

SOMBRA CON ELEMENTOS VERTICALES. DISEÑO DE LAS AGRUPACIONES DE LAS TORRES DE LUZ EN LA PLAZA DE CISNEROS. MEDELLÍN, COLOMBIA.

Jorge Hernán Salazar Trujillo

Profesor Asociado. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
Calle 35 # 76-56 apartamento 102 Medellín, COLOMBIA. Tel. 57-4-5114656, fax 2604875
e-mail:jhsalaza@unal.edu.co

RESUMEN

En la asesoría técnica para la Plaza de Cisneros, en Medellín, se mejoraron las condiciones de sombra urbana gracias a la correcta ubicación de 300 elementos verticales denominados “Torres de Luz”. En el diseño de las agrupaciones de torres se maximizaron las “sombras útiles”, sombras proyectadas sobre el espacio público con un ancho de 1.2 metros y que tardan en recorrer una zona de estancia no menos de 15 minutos. Los procedimientos de análisis desarrollados para asesorar a los arquitectos del proyecto, ganador del Gran Premio Bienal XV de Quito 2006, permitieron formular los principios geométricos que determinan la optimización de las sombras proyectadas por un grupo de elementos verticales. Confrontaciones con el desempeño observado, permiten asegurar la fiabilidad de un procedimiento de análisis con amplio campo de aplicación en el diseño urbano.

ABSTRACT

In the technical consultancy for the Cisneros Square, in Medellín, Colombia, the urban shade conditions, thanks to the correct location of 300 vertical elements, were improved. “Useful shades” were maximized in the design of the tower groups. Those are shades cast on the public space with a width of 1.2 meters and that they take to travel not less than 15 minutes across a stay area. The project was rewarded with the “Gran Premio Bienal XV de Quito” in 2006. The analysis procedures developed to advise the architects, allowed formulating the geometrical principles that determine the shade optimization of vertical elements groups. Confrontations with the observed performance allow to assure the reliability of an analysis procedure with wide application field in urban design.

1. INTRODUCCIÓN

En zonas urbanas tropicales la radiación solar es muy intensa durante muchas horas al día. Los rayos del sol inciden muy perpendicularmente sobre la superficie terrestre y por este motivo la sombra proyectada sobre el espacio público por las edificaciones vecinas suele escasear. Sombras cortas obligan a que los proyectos de espacio público ubicados en los pisos térmicos templado y cálido de las zonas tropicales deban recurrir a un uso intensivo de la arborización o de coberturas artificiales diseñadas para este fin. En el trópico la



Figura 1. Centro de la Ciudad de Medellín.

falta de sombra hace los espacios inhabitables y el mobiliario público muy poco confortable de utilizar. Por otro lado, el exceso de sombra en estos mismos lugares propicia espacios húmedos y crecimiento de musgos, ocasionando superficies resbalosas y de mal olor. Las preocupaciones energéticas y de climatización, especialmente en lugares con estaciones, explica el hecho de que la atención principal del bioclimatismo se concentre en el confort en espacios interiores. No obstante, es visible una tendencia al cambio y una mayor sensibilidad frente a temas de bienestar y confort en exteriores. Por las altas temperaturas y ocasionalmente al alto nivel de humedad atmosférica, la sombra es especialmente importante en la zona ecuatorial. Tendiendo en cuenta que en el trópico durante muchas horas al día es mejor estar afuera que adentro de un edificio, un fracaso en la relación sol-sombra de un proyecto de espacio público, puede dificultar la apropiación del mismo al no fomentar la permanencia de las personas, condicionando su grado de aceptación ciudadana.

2. PLAZA DE CISNEROS

El proyecto para la Plaza de Cisneros es un proyecto de rehabilitación urbana ubicado en el centro de la ciudad de Medellín, Colombia (Figura 1). Ciudad andina con un clima templado-cálido y una altitud de 1500 metros sobre el nivel del mar. La Plaza, con un área de 25.000 m², se ubica en el fondo del valle frente a vías de alto tráfico y el actual Centro Administrativo. Ocupa el sitio donde estuvo ubicado el antiguo mercado y es parte de un proyecto de renovación que busca expandir el centro tradicional y generar una fuerte imagen de institucionalidad.

En el año 2004 la Alcaldía de Medellín lanzó un concurso público en el que los participantes debían atender a los requerimientos simbólicos y a la vez responder a los intensos flujos peatonales y vehiculares del sector, convirtiendo la plaza en un referente internacional para la ciudad. El arquitecto Juan Manuel Peláez y el artista Luís Fernando Peláez, obtuvieron el primer puesto y en 2006 fueron galardonados en la Bienal de Quito en la categoría de Premio Especial del Jurado.

Para prevenir los posibles conflictos de uso a que podría estar sometido un espacio urbano en proceso de rehabilitación, el equipo diseñador optó por suprimir cualquier tipo de cobertura horizontal. Se pretendía generar unidad y conectar los diferentes recintos sombreados por la vegetación, mediante unos elementos verticales denominados Torres de Luz: columnas de 22 metros de altura y 40cm. de diámetro dispersas por el proyecto (Figura 2). En el proyecto original cada una de estas torres contaba con un potente sistema de iluminación para configurar un proyecto de arte urbano de gran formato con una faceta nocturna muy fuerte, pocos elementos y absoluta permeabilidad a los peatones. Se respetaron las calles y los paramentos originales, pero planteando una total renovación de las superficies.



Figura 2. Vista aérea de la Plaza de Cisneros desde el sur oriente. Al fondo la Biblioteca Pública de EPM.

