para mediciones de grosores interiores y exteriores así como de las profundidades, un clinómetro de lectura óptica Suunto PM-5 y una brújula óptica de relevamiento a líquido de precisión Suunto KB-14 para obtener los porcentajes de las pendientes y los ángulos de azimut y de sombra.

5) Digitalización de los dispositivos de sombra

Luego de levantada la información planimétrica en el sitio, se procedió a digitalizarla utilizando el paquete del AutoCad^R2000 para obtener una mayor precisión en la representación gráfica de los sistemas de protección solar, así como en la lectura de los ángulos de sombra.

6) Análisis de las condiciones de asoleamiento

La evaluación de la eficacia de los sistemas de protección solar se llevó a cabo mediante el uso de herramientas gráficas de precisión (digitalizadas en AutoCad^R) como el diagrama solar y el transportador de ángulos de sombra estereográfico [3]. El primero, constituye un mapa de la bóveda celeste que muestra el recorrido aparente del sol desde la salida hasta la puesta en el día típico de cada mes y el segundo, representa a la línea de fachada (línea base) y a los ángulos de sombra vertical y horizontal a través de líneas de referencia curvas y radiales respectivamente (Figura 1).

Resultados y Discusión de la Respuesta Solar

Entre las estrategias aplicadas por Villanueva frente a la radiación solar en la Escuela del Petróleo se mencionan la orientación de las fa-

chadas, la distribución de las ventanas, la concepción volumétrica de las edificaciones, la propuesta de espacios cámara, el tratamiento de exteriores y el uso de dispositivos de protección solar.

A) Orientación de las fachadas

La orientación de las edificaciones tiene una influencia importante en las contribuciones energéticas hacia los espacios habitados. Las paredes más largas de las edificaciones del conjunto de la Escuela del Petróleo, destinadas a aulas de clases, laboratorios y administración académica (Alas A, B, C y D) están orientadas hacia el norte y sur franco (Figura 2), donde a pesar de su exposición estacional durante todo el período diurno, los rayos solares son menos intensos y más fáciles de controlar. Estas paredes en dirección este-oeste, representan cerca del 87% del área total de fachadas; mientras que las más cortas (cerca del 13%), están expuestas hacia el este y el oeste, donde el sol es más intenso y más difícil de controlar durante la mañana y en la tarde.

El edificio-corredor, eje conector del conjunto, se coloca en dirección norte-sur, en forma transversal a las edificaciones anteriores, orientando sus fachadas predominantes hacia el este y el oeste (cerca del 95%). El recinto destinado a la biblioteca del núcleo, se ubica en un segundo nivel y en dirección paralela al pasillo central (Figura 2); sus fachadas orientadas hacia el saliente y poniente representan el 82% del área total de las superficies verticales. En estos casos mencionados, donde la orientación asumida es contraindicada, se aplicaron otras estrategias, que contrarrestan y/o atenúan los efectos térmicos que se generan en dicha situación.

B) Distribución de las ventanas

El vidrio es un material que tiene la propiedad de transmitir energía radiante con pérdidas muy pequeñas, principalmente las radiaciones de la franja visible y a la vez, es opaco a las radiaciones de onda larga a partir del infrarrojo, por lo que debe estar sometido a la menor exposición solar posible.

En las Alas A, B y C de la Escuela de Petróleo la mayor proporción de aberturas acristaladas se encuentra ubicada hacia la orientación norte con un 63%, mientras que en la sur se encuentra el 37% restante. En el Ala D, se reparten

