



OPTIMIZING TROPICAL SUN SHADING SYSTEMS USING THERMAL ANALYSIS AND LIGHTING VISUALIZATION TOOLS

Abu Eusuf, Muhammad PhD 1
Denan, Zuraini PhD 2
Jahn Kassim, Puteri Shireen PhD 1

The 2005 World Sustainable Building Conference,
Tokyo, 27-29 September 2005 (SB05Tokyo)

Abu Eusuf, Muhammad PhD 1

Denan, Zuraini PhD 2

Jahn Kassim, Puteri Shireen PhD 1

1 Department of Building Technology and Engineering, Kulliyah of Architecture & Env. Design, IIUM.

2 Department of Architecture, Kulliyah of Architecture & Environmental Design, IIUM

Keywords: sun shading, tropical design, simulation tools, visualization, optimization

Summary

This study examines the capabilities and limitations of selected environmental prediction tools in assessing the impact of design options - in terms of studying the impact of tropical sun-shading designs in large air conditioned buildings under the tropical climate. Sun-shading or envelope design represents the 'first strategic line of defense' i.e. primary strategy in reducing heat gain and thereby reducing energy use under a hot, humid climate. The focus of a climatic assessment is thus on critical criteria such as sunlight penetration, daylight admission and energy performance under its climatic context. The tools are assessed according to their capabilities in modeling and assessing 'free-form' shading - particularly 'curved' shapes.

These represent more complex options than the typical 'vertical' or 'horizontal' geometry. The study looks into the distribution of sunlight and daylight and the extent of obstructions, and the ability to visualize these variations, from which the designs can be modified accordingly. The focus is how these modeling programs can capture the effects of solar shading and allow the designer to manipulate and interactively bend, twist and stretch shapes and surfaces - while allowing their climatic impact to be studied.

The tools included are, the SOLAR ANALYSIS TOOL in ECO-TECH, the Sunlight facility in Auto Desk VIZ R4; and the modeling and lighting visualization software in IES RADIANCE (IES) and MODEL-IT. The IES-APACHE tool is used to study preliminary impact in terms of cooling loads. The capabilities of the programs in terms of importing and exporting files, their graphical interface, modeling capabilities are also discussed.

Palabras clave: protección solar, diseño tropical, herramientas de simulación, visualización, optimización

Resumen

Este estudio examina las capacidades y limitaciones de herramientas seleccionadas de predicción ambiental para evaluar el impacto de las opciones de diseño - en términos de estudiar el impacto de los diseños de sombras tropicales en grandes edificios con aire acondicionado bajo el clima tropical. El diseño de sombreado o envolvente representa la "primera línea estratégica de defensa", es decir, la estrategia principal para reducir la ganancia de calor y, por lo tanto, reducir el uso de energía en un clima caliente y húmedo. El enfoque de una evaluación climática se basa, por tanto, en criterios críticos como la penetración de la luz solar, la admisión diurna y el rendimiento energético en su contexto climático. Las herramientas se evalúan de acuerdo con sus capacidades de modelado y evaluación de sombras de "forma libre" - en particular formas "curvas".

Éstos representan opciones más complejas que la geometría "vertical" u "horizontal" típica. El estudio examina la distribución de la luz solar y la luz del día y la extensión de las obstrucciones, y la capacidad de visualizar estas variaciones, a partir de las cuales los diseños pueden ser modificados en consecuencia. El enfoque es cómo estos programas de modelado pueden captar los efectos del sombreado solar y permitir al diseñador manipular y doblar, torcer y estirar formas y superficies de forma interactiva, al mismo tiempo que permite estudiar su impacto climático.

Las herramientas incluidas son la HERRAMIENTA DE ANÁLISIS SOLAR en ECO-TECH, la instalación de Luz solar en Auto Desk VIZ R4; y el software de modelado e iluminación en IES RADIANCE (IES) y MODEL-IT. La herramienta IES-APACHE se utiliza para estudiar el impacto preliminar en términos de cargas de enfriamiento. También se analizan las capacidades de los programas en términos de importación y exportación de archivos, su interfaz gráfica, capacidades de modelado.