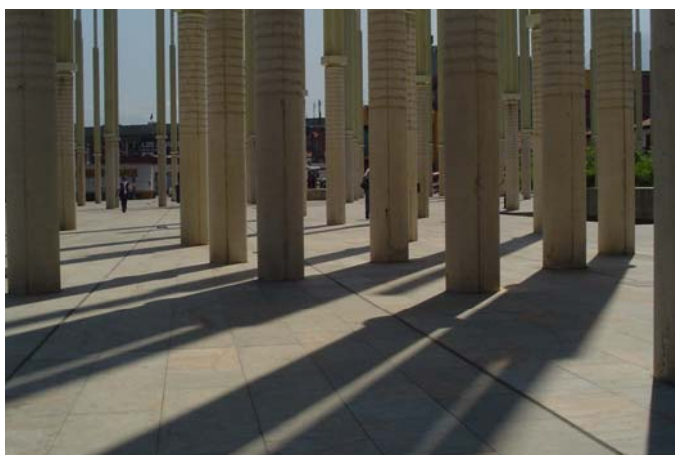


Figura 3. Agrupación de sombras en el sector noroccidental de la Plaza a las 10:30 a.m. del 10 de Junio.

El proyecto planteaba recintos para la estancia, rodeados de masas de vegetación autóctona, utilizando una gramínea gigante denominada guadua (*bambusa guadua*). La intención era que las 300 torres fueran las encargadas de proyectar las sombras para la conexión entre los recintos protegidos por la vegetación, pero de manera tal que su disposición resultara aparentemente accidental (Figura 3). En realidad cada torre tiene una posición precisa, de acuerdo a las intenciones de sombreado. El equipo de diseño contrató la asesoría de los arquitectos Salazar, García y González, con el fin de explorar la viabilidad de proyectar las sombras que conectarían los recintos de estancia exclusivamente mediante la disposición de estos elementos verticales. Se resalta que la manera típica de sombrear un espacio es mediante elementos horizontales y que sombrear con elementos verticales no es solamente un caso atípico, sino técnicamente difícil.

El trabajo de asesoría se enfocó inicialmente en desarrollar un procedimiento de análisis de la sombra urbana, paso previo para definir los criterios de agrupación y emplazamiento de las torres en coordinación con la orientación de la plaza, la sombra existente o prevista por las edificaciones vecinas y la vegetación propuesta. Sólo en ese momento se podría comenzar a determinar la posición exacta de cada una de las torres y producir las correspondientes tablas con las coordenadas para implantar cada torre durante la fase de construcción.

3. MÉTODO DE TRABAJO

El trabajo comenzó con un diagnóstico de las condiciones solares, para cuantificar aquello que ya había sido previamente identificado: el requerimiento de sombra para que los transeúntes no estuvieran expuestos al sol durante el tránsito entre recintos. Para estimar el orden de magnitud del fenómeno a mitigar, se definió un instrumento conceptual denominado “sombra útil”. Una sombra de esas características es aquella que tiene un ancho mínimo de 1.20 metros y que

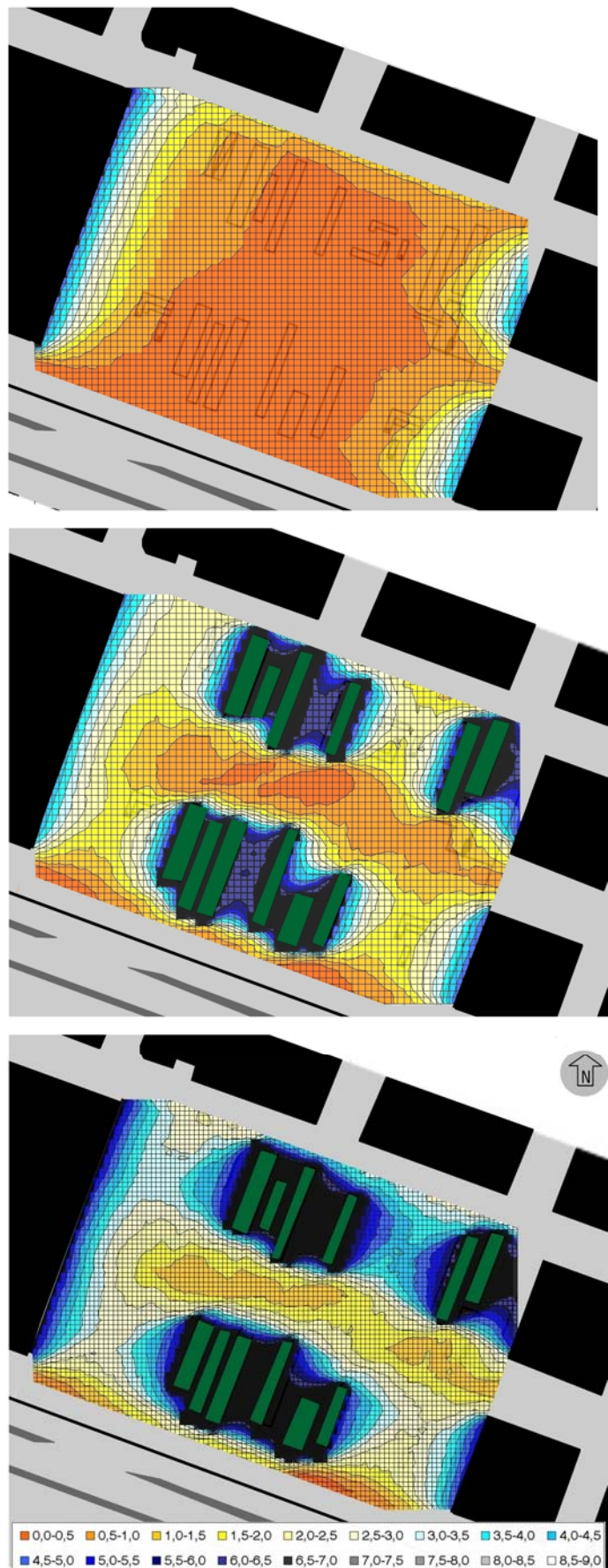


Figura 4. Arriba horas de sombra diaria en la Plaza considerando el efecto de las edificaciones vecinas. Abajo, condiciones de sombra con el crecimiento de la vegetación a 10 y 20 metros de altura.

tarda por lo menos 15 minutos en cruzar por una zona de estancia. Las unidades en las que se mide la “sombra útil” son Horas de Sombra Diaria (HSD), calculadas para un día en especial, para un período o para todas las posibles posiciones solares. Las horas de sombra diaria en promedio anual fueron las unidades finalmente aplicadas (Figura 4).