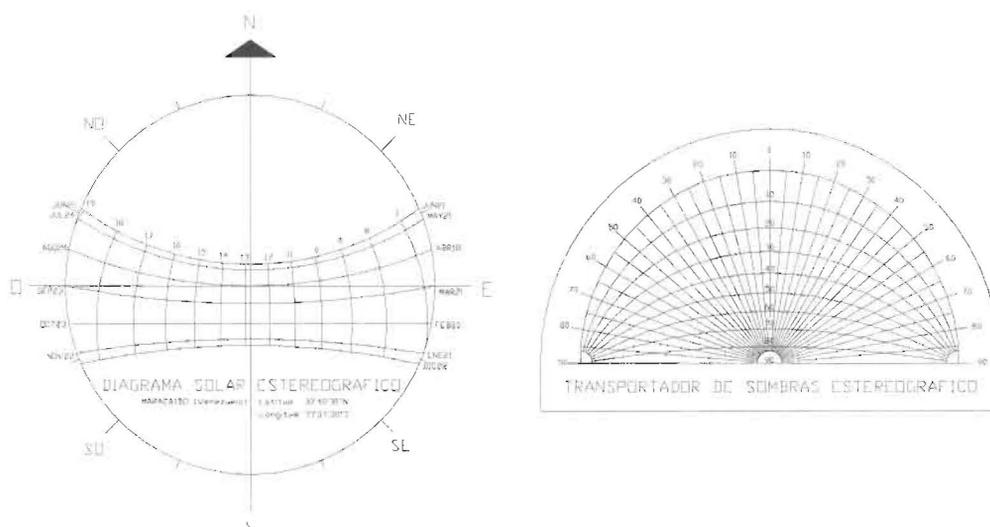


Figura 1. Diagrama solar y transportador de ángulos de sombras estereográfico.

en proporción similar tanto hacia el norte como hacia el sur; hacia el este y el oeste, la existencia de aberturas acristaladas es nula. Si bien la orientación recomendada para las edificaciones es la norte-sur, la norte franco para las ventanas resulta mas favorable, debido a que solo está expuesta efectivamente a los rayos solares unos cuatro meses al año, mientras que la sur está unos 6 meses y por otra parte, el ángulo crítico de incidencia solar es mas conveniente (66°) al de la orientación sur (56°) [4].

En el edificio de la biblioteca las ventanas se distribuyen por igual entre las fachadas este y oeste, mientras que en las fachadas norte y sur no existen aberturas. En este caso, dada la orientación de las aberturas, se hizo imperativa la aplicación de otras estrategias como el uso de protecciones solares.

C) Concepción volumétrica

En las edificaciones del conjunto de la Escuela del Petróleo se presentan ejemplos de soluciones volumétricas frente a las condiciones de asoleamiento local, entre las cuales se pueden citar el uso de apéndices protectores, volúmenes vis-à-vis, articulados y en voladizo.

- Apéndices protectores

Hacia el extremo este de las Alas A, B, y D y del extremo oeste del Ala C, se visualizan los volúmenes-apéndice de configuración cilíndrica los cuales, además de constituir la envolvente del espacio de circulación vertical, actúan como ele-

mentos protectores de las fachadas orientadas hacia el saliente y el poniente (Figura 2). Los volúmenes-apéndice proyectan sombra desde las 7 hasta las 10:30 am sobre la fachada este y desde las 2:30 pm hasta la puesta del sol sobre la fachada oeste.

- Volúmenes vis-à-vis

Los planos de fachada de volúmenes paralelos y enfrentados entre sí a una distancia relativamente pequeña, como es el caso de la fachada este del edificio de la biblioteca y la oeste del edificio-corredor, permiten el sombreado de dichas fachadas así como del espacio horizontal limitado por las mismas (Figura 2). El edificio-corredor proyecta sombra parcialmente sobre la fachada este de la biblioteca y en un 100% sobre el área del patio interior desde las 7 hasta las 8:45 am; a las 10:15 am arroja sombra en un 50% del mismo. Mientras que la fachada este del edificio de la biblioteca comienza a proyectar sombra desde la 1pm sobre el área del patio interno, cubriendo el 50% a las 2:30 pm y el 100% a partir de las 4:15 pm, así como, la fachada oeste del edificio-corredor en forma parcial.

- Volúmenes articulados

Los volúmenes arquitectónicos que se articulan entre sí permiten disminuir áreas de fachadas que pudiesen estar expuestas directamente a los rayos solares. Así se tiene que la conexión entre las Alas A y B con el edificio-corredor, permite disminuir un 60% y un 56% del área de fachada de las alas respectivas expuesta a la radiación so-