1.0 Introduction and objectives

This project is aimed at examining the capabilities and potential of current environmental performance prediction tools in assessing the impact architectural features such as sun-shading in terms of sunlight penetration, daylight admission and energy performance under its climatic context. The overall aim is to optimize the building envelope in order to achieve a more efficient level of energy performance while focusing on applications in large air-conditioned buildings in the tropics. Currently, environmental analysis tools have been developed with a wide range of capabilities in handling modeling complexity including accurately defining the geometry of the building and its envelope design.

Typically in the past, architects have used more practical and intuitive methods in finding solutions for climatic control such as model studies or calculation methods based on engineering data. In general, they must repeat these methods until they find the best solution to optimize the conflicting requirements. Due to the current rise in visualization techniques, various environmental modeling programs are replacing the use of model studies. It is contended that in future, simulation and visualization modeling tools will help the designer to “postdate” the result of a design as well as “predict” the outcome of future changes that can help facilitate designers with better decision-making techniques which combine interactive experience and conceptualization. Hence the main objectives of this study are as follows:

- To assess the performances of selected sun-shading forms using selected solar analysis and lighting visualization tool;
- To optimize the forms through a series of simulation and visualization runs based on the results of the assessment in (1);
- To gauge the capabilities of such a tool through interactive analysis;
- To evaluate the impact of the ‘optimized’ forms in terms of energy and cooling performance under the

1.0 Introducción y objetivos

Este proyecto tiene como objetivo examinar las capacidades y el potencial de las herramientas actuales de predicción del desempeño ambiental para evaluar el impacto de las características arquitectónicas como la protección solar en términos de penetración de luz solar, admisión diurna y rendimiento energético en su contexto climático. El objetivo general es optimizar la envolvente del edificio con el fin de lograr un nivel más eficiente de rendimiento energético, mientras que se centra en las aplicaciones en grandes edificios con aire acondicionado en los trópicos. En la actualidad, se han desarrollado herramientas de análisis ambiental con una amplia gama de capacidades en el manejo de la complejidad de modelado incluyendo la definición precisa de la geometría del edificio y su diseño de envolvente.

Típicamente en el pasado, los arquitectos han utilizado métodos más prácticos e intuitivos para encontrar soluciones para el control climático, tales como estudios de modelos o métodos de cálculo basados en datos de ingeniería. En general, deben repetir estos métodos hasta que encuentren la mejor solución para optimizar los requisitos de conflicto. Debido al actual aumento de las técnicas de visualización, varios programas de modelización ambiental están reemplazando el uso de estudios modelo. En el futuro, las herramientas de modelado de simulación y visualización ayudarán al diseñador a “publicar” el resultado de un diseño, así como “predecir” el resultado de cambios futuros que pueden ayudar a los diseñadores con mejoras técnicas de toma de decisiones que combinan interactividad experiencia y conceptualización. Por lo tanto, los principales objetivos de este estudio son los siguientes:

- Evaluar las prestaciones de las formas seleccionadas de sombreado utilizando una herramienta seleccionada de análisis solar e iluminación;
- Optimizar los formularios a través de una serie de simulaciones y visualizaciones basadas en los resultados de la evaluación en (1);
- Evaluar las capacidades de tal herramienta a través del análisis interactivo;

tropical climate of the selected location.

1.1 Background

In the tropical climate, as much as 40% of energy loads can be attributed to heat gains due to the climatic conditions as these factors impinge upon the high-rise building envelope. The bulk of overall life cycle energy costs of these buildings also lay in its operational phase. The focus on high-rise structures and large buildings - is related to the fact that their facades or envelopes are subjected to a large amount of climatic impact- thus require significant amounts of energy use to maintain. In line with the rapid rise of commercial energy consumption in tropical countries the focus is on office buildings, since under the tropics, the office building represents one of the most energy-intensive building types.

Under the hot, humid climate, the challenge is to minimize energy usage while not sacrificing office workers' expectations of a comfortable working environment. Fenestration - or building envelope design - has been found to be the most significant factor affecting energy use in air-conditioned high-rise buildings in the tropics (Tham, 1987, Arasteh et al., 1985). Recent studies have analyzed the use of day lighting strategies in reducing the amount of energy use- such as Lam and Li (1999) and Chirattanon (1999)- and found that with proper design of windows, significant amounts of energy can be saved through both maximizing usable daylight and minimizing heat gain.