Para el cálculo de la “sombra útil” de un elemento o un grupo de objetos ubicados en el espacio público, no basta con un instrumento conceptual, también se requiere una herramienta capaz de realizar los cálculos de sombra en un tiempo suficientemente breve. Para realizar los diagnósticos cuantitativos fue preciso desarrollar un software que permite calcular las HSD en tiempos razonables. Sin un instrumento de análisis como este hubiera sido muy laborioso verificar si una agrupación de torres tendría un mejor desempeño que otra, siendo inútil generar alternativas de agrupación porque hubiera sido imposible diferenciarlas.

Para cuantificar la sombra proyectada sobre una superficie es preciso evaluar las interacciones entre tres conjuntos de información: una matriz de puntos, una información tridimensional acerca de los objetos opacos que pueden proyectar sombra sobre dicha matriz y en tercer lugar, el sistema de ecuaciones trigonométricas de la mecánica solar. Los resultados de estas interacciones, evaluadas a diferentes horas y fechas del año, se transformaron en códigos de color, para resaltar el número de ocasiones en que cada uno de los puntos permaneció sombreado durante los intervalos evaluados.

Con esta herramienta informática ya operativa, se comenzaron a explorar sencillos patrones de agrupación de las torres, con el fin de identificar alternativas de mitigación de la radiación solar. Se buscaron mitigaciones en lo temporal que permitieran abreviar los tiempos con exceso de sol y una mitigación en lo espacial, para disminuir las áreas de afectación (Figura 5). En el proceso de diagnóstico del desempeño solar de estas alternativas de agrupación, se realizó la investigación central imprescindible para este proyecto: identificar los principios geométricos de los cuales depende la maximización de la “sombra útil” al momento de agrupar elementos verticales.

De manera simultánea se aplicó el mismo procedimiento de análisis para hacer el diagnóstico de espacios urbanos reales, reconocidos como favorables o desfavorables para la ciudad de Medellín. Esto permitió confrontar el nuevo sistema de unidades con la sensación resultante y estimar la aceptabilidad y tolerabilidad de un valor de HSD determinado.

La aceptabilidad está relacionada con el umbral mínimo, valor hasta el cual los rayos solares resultan deseables y la sombra aún no es necesaria. En el otro

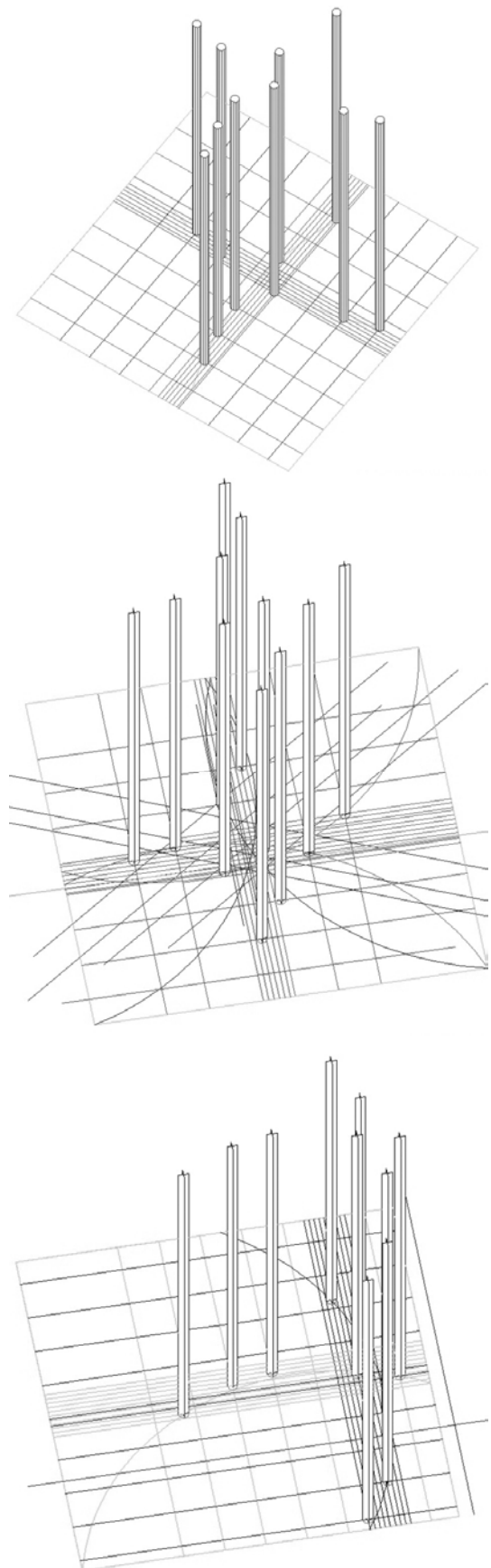


Figura 5. Algunos de los patrones de agrupación de torres que fueron evaluados.

extremo está la tolerabilidad, umbral de HSD por encima del cual la radiación solar que llega a un espacio se comienza a considerar como intolerable. Se consideró que en medio de estas dos cifras se encuentra un tercer valor que no necesariamente equivale al promedio y que se corresponde con la condición que presenta una mejor relación con la realidad ambiental de un sitio. Es el valor que se obtuvo en proyectos existentes que poseían unas condiciones de sombreado reconocidamente aceptadas. El objetivo fue establecer las conveniencias temporales y espaciales de las sombras para la Plaza de Cisneros. No siempre una sombra es oportuna y otras veces siendo oportuna, resulta insuficiente. En esta fase de la investigación se aprendió a manejar una nueva herramienta, pero sobre todo se aprendió a leer e interpretar sus resultados.