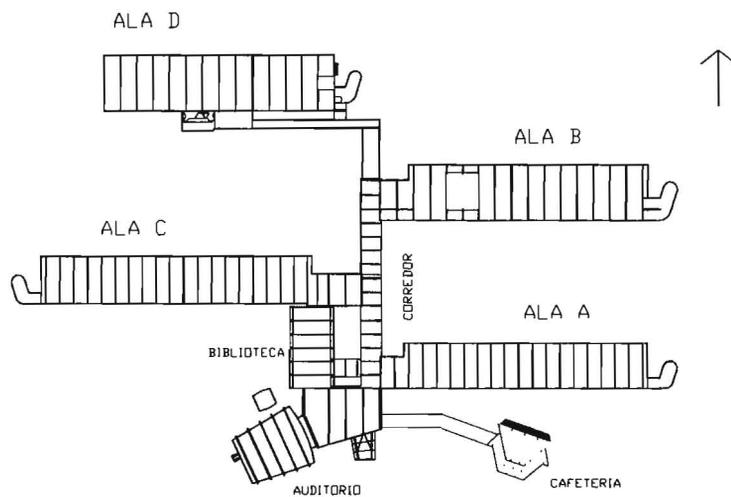


Figura 2. Planta de techos del conjunto de la Escuela de Ingeniería de Petróleos (digitalización: A. Stanford).

lar, mientras que en la fachada este del edificio-corredor se ve disminuida en un 48%. La conexión del Ala C en su extremo este con el edificio-corredor reduce en un 78% el área de fachada del Ala, mientras que la fachada oeste del volumen conector se ve reducida en un 27% (Figura 2).

- Volúmenes en voladizo

Las plantas altas salientes y las plantas bajas retraídas, permiten la proyección de la sombra sobre las fachadas de los niveles inferiores. Esta estrategia de diseño volumétrico se puede evidenciar en la fachada norte de las Alas A y C, en las fachadas norte y sur de las Alas B y D, y en las fachadas este y oeste en el edificio de la biblioteca y de las Alas A y B. En el caso de voladizos hacia el norte y el sur, se proporciona una protección solar estacional según la época del año y en el caso de los volúmenes proyectados hacia el este y el oeste, se brinda una protección parcial matutina y vespertina (véase cajas protectoras de persianas verticales, punto F).

D) Espacios cámara

Hacia los extremos este y oeste de los edificios que integran las Alas A, B y C, se ubican espacios habitables paralelos a las fachadas, generalmente de servicio, los cuales permiten el acceso hacia el corredor perimetral destinado al mantenimiento de las ventanas y de los sistemas de protección solar. Estos espacios actúan como cámaras de aire ventiladas que protegen a los recin-

tos ubicados hacia el saliente y el poniente del ingreso de una carga térmica excesiva.

E) Tratamiento de exteriores

Los espacios abiertos del conjunto cuentan con superficies cubiertas de grama con ciertos elementos aislados de vegetación que proporcionan sombra a la superficie gramada y a la envolvente de las edificaciones. La cobertura vegetal reduce el albedo, es decir, la reflexión de la radiación solar y de onda larga hacia las paredes y aberturas. Asimismo, gracias a los procesos evaporativos generados en su superficie, se produce una reducción de temperatura, manteniéndose cercana a los niveles de la temperatura del aire.

F) Uso de dispositivos de protección solar

La utilización de elementos opacos que se interponen entre el sol y las aberturas de los recintos arquitectónicos, para el control parcial o total del ingreso de la radiación solar hacia el interior, es una constante en el conjunto de la Escuela del Petróleo. Sin embargo, el uso de estos dispositivos no se limita a la protección de superficies acristaladas, sino también a superficies de pisos y paredes exteriores. Entre los sistemas de control solar utilizados se pueden citar: cajas protectoras de persianas verticales, sistemas de romanillas móviles, sistemas de romanillas fijas, pantallas de celosías, cubiertas conectoras y aleros aislados.

- Cajas protectoras de persianas verticales

Dado el uso del vidrio en la extensión de la piel de las edificaciones, las protecciones solares verticales le siguen y llegan a envolver la edificación como una segunda piel, trazando lo que se podría llamar una caja protectora de persianas, definida por la extensión lateral de los planos de cubierta, entepiso y fachadas (Figuras 3, 4 y 5). Estas envolventes de persianas se disponen en forma separada de la fachada, formando unos pasillos perimetrales que se articulan a los provenientes de los espacios cámara (excepto Ala D y Biblioteca).