2.0. TROPICAL DESIGN ISSUES

The modulation of light and shadow on building facades and envelopes in the tropics represents 'an articulating visual language under the tropical Asian context' which should be pre-occupied by shadow and light gradations and transitions' (Tay, 2000). In the past, tropical architects have sought to express tropical identity in elements of building form including sun shading or facade systems. At times, these forms have been inspired by the 'curves' of landscape, the spiraling nature of life forms, or organic elements inspired

- Evaluar el impacto de las formas "optimizadas" en términos de rendimiento energético y de enfriamiento bajo el clima tropical del lugar seleccionado.

1.1 Antecedentes

En el clima tropical, hasta un 40% de las cargas energéticas se puede atribuir a las ganancias de calor debido a las condiciones climáticas, ya que estos factores inciden en la envolvente del rascacielo. El grueso de los costos globales de energía en el ciclo de estos edificios también se encuentra en su fase operacional. El enfoque en las estructuras de gran altura y grandes edificios está relacionado con el hecho de que sus fachadas o envolventes están sometidas a un gran impacto climático, por lo que requieren cantidades significativas de energía para mantenerse. En consonancia con el rápido aumento del consumo comercial de energía en los países tropicales, el foco se centra en los edificios de oficinas, ya que en los trópicos, el edificio de oficinas representa uno de los tipos de edificios energéticamente más intensivos. En clima caliente y húmedo, el desafío es minimizar el uso de energía sin sacrificar las expectativas de los empleados de un ambiente de trabajo cómodo. Se ha comprobado que el fenómeno de la fenestration -o diseño de la envoltura del edificio- es el factor más importante que afecta el uso de energía en edificios de gran altura con aire acondicionado en los trópicos (Tham, 1987, Arasteh et al., 1985). Estudios recientes han analizado el uso de las estrategias de iluminación diurna para reducir la cantidad de uso de energía - como Lam y Li (1999) y Chirattanon (1999) - y encontraron que con un diseño adecuado de las ventanas se pueden ahorrar cantidades significativas de energía maximizando la luz diurna utilizable y minimizando la ganancia de calor.

2,0. PROBLEMAS DE DISEÑO TROPICAL

La modulación de la luz y la sombra en la construcción de las fachadas y los envolventes en los trópicos representa "un lenguaje visual articulado del contexto asiático tropical", que debería preocuparse por gradaciones y transiciones de sombras y luz (Tay, 2000). En el pasado, los arquitectos tropicales han tratado

from vernacular traditions, local flora and fauna. Hence these forms are seen as to be 'environmentally /climatically functional' yet expressive of local identity and context.

Three types of 'organic' or 'curved' form of shading have been identified as the main area of interest in this study:

- The Hyperbolic paraboloid form
- The 'Scale' form
- The 'Spiral' form

The hyperbolic paraboloid form has, in the past, been related to an abstraction of the traditional forms in the tropical Asian context. The hyperbolic shape have been claimed as expressive of the local context such as the roof shape of Kuala Lumpur International Airport (1999) - designed by Kisho Kurokawa which was based on the traditional form of the Malay roof. This was linked to an attempt to fuse modernity and tradition and to create a 'modern' Malaysian identity within a global context.

In the recently completed Singapore concert hall and Lyric Theatre (2002), architects Michael Wilford and Partners with Ateliers One and Ten (London) and DP Architects (Singapore) have proposed a large, curved structure composed of a 'two layer skin' which has been designed to admit daylight but exclude heat gain and direct sunlight (Fig.15). Through the gradual opening, closing, rising and falling of shading elements or 'scales' (Fig.16), these were computer optimized to cut out direct sunlight. Sun-shading devices have been envisioned as 'rotating' features (Yeang, 2001) - alluding to the 'spiraling' or 'twisting' organic constituents such as DNA. This relates to the current rise in the interest in biomimicry i.e. A study of nature's models and this field is forged by scientists and innovators who study nature's wonder i.e. organisms, forests and topography, to adapt them for human use.