4. MAXIMIZACIÓN DE SOMBRAS

El punto de partida para aumentar el tamaño de una sombra, hasta llegar a un ancho capaz de albergar un grupo de personas, es la suma de sombras. Desde este punto de vista, la “sombra útil” estaría gobernada por la condición de tangencia entre las torres, lo que conduce a un esquema de organización tipo pentagrama en el cual el tamaño de los renglones es función del diámetro de las torres (Figura 6). La alineación ocurre en un instante, por eso mientras más cerca se encuentren dos torres, más duradero será su efecto de alineación, su traslape será mayor y por lo tanto una menor área quedará cubierta. Al identificar la relación de compromiso entre el tamaño de los traslapes y la distancia entre torres, se

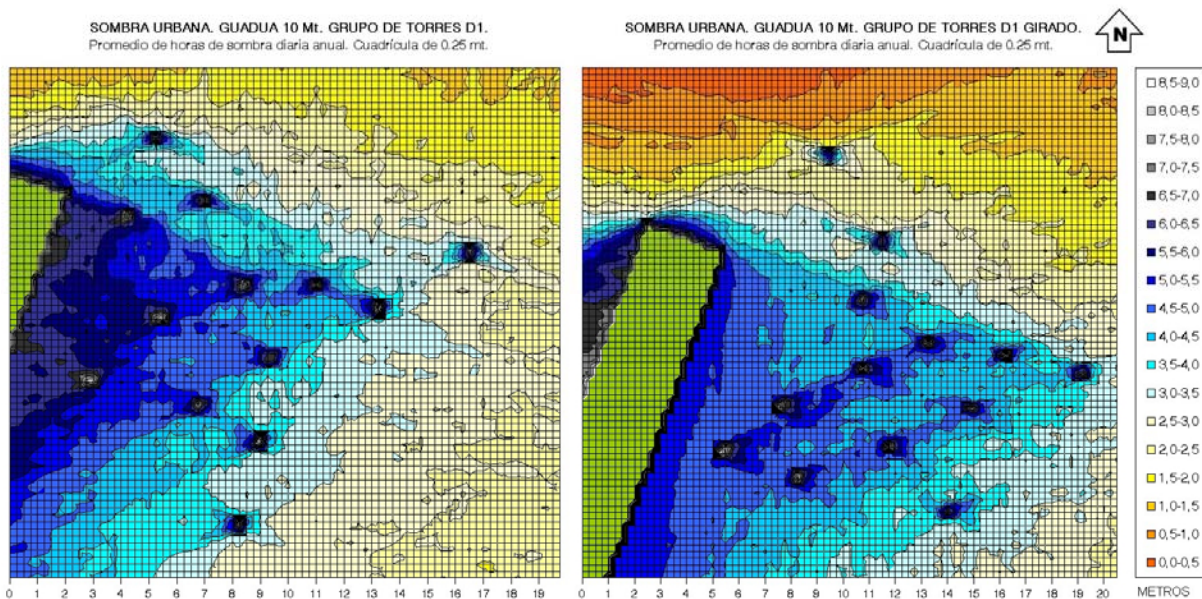
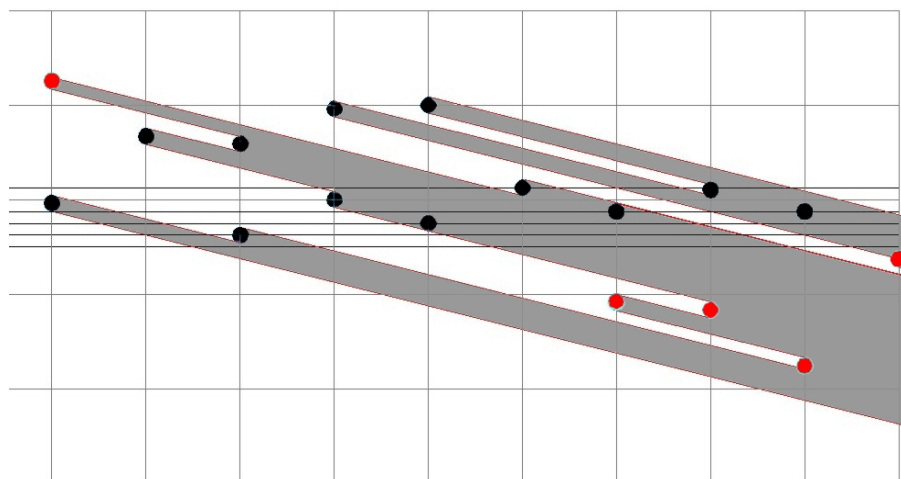


Figura 6. Otro de los sistemas de agrupación de torres y su sombra en el instante de máximo desempeño. Abajo, Horas de Sombra Diaria propiciadas por otro método de agrupación y comparación de la huella de sombra del mismo grupo en dos orientaciones diferentes.

comprendió la importancia de establecer la distancia mínima de implantación. Inicialmente se consideró que esta distancia sería módulo del ancho de los cuerpos, para permitir que los transeúntes se cruzaran por entre las torres sin estorbarse mutuamente, pero finalmente fue la respuesta a un criterio estructural. La distancia mínima de implantación definitiva es de 2.4 metros y está en función de la rigidez y deriva sísmica de cada elemento.

En el diseño de esa célula básica se identificaron dos alternativas que satisficieran ambos requerimientos: distancia mínima de 2.4 metros y renglones de 40cm, equivalentes al diámetro de las torres. Se presumía que el desempeño solar de ambas no coincidiría (Figura 7). Más adelante, durante el proceso de análisis que permitió diferenciarlas, se pudo detectar algo que por otro camino de análisis hubiera resultado evidente desde antes: como toda sombra se proyecta sobre el piso o sobre una torre vecina, maximizar sombras en el espacio público equivale a minimizar las sombras proyectadas sobre las torres.

La optimización de la sombra consiste entonces en diseñar una distribución geométrica tal, que cualquier recta que se trace nunca atravesara más de dos torres. Este razonamiento geométrico indicó la conveniencia de trabajar con ejes curvos. Las simulaciones de sombra arrojada ratificaron esta conclusión (Figura 8). Una vez definida la célula básica, se trabajó por identificar cuál podría ser la estrategia para su agrupación. Tanteos hechos para cuantificar la sombra asociada a varios grupos, permitieron concluir que el número de torres con las que se contaba no sería suficiente para abarcar la totalidad del proyecto. Cada torre tendría entonces que pertenecer simultáneamente a varias células.