– Protecciones pivotantes verticales

Estos sistemas de protección solar están constituidos por dispositivos verticales móviles que rotan alrededor de un eje para permitir su

graduación de acuerdo a la inclinación de los rayos solares. Cada dispositivo de sombra se encuentra articulado a marcos metálicos fijados a la cubierta y a la viga de borde perimetral del entepiso, y a la vez, se encuentra unido a otros tres protectores móviles a través de una varilla horizontal para lograr unidad en el impulso (Figura 4). Estos sistemas especializados resultan muy laboriosos y costosos en su construcción y mantenimiento.

El papel que desempeñan estos elementos de sombra en la caja protectora es la de resguardar a las aberturas de las aulas y laboratorios de la incidencia lateral de los rayos solares. Estos sistemas pivotantes en su movimiento de rotación, ofrecen una amplia gama de aberturas que a manera de diafragma, abarca desde cerca de los 0 grados,

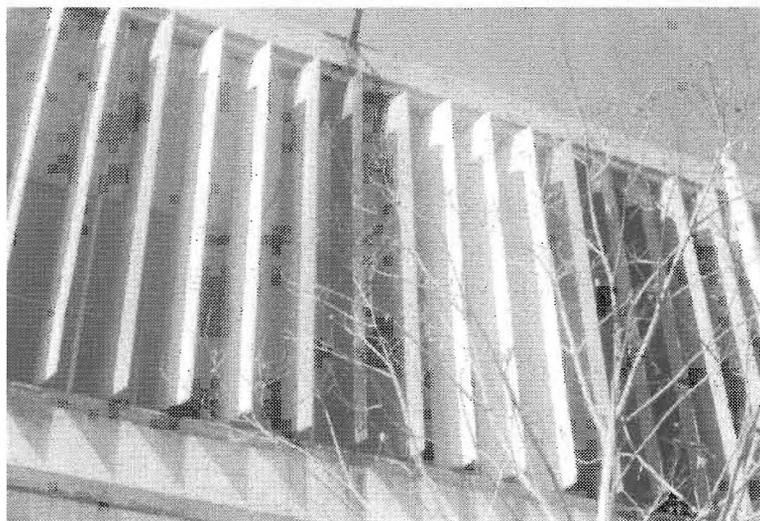


Figura 3. Sistemas de protección solar pivotantes verticales en el Ala D.

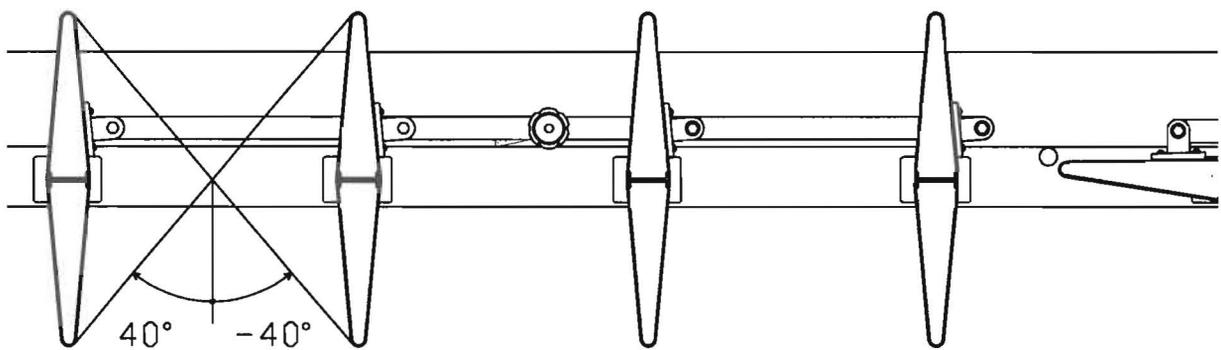


Figura 4. Vista en planta de los sistemas pivotantes verticales de protección solar en posición perpendicular a la fachada.

cuando los dispositivos están solapados entre sí, hasta 80 grados, en el caso de que sean perpendiculares a la fachada. En el primer caso, los dispositivos adoptan una posición casi frontal para un ángulo de sombra horizontal límite de -81° , actuando como una pantalla donde el acceso de los rayos es prácticamente nulo. En el segundo caso, los ángulos de sombra horizontal a partir de la normal de la fachada son de 40° y -40° (Figura 4).