de expresar identidad en elementos de la forma del edificio incluyendo el sombreado del sol o los sistemas de fachadas. A veces, estas formas inspiradas por las "curvas" del paisaje, la naturaleza en espiral de las formas de vida, o elementos orgánicos inspirados de tradiciones vernáculas, flora y fauna locales. Por lo tanto, estas formas se consideran «ambiental, mental y climáticamente funcionales», pero que expresan la identidad y el contexto local. Se han identificado tres tipos de formas "orgánicas" o "curvas" de sombreado como la principal área de interés en este estudio:

- La forma paraboloides hiperbólica
- El formulario 'Escala'
- El formulario 'Espiral'

La forma paraboloides hiperbólica se ha relacionado en el pasado con una abstracción de las formas tradicionales en el contexto asiático tropical. La forma hiperbólica ha sido reivindicada como expresiva del contexto local, como la forma del techo del Aeropuerto Internacional de Kuala Lumpur (1999), diseñado por Kisho Kurokawa, que se basaba en la forma tradicional del techo malayo. Esto estaba vinculado a un intento de fundir la modernidad y la tradición y crear una identidad malaya "moderna" dentro de un contexto global.

En la sala de conciertos de Singapur y Lyric Theatre (2002), los arquitectos Michael Wilford y Partners junto a Ateliers One and Ten (Londres) y DP Architects (Singapur) han propuesto una estructura grande y curva compuesta por una "piel de dos capas" que se diseñó para admitir la luz del día pero excluye la ganancia de calor y la luz solar directa (Fig.15). A través de la apertura gradual, el cierre, el ascenso y descenso de elementos de sombra o "escamas" (Fig. 16), optimizados por ordenador para cortar la luz solar directa. Los dispositivos de sombreado solar se han concebido como elementos "giratorios" (Yeang, 2001), aludiendo a los constituyentes orgánicos en espiral o "retorcidos" como el ADN. Esto se relaciona con el aumento actual en el interés por lo biomimético, es decir, un estudio de los modelos de la naturaleza y este campo es forjado por científicos e innovadores que estudian la maravilla de la naturaleza, es decir, organismos, bosques y topografía, para adaptarlos al uso humano.

3.0 METHODOLOGY

In this study, the impact of the sun-shading forms in terms solar analysis i.e. on obstructing the sun at critical times of the day under the tropical sky is primarily investigated through:

1. The SUNCAST sub-program in IES Virtual Environment;
2. The SOLAR ANALYSIS TOOL in ECO-TECH;
3. The Sunlight facility in Auto Desk VIZ R4;
4. The lighting visualization software RADIANCE (IES)

However the visual output the SUNCAST sub-program is not included in this study_ Its impact is taken into account in the calculation of cooling and energy use under the Malaysian climate. As mentioned earlier, these forms are assessed in terms of their energy and cooling performance impact by comparing them with 'typical' designs without sun-shading. Using the capabilities of MODEL-IT as a three-dimensional building modeler and as an interface to the IES-FACET analysis software, a range of simulation options and features are tested on three case study models ESSO, ZUELLIG and SHELL.

In general, each shading system is analyzed - based on these high-rise models - through the following process:

1. impact in terms of sunlight penetration at selected times of the day (ECOTECH);
2. impact in terms of cooling loads and total energy use (the general characteristics and assumptions in the models are as listed in Table 1) (IES APACHE);
3. impact in terms of daylight performance (ECOTECH and IES-RADIANCE).

3.1 The simulation process

In terms of daylight penetration, sunlight analysis and cooling load and total energy use, the simulations are run for the following models:

- The 'without shading' option - which refer the high-rise models with identical facades with a similar

3.0 METODOLOGÍA

En este estudio, el impacto de las formas de sombreado solar en términos de análisis solar, es decir, en la obstrucción del sol en horas críticas del día bajo el cielo tropical se investigan principalmente a través de:

1. El subprograma SUNCAST en IES Virtual Environment;
2. La HERRAMIENTA DE ANÁLISIS SOLAR en ECO-TECH;
3. La instalación de Sunlight en Auto Desk VIZ R4;
4. El software de visualización de iluminación RADIANCE (IES)

Sin embargo, el resultado visual del subprograma SUNCAST no se incluye en este estudio. Su impacto se tiene en cuenta en el cálculo del uso de refrigeración y energía bajo el clima de Malasia. Como se mencionó anteriormente, estas formas se evalúan en términos de su impacto en el rendimiento de energía y refrigeración al compararlas con diseños "típicos" sin sombreado. Utilizar las capacidades de MODEL-IT como un edificio modelo tridimensional y como una interfaz para el software de análisis IES-FACET, una serie de opciones y características de simulación son probadas en tres modelos de estudio de caso ESSO, ZUELLIG y SHELL.