Aplicando esta conclusión se hizo el cálculo del aporte de sombra sobre el espacio público de varias alternativas de agrupación de células básicas, para verificar que la cantidad de sombra proyectada es altamente sensible al tipo de agrupación. Al cuantificar el efecto que sobre el desempeño solar del

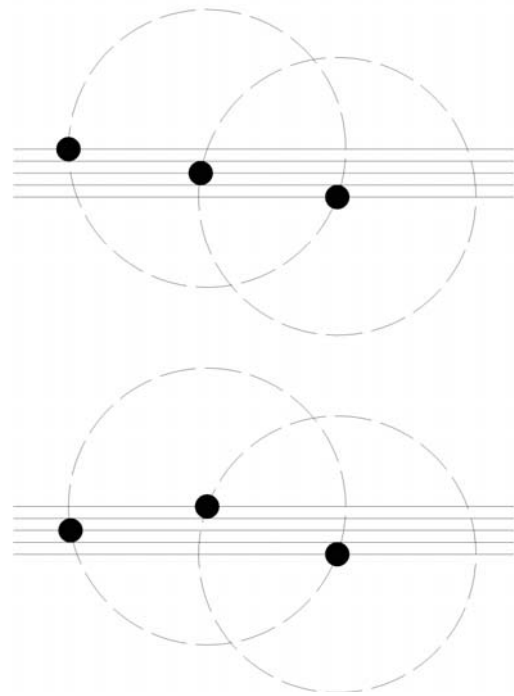


Figura 7. Los dos pentagramas posibles. Arriba, siguiendo un eje recto y abajo uno curvo. La separación de las líneas horizontales es de 0.40 mt. y el radio de las circunferencias 2.4 mt.

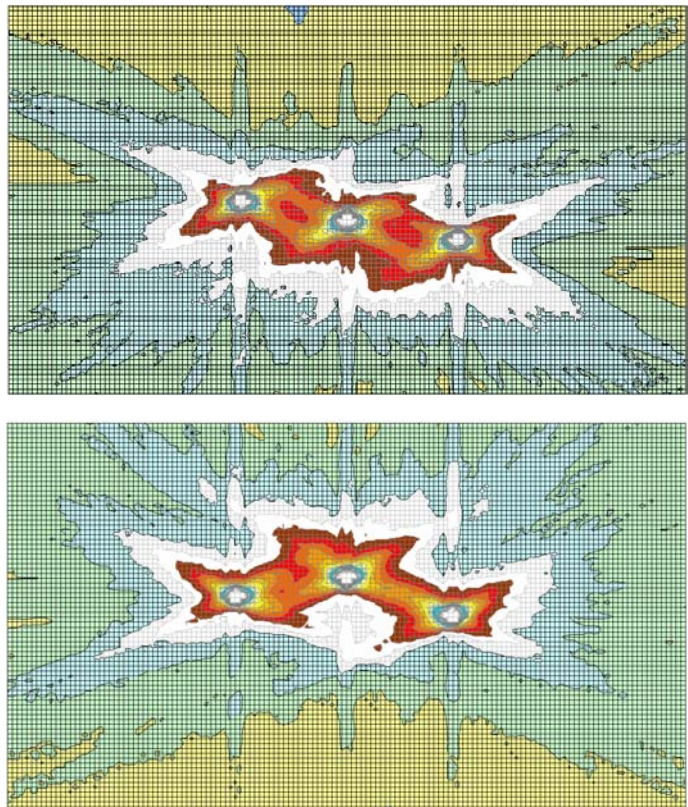


Figura 8. Huella de sombra de los dos pentagramas: arriba, siguiendo un eje recto y abajo uno curvo. Este segundo sistema de agrupación constituye el grupo definitivo y proyecta, con respecto al primero, un 12% más de sombra sobre el plano base.

conjunto tendría la proximidad relativa de las diferentes torres, se detectó que si las torres se disponían dispersas, las sombras de las primeras torres se acabarían antes de que se le terminaran de sumar las de sus vecinas. La última conclusión a que se llegó fue que el tamaño máximo de un grupo tendría que estar en función de la altura de sus elementos. Comprendido esto, se comenzaron a idear estrategias para lograr la agrupación más compacta posible.

5. IMPLANTACIÓN DE GRUPOS DE TORRES

Simulaciones con una mayor resolución permitieron identificar que efectivamente el grupo base presentaría una dirección de sombreado principal, aquella para la cual el grupo había sido diseñado, pero que también existía una dirección de sombreado secundario, casi transversal a la primera. Asociadas a estas direcciones de sombreado se identificaron unos rangos de máxima