Por su movilidad, la utilización fundamental de esta alternativa de control solar está dirigida hacia las fachadas este y oeste, como es el caso de las fachadas de edificio de la biblioteca, donde el asoleamiento es crítico porque el espectro de trayectorias solares es perpendicular a las fachadas y las condiciones varían a diario (en la mañana y en la tarde), por la variación continua sur-norte-sur de la declinación solar. Sin embargo, esta solución se aplica también en las fachadas con orientaciones norte y sur, donde los dispositivos pueden mantenerse fijos en dirección perpendicular a la fachada durante el año, sin verse afectados los ambientes interiores. La rotación de los elementos de sombra obedecería en estos casos, a la mejor captación de los vientos predominantes (NE y SE), pero en la fachada norte el mecanismo solo permite la inclinación de los elementos hacia el cuarto cuadrante donde la frecuencia de los vientos es prácticamente nula y la exposición vespertina a los rayos solares no es recomendable.

– Extensión de la cubierta

La prolongación lateral en voladizo de la losa de la cubierta cumple el objetivo, dentro de la caja protectora, de ofrecer a las aberturas una protección solar frontal y cenital, es decir, para las horas meridianas en donde el sol alcanza su mayor elevación sobre el horizonte (Figura 5).

– Extensión del entrepiso

La prolongación lateral en voladizo de la placa del entrepiso complementa la protección alcanzada por la cubierta, específicamente para las aberturas ubicadas en la planta baja de las edificaciones mencionadas. Esta extensión no alcanza la viga de borde por lo que no cierra totalmente en su parte inferior la caja de persianas verticales, dejando de esta manera, un espacio libre que permite la circulación vertical del aire a la caja, que favorece la pérdida de calor de la superficie protectora (Figura 5).

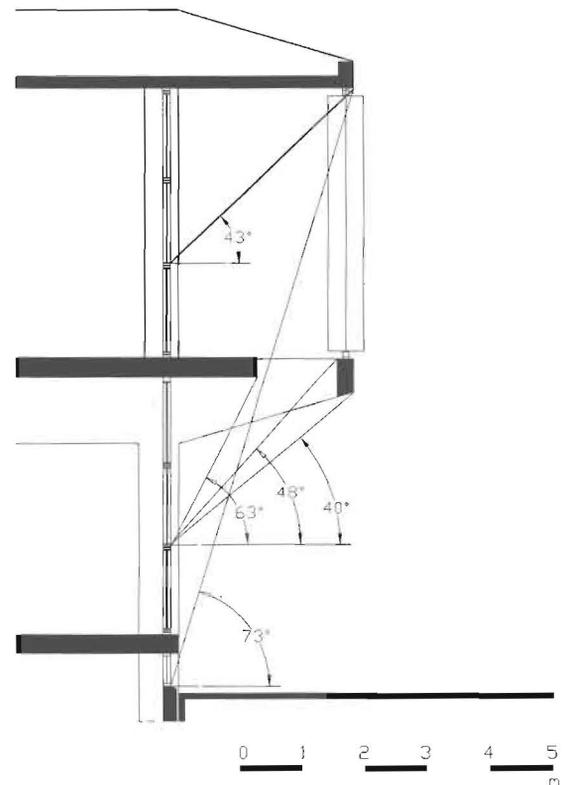


Figura 5. Ángulos de sombra vertical para las fachadas norte y sur del Ala D.

– Extensión de la fachada

La prolongación de los planos de la fachada constituye una solución para evitar la penetración lateral de los rayos solares hacia los extremos de la caja protectora.

La caja protectora de persianas verticales ofrece una protección total a los rayos solares durante el año a las plantas altas de las fachadas norte y sur. Particularmente, el Ala C por tener doble caja de persianas en la fachada norte, tiene protección solar total tanto a nivel de planta alta como de planta baja.