En general, cada sistema de sombreado se analiza - basado en estos modelos de gran altura - a través del siguiente proceso:

1. impacto en términos de penetración de la luz solar en determinados momentos del día (ECOTECH);
2. impacto en términos de cargas de enfriamiento y uso total de energía (las características generales y suposiciones en los modelos son las que se enumeran en la Tabla 1) (IES APACHE);
3. impacto en términos de rendimiento de luz natural (ECOTECH e IES-RADIANCE).

3.1 El proceso de simulación

En términos de penetración de luz, análisis de luz solar y carga de enfriamiento y uso total de energía, las simulaciones se ejecutan para los siguientes modelos:

- La opción 'sin sombra' - que se refiere a los modelos

3.3. Weather data and hourly climate file

Bangkok is situated at latitude 13.44°N and longitude 100 34' East. It has generally the characteristics of hot, humid climate with monsoon showers. Mean annual air temperature is 28 °C. with the mean maximum of 31°C - 35° C and minimum of 20°C, while the annual relative humidity (RH) is 74% and annual rainfall is about 1500mm- 1600mm. Temperatures are at its highest in March and April with an average temperature of 28°C to 38°C with its relative humidity averaging between 73% to 83%. There are three seasons in Thailand - summer, rainy and cool. Summer i.e. March through to May, rainy from June to October and cool from November through to February. The highest temperatures are from March to May and the lowest in December and January. There is high solar radiation for most for the year and the sun shines about nine to ten hours a day during the summer season.

3.4. Modelling of sun-shading shapes

3.4.1. 3DS sun shading models

In this study, the shading systems are modeled as 3DS files - which are a popular binary format for storing 3D material and geometry data. Originating from the early 3D Studio Rendering software, these files are now supported by many commercial and public domain programs, including AutoCAD 2004. Through 3DS files, the shading models are transferred as 3D models from AutoCAD to 3D Studio to ECOTECT.

3.4.2. Modeling of shading systems with IES- RADIANCE

In IES- RADIANCE, the 3D geometry of the model created by Model IT is converted by an internal module (mit2rad). Global properties are inherited from the Model IT database e.g. site data, and default properties are assumed for other data requirements e.g. surface colors, etc. This information is written into three data files - the sky file, the map file and the rad file. In IES - Radiance, the user may manipulate the specific properties that are required. In this study,

3.3. Datos meteorológicos y archivo climático por hora

Bangkok está situado a la latitud 13.44°N y longitud 100 34' Este. Tiene generalmente las características de clima caliente y húmedo lluvias de monzón. La temperatura media anual del aire es de 28 ° C. con un máximo medio de 31° C - 35°C y mínimo de 20°C mientras que la humedad relativa de 74% y la precipitación anual es de unos 1500mm-1600mm. Las temperaturas son más altas en Marzo y Abril con una temperatura media de 28° C a 38° C y una humedad relativa que oscila entre el 73% y el 83%. Hay tres estaciones en Tailandia - verano, lluvioso y fresco. Verano, es decir, de Marzo a Mayo, lluvioso de Junio a Octubre y fresco de Noviembre a Febrero. Las temperaturas más altas son de Marzo a Mayo y las más bajas en Diciembre y Enero. Hay una alta radiación solar para la mayoría del año y el sol brilla de nueve a diez horas al día durante la temporada de verano.

3.4. Modelado de formas de sombreado

3.4.1. Modelos de protección solar 3DS

En este estudio, los sistemas de sombreado se modelan como archivos 3DS - que son un formato binario popular para almacenar material 3D y datos de geometría. Estos archivos son ahora compatibles con muchos programas comerciales y de dominio público, incluyendo AutoCAD 2004. A través de los archivos 3DS, los modelos de sombreado se transfieren como modelos 3D de AutoCAD a 3D Studio a ECOTECT.