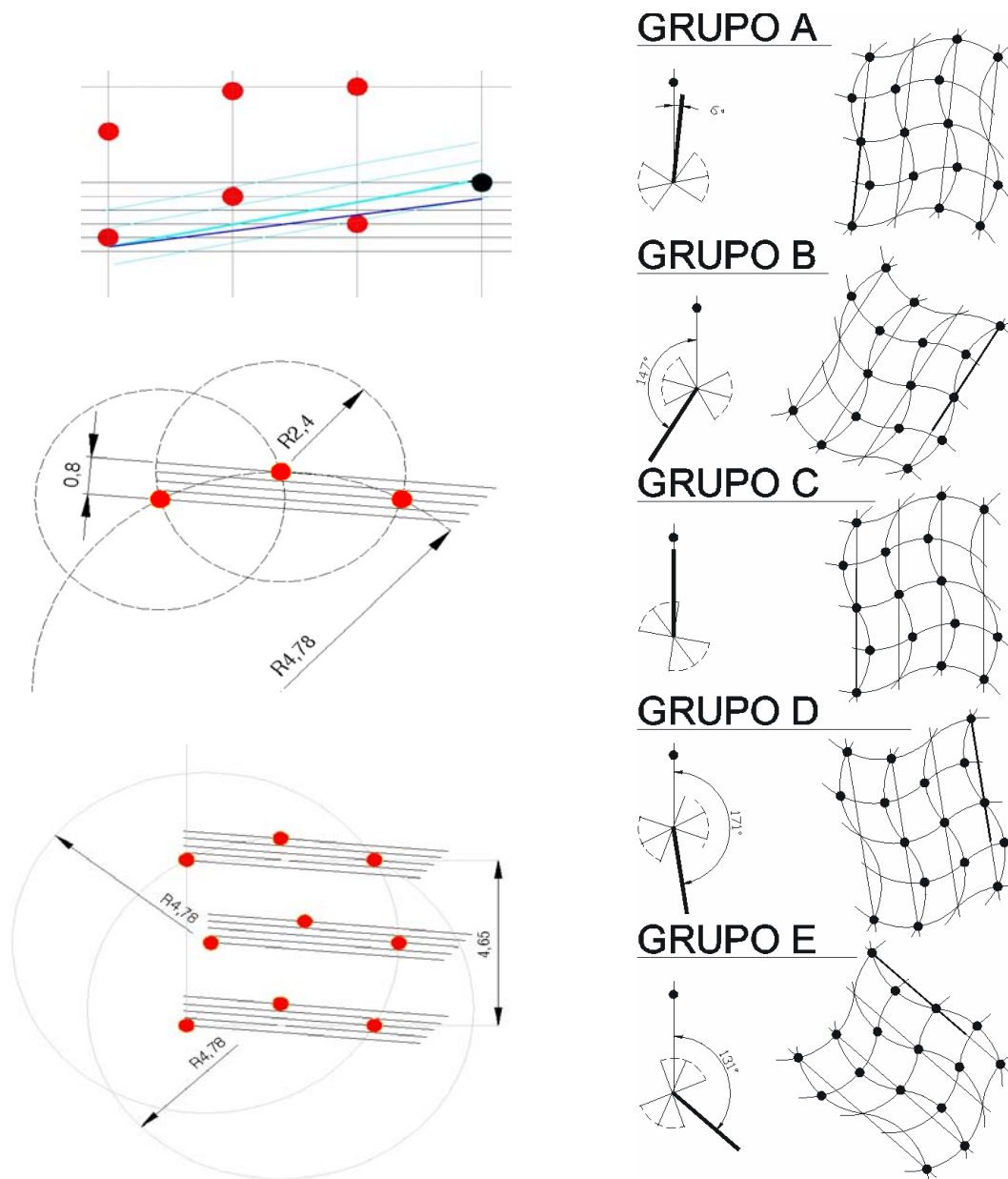


Figura 9. A la izquierda, construcción geométrica de la célula de tres torres a partir de la cual se configura el Grupo Base. Nótese que el Grupo Base está constituido únicamente por nueve torres, pero posee seis células básicas. A la derecha, las cinco orientaciones del Grupo Base que fueron ubicadas en los diferentes recintos de la Plaza de Cisneros.

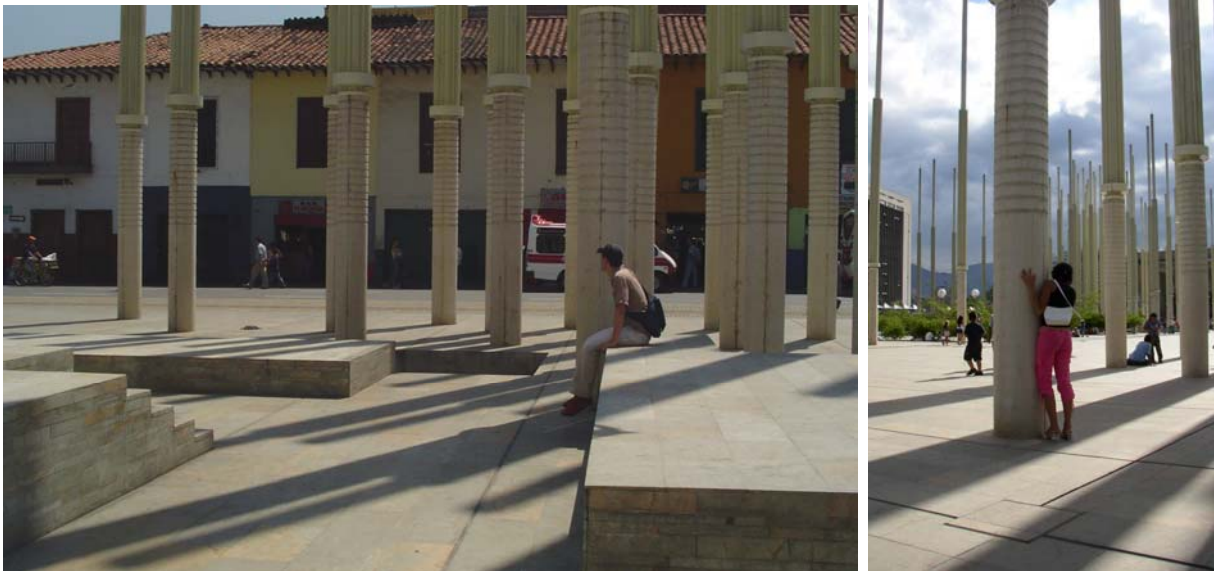


Figura 10. A la izquierda, recinto nororiental del proyecto: plataformas para la estancia y la pausa del transeúnte sombreadas por las torres en una mañana de mayo. A la derecha, sector central de la Plaza, zonas de tránsito en una tarde de septiembre.

proyección de sombra que podrían ubicarse a voluntad de acuerdo a la orientación que se le diera a cada grupo. La superposición de estos rangos con un diagrama solar, ayudó a precisar la rotación que debería tener un grupo para que presentara su mejor rendimiento solar en fechas e intervalos concretos, buscando siempre que en cualquier época del año y casi cualquier hora del día, un transeúnte no tuviera que desplazarse más de 40 metros para encontrar una sombra útil (Figura 9). De este modo se aseguró que las condiciones de sombra refuerzan lo que interesa propiciar en cada sector de la plaza.