En la planta baja de las fachadas norte, en el periodo de abril – agosto, la protección es parcial de 7 a 8 am y de 6 a 7 pm, acentuándose más la penetración lateral, hacia los extremos este y oeste del voladizo. En la planta baja de la fachada sur del Ala D, en el periodo de septiembre-marzo, existe una penetración solar lateral de 7 a 8 am y de 5 a 6 pm. Hacia el mediodía de 11 a 2 pm entre los meses de noviembre y enero, se presenta también el acceso de los rayos solares a las abertu-

ras, debido a que las trayectorias solares a dichas horas, cruzan por debajo de la cubierta en el espacio comprendido entre dos elementos verticales de sombra consecutivos.

La fachada este de la planta alta de la biblioteca, a pesar de no contar con la extensión suficiente de la cubierta, puede alcanzar una protección parcial a total, rotando los dispositivos hacia el norte. De igual modo, hacia el oeste, se puede alcanzar una mejor protección rotando los elementos de sombra hacia el sur.

– Sistemas de romanillas móviles

El tercio inferior de la superficie del ventanaje de las fachadas norte de las Alas A, B, C y D, la sur de la Ala D y la este y oeste de la planta alta del edificio de Biblioteca está constituido por sistemas basculantes horizontales opacos que giran manualmente alrededor de sus ejes y que permiten una mayor posibilidad de regulación hasta un ángulo de 30° de sombra vertical. Estos sistemas estructurados por romanillas de madera, que a diferencia de los 2/3 superiores, estructurados por romanillas de vidrio templado, complementan la protección suministrada al espacio interior por el resto de los elementos que estructuran la caja protectora de persianas verticales.

– Pantallas de celosías

Constituyen superficies verticales estructuradas por sistemas de bloques calados abiertos que generalmente limitan y definen visualmente a los espacios de circulación en las edificaciones del

conjunto de la Escuela del Petróleo. El arquitecto F. Vivas señala, “el viejo Villanueva nos presenta en la Facultad de Ingeniería, grises corredores enclaustrados, donde los puntos luminosos se filtran por calados que recuerdan los patios mozárabes, a los corredores tamizados y de brisa fresca de Casablanca y a las logias envueltas en tejido de paja de Manila e Indonesia” [5]. Estas pantallas conforman una segunda piel que se coloca delante de las ventanas que abren hacia los espacios de circulación ubicados al sur en las diferentes alas que integran el conjunto y constituyen la envolvente de los apéndices protectores. Los espacios correspondientes al hall y corredor (calle peatonal) presentan esta solución de protección solar en todas sus fachadas, con predominio hacia el sur, el este y el oeste.

Los bloques calados de concreto utilizados, mejor conocidos como “bloque Villanueva” (Figura 6), son los mismos que acondicionan los pasillos del Aula Magna de la Universidad Central de Venezuela, pero con ciertas variaciones en la profundidad y en el tamaño de las aberturas. Las dimensiones (en cm) son de $40 \times 19.5 \times 20$ presentando unas perforaciones de 6.8×7 y de 7×16.7 , las cuales permiten una protección total hacia el norte y el sur, y parcial hacia el este (hasta las 8 am) y el oeste (desde las 5 pm).

– Sistema de romanillas fijas

Dentro del conjunto de la Escuela del Petróleo se destaca el volumen de la cafetería provisto en su fachada nor-noreste de una caja estructurada por

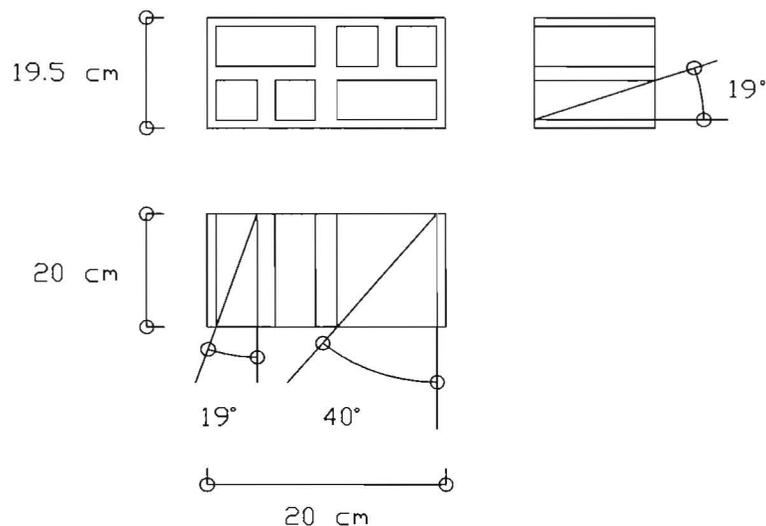


Figura 6. Dimensiones y ángulos de proyección de sombra en la versión de bloque “Villanueva” .