3.4.2. Modelado de sistemas de sombreado con IES- RADIANCE

En IES-RADIANCE, la geometría 3D del modelo creado por Model IT es convertida por un Módulo Interno (mit2rad). Las propiedades globales se heredan de la base de datos de Model IT, datos del sitio y propiedades predeterminadas para otros requisitos de datos, como colores de superficie, etc. Esta información se escribe en tres archivos de datos: el archivo de cielo, el archivo de mapa y el archivo de rad. En IES - Radiance, el usuario puede manipular las propiedades

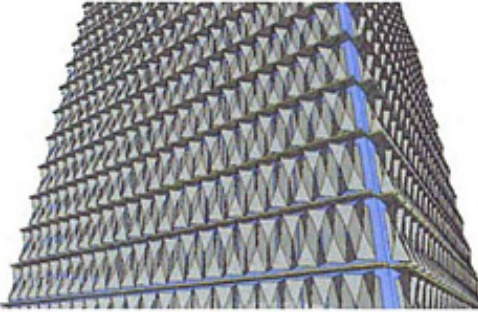


Fig. 2.1: SHELL tower - external view showing sun shading device (IES- MODEL-IT)

RADIANCE is used as a sub-menu in both the IES and ECOTECT software. Since it is the most accurate daylight analysis engine yet, the integration into newer software like IES and ECOTECT is useful. This major application for the study of daylight appropriately gives accurate results plus, effective graphics for immediate understanding of the analysis. The CIE 10 000 lux Overcast sky is selected for the simulations.

3.4.3. ECO-TECT Shading Analysis

The ECOTECT Shading analysis can be used to determine the 'internal sun patch' i.e. the impact of the forms in terms of sunlight penetration at different times of the day. Within ECOTECT is achieved through its ability to display shadows from individual zones in user-specified colors and the facility to sort them in any order, both total and additional overshadowing - which can be clearly discerned. ECOTECT can then automatically generate sun-path diagrams to show overshadowing periods for the entire year at any point within a model. Shading on sun-path diagrams can show both zone shadow colors and transparency effects. It also has an Interactive Sun-Path display which shows the position of the sun in the sky relative to the model. The Annual Sun-Path can also show the changing position of the Sun throughout the year, where the display of the annual sun path will be shown over the current model. In this software, sun penetration analysis can be achieved through internal sun patches which can be generated within any space throughout the year. This includes the effects of variable transparency glazing, light shelves and other

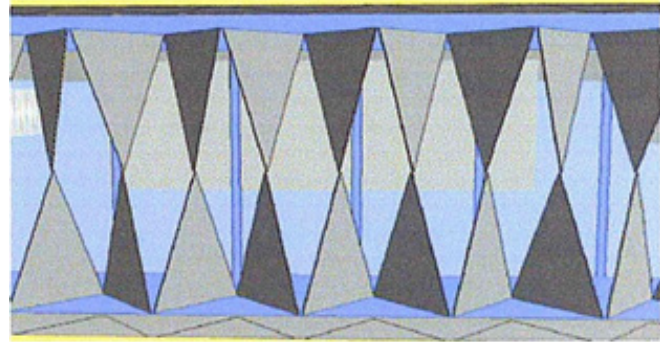


Fig.2.2:Shell TOWER _ Detail of Shading Device (/ES-(IES-MODEL-IT)

específicas que se requieren. En este estudio, RADIANCE se utiliza como submenú en el software IES y ECOTECT. Dado que es el motor de análisis de luz natural más preciso, la integración en software más reciente como IES y ECOTECT es útil. Esta aplicación para el estudio de la luz del día da resultados más precisos, gráficos eficaces para la comprensión inmediata del análisis. El CIE 10 000 lux Overcast se selecciona para las simulaciones.