En la conformación de los recintos de estancia no se quiso sombrear durante la mayor cantidad posible de fechas y horas, porque si el sol no alcanza a llegar a un trozo de plaza es porque desde ese mismo punto una persona no disfrutaría de visual en esa dirección. Si se ubicaran grupos para sombrear un punto desde todas las orientaciones, alguien que se ubicara allí perdería toda referencia con la ciudad. Un exceso de sombra sólo se puede lograr mediante jaulas de torres que no brindarían mayores posibilidades visuales hacia el exterior, algo indeseable para los intereses de rehabilitación del lugar.

En la superficie de la plaza se distribuyeron un total de 10 grupos con cinco orientaciones diferentes, respetando siempre unas distancias mínimas de ubicación con respecto a la vegetación. Los grupos que presentan su mejor condición de sombreado en horas de la mañana, se ubicaron en los sitios en que sería previsible o deseable que las personas permanecieran al inicio del día. Se diseñaron dos emplazamientos para sombrear en horas de la mañana: uno adecuado para los meses de abril a agosto y otro para los meses de octubre a febrero. Similarmente, los grupos que por su orientación presentan su mejor condición de sombreado en horas de la tarde, fueron emplazados de manera tal que sus sombras se proyecten sobre el mobiliario en los cuales interesaba fomentar la permanencia en las horas de la tarde (Figura 10).

Todas las decisiones con respecto a la ubicación y rotación de los grupos de torres se tomaron traslapando los rangos de operatividad de cada conjunto de torres con las plantas arquitectónicas y de mobiliario, en las cuales se habían resaltado los sectores donde con mayor requerimiento de sombra. Para esta labor se estimó el tipo de actividad y ocupación que podría tener la Plaza, el tipo de eventos según fuera época de vacaciones o no, la dinámica horaria en días laborales y posibles eventos programados los fines de semana en el costado occidental por la Biblioteca Pública ubicada allí. Siempre se cuidó que en ningún caso la dirección de sombreado secundario se dirigiera hacia la vegetación o los lugares de tránsito, para que estas sombras también pudieran aprovecharse en las zonas de estancia durante alguna otra época del año (Figura 11).

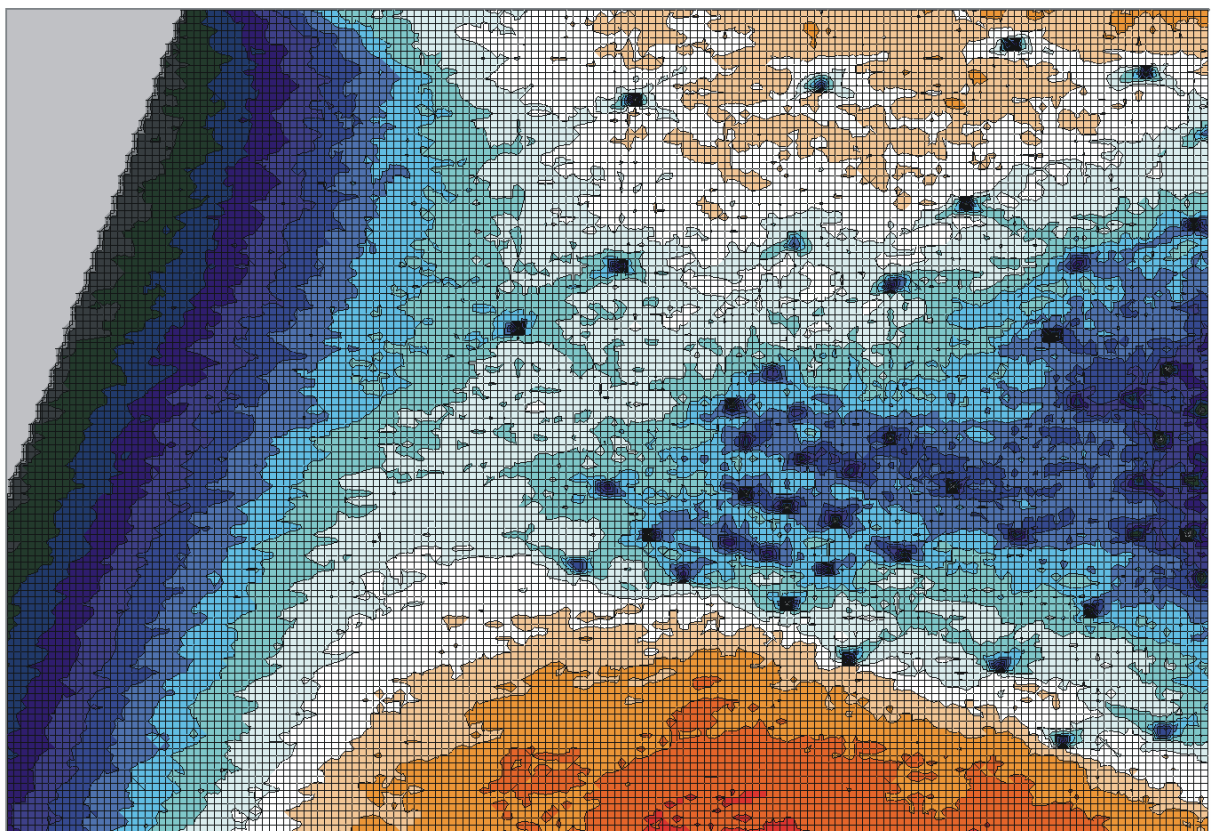
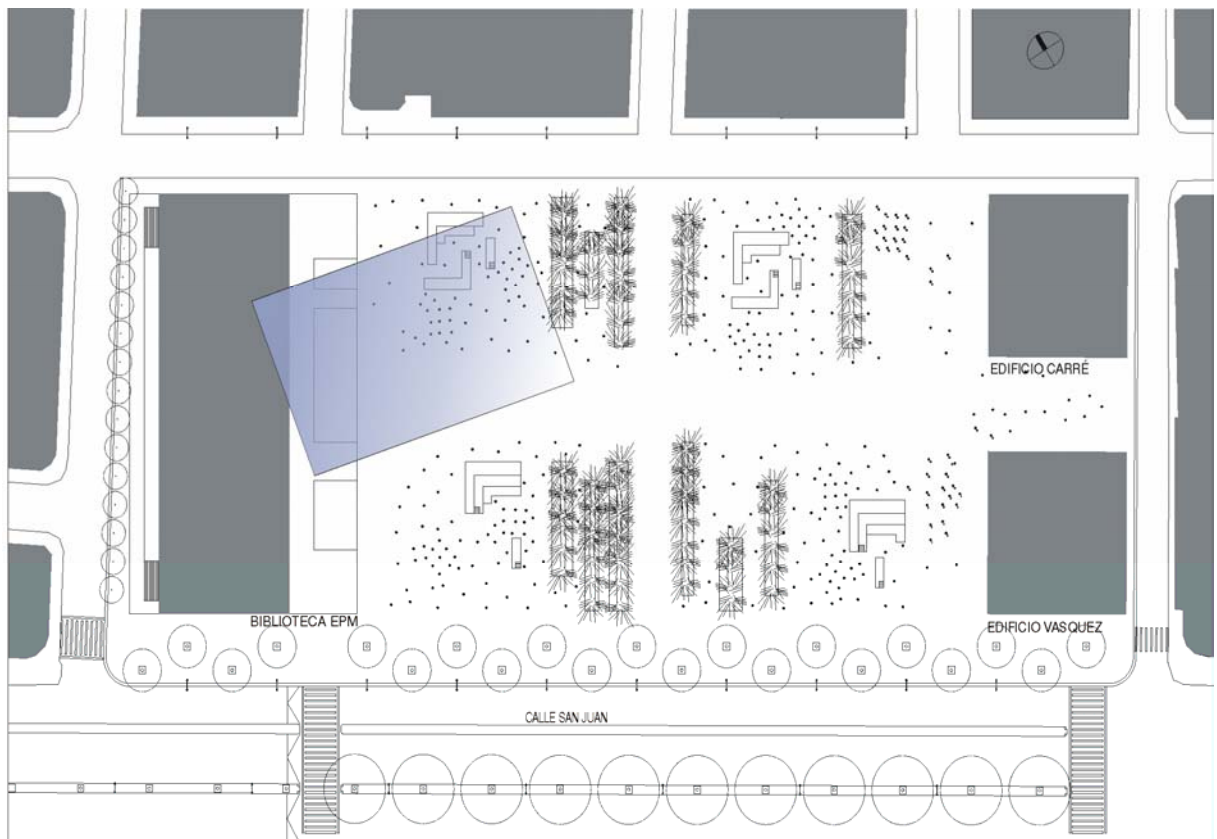