un sistema de romanillas fijas de concreto separadas a 12 cm e inclinadas bajo un ángulo de 32 grados que controla totalmente la entrada de los rayos solares frontalmente. Sin embargo, en su parte superior permite a manera de filtro, el acceso de determinados rayos que crean un efecto plástico de iluminación que varía a lo largo de un año, en el jardín interno definido por la caja de romanillas.

– Aleros aislados

En las diferentes edificaciones se pueden ubicar en forma aislada aleros protectores para aberturas específicas, tales como los que se ubican en la entrada del hall y en la entrada este-noreste de la cafetería. En el primer caso, el dispositivo ofrece una protección total a la puerta de ingreso al hall en el período comprendido entre las 10:30am y las 2:30pm; en el segundo caso, la protección es total a partir de las 11am con cierta penetración solar hasta la 1pm desde el mes de noviembre hasta mediados de febrero.

– Cubiertas conectoras

Las caminerías que vinculan el espacio-corredor con el Ala D y con la planta baja de la biblioteca, así como la que une la cafetería con el hall de entrada de la Escuela del Petróleo se encuentran protegidas de la incidencia solar directa por una cubierta horizontal continua. En la caminería hacia el Ala D, esta protección se ve reforzada con unas pantallas verticales de bloques calados ubicadas hacia el sur y el oeste, protegiendo de esta manera, a los peatones de la penetración solar austral y vespertina respectivamente. En la caminería que atraviesa el patio del conjunto, la cubierta se extiende lateralmente un poco y presenta una pared de bloques calados ubicada hacia el norte, lo que permite una mayor protección cenital y hacia las fechas próximas al solsticio de verano (junio 21).

Conclusiones

El conjunto de la Escuela de Ingeniería de Petróleos responde a estrategias de control solar bien concebidas por el arquitecto Carlos Raúl Villanueva que dictan pautas sobre lo que debe ser el diseño en una región con las características climáticas y en una situación geográfica similar a la

de la ciudad de Maracaibo. Frente a la radiación solar aplicó acertadamente los criterios de orientación de las fachadas, distribución de las aberturas, concepción volumétrica de las edificaciones, uso de dispositivos de protección solar, propuesta de espacios-cámara y tratamiento de exteriores.

En síntesis, la Escuela del Petróleo es el resultado arquitectónico de la adaptación a las determinantes del diseño en un medio tropical: el sol y el viento, lo que demuestra el profundo conocimiento del maestro Villanueva del clima y del manejo de la luz, al ofrecer el bienestar térmico y lumínico requerido, así como la poesía de los efectos plásticos de luces y sombras que invitan al goce espiritual de los usuarios.

Agradecimiento

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES), por el financiamiento de la investigación "La Escuela de Ingeniería de Petróleos de La Universidad del Zulia" de la cual se extrae el presente artículo.

Referencias Bibliográficas

1. Quirós, C.: "Condiciones climáticas y bienestar térmico en una localidad intertropical – caso de estudio: Maracaibo (Venezuela)". Rev. Téc. Ing. Universidad del Zulia., Vol. 18, No. 1 (1998) 151-158.
2. Olgyay, V.: "Clima y arquitectura en Colombia", Universidad del Valle, Cali, 1968.
3. González E., Hinz, E., De Oteiza P., Quirós, C.: "Proyecto Clima y Arquitectura", Volumen 3, Ediciones Gustavo Gili S.A. de C.V. , México, 1986.
4. Bravo, G. et al: "Arquitectura y urbanismo en el trópico", Universidad del Zulia, Facultad de Arquitectura y Diseño, Instituto de Investigaciones, Maracaibo, 2000.
5. Vivas, F.: "Reflexiones para un mundo mejor". Gráficas Armitano C.A., Caracas, 1993.

Recibido el 7 de Junio 2004
En forma revisada el 13 de Junio 2005