Figura 11. Arriba, planta general de la Plaza, en la que se pueden identificar los diferentes grupos de torres con sus diferentes orientaciones. Abajo, horas de sombra diaria del cuadrante resaltado. En donde la densidad de sombra se hace mayor es posible identificar los grupos tipo B y C.

6. CONCLUSIÓN

Numerosas visitas a la Plaza en diferentes horas del día y épocas del año, permitieron verificar la efectividad de los criterios de agrupación de las torres. Se presentan las sombras útiles diseñadas y la temperatura del mobiliario urbano permanece en unos rangos notoriamente inferiores que los de superficies a libre exposición solar.

Cuando se desplaza un objeto, se arrastra a la vez su correspondiente grupo de sombras. La Huella de Sombra es una propiedad de todo objeto que fue definida en esta investigación y que permite, por ejemplo, que al ubicar árboles con la intención de sombrear el espacio público, las distancias de siembra se definan a partir de las tangencias de las Huellas de Sombra. En el diseño urbano no se deberían considerar exclusivamente los objetos, sino además sus Huellas de Sombra.

Criterios geométricos similares a los utilizados en este proyecto han sido aplicados con éxito para determinar, en proyectos de paisajismo y diseño urbano, los patrones de distribución de la arborización, pero no calculando la sombra del tronco sino la del follaje.

El procedimiento y la herramienta de análisis permiten construir mapas de sombra sobre superficies exteriores, pero también pueden ser aplicados para estudiar los fenómenos de incursión solar en el interior de un espacio. (Ver ponencia en este mismo congreso titulada “Fachadas de doble piel y optimización del control solar”). Por la generalidad del procedimiento geométrico aplicado, se pueden evaluar superficies en cualquier lugar y orientación, de hecho la matriz de puntos no tiene que coincidir con el piso, es posible hacer la evaluación sobre una superficie vertical si por ejemplo lo que interesa evaluar son las paredes interiores de un museo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BITTENCOURT, Leonardo. (2004). “Uso das Cartas Solares, directrizes para arquitetos.” 4. Ed. Editora da Universidade Federal da Alagoas. Meceió. Brasil.
- GUERRA MACHO, José. Servando Álvarez Domínguez, José Molina Félix y Ramón Velásquez Vila. (1994). “Guía Básica para el acondicionamiento climático de los espacios abiertos”. Junta de Andalucía y CIEMAT. Sevilla. España.
- MELGUIZO, Samuel y Octavio Uribe Toro. (1987). “Asoleamiento, Teoría General y Diagramas”. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Arquitectura. Medellín.
- PLEA 1991. “Architecture and Urban Space. Proceedings of the Ninth International PLEA Conference, Seville”. Edited by Servando Álvarez, Jaime López de Asiaín, Simos Llanas, E de Oliveira. Kluwer Academic Publishers. London.
- QUESADA, Francisco, Eduardo Somarriba y Eduardo Vargas. (1987). “Modelo para la Simulación de patrones de sombra para árboles”. Serie Técnica Informe Técnico 118. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica.
- ROTHER, Leopoldo. (1970). “Tratado de diseño arquitectónico, Asoleación”. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.