3.4.3. Análisis de sombreado ECO-TECT

El análisis de sombreado de ECOTECT se puede usar para determinar el 'Parche solar', es decir, el impacto de las formas en términos de penetración de la luz solar en diferentes momentos del día. Con ECOTECT se logra a través de su capacidad para mostrar sombras de zonas individuales en colores especificados por el usuario y la facilidad para clasificarlos en cualquier orden, tanto sombreado total como adicional - que se pueden distinguir claramente. ECOTECT puede generar automáticamente diagramas de trayectoria solar para mostrar períodos de sombra durante todo el año en cualquier punto dentro de un modelo. El sombreado en los diagramas de trayectoria solar puede mostrar tanto los colores de sombra de zona como los efectos de transparencia. También tiene una pantalla interactiva de la trayectoria del Sol que muestra la posición del sol en el cielo con relación al modelo. La trayectoria Solar Anual también puede mostrar la posición cambiante del Sol durante todo el año, donde se mostrará la exposición de la trayectoria solar anual sobre el modelo actual. En este software, el análisis de la penetración del sol se puede conseguir a través de los remiendos

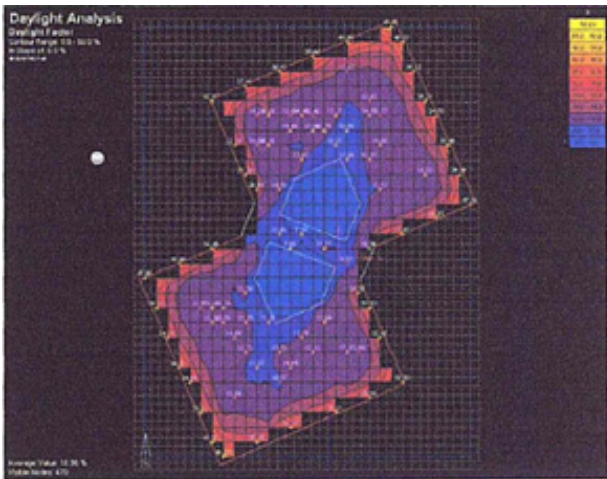
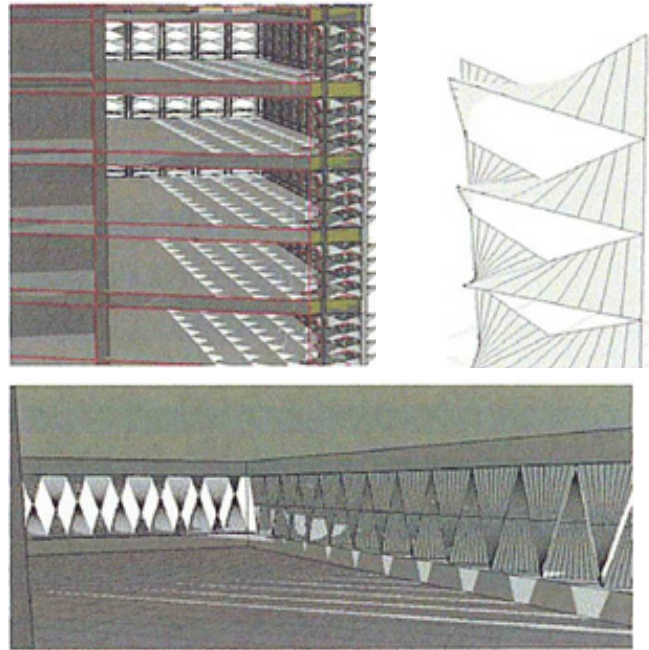


Fig.3.1. Example of output of daylight analysis with ECOTECT (Esso tower)

Fig.4.1 (A & B) Example of modelling and solar analysis with ECOTECT (ESSO tower and SHELL tower).



geometry that may reflect light within a space. All shadow calculations are quick and interactive.

4.0 SIMULATION RESULTS

4.1 Sunlight Analysis

4.1.1 ECOTECT Shadow Analysis - ESSO tower

The solar analysis tool was used to generate the sun-path for a particular time of the day. The results are as shown in Fig 41. It can be seen that the shading device do not fully shade the offices in the morning and afternoon. However the problem is not so acute on the north and south-facing offices.

The extent of shadows cast by the selected shading devices can be seen in Figures 4.1. A and B above which present the visual results from the ECOTECT analysis - showing the shading 'patch' as a result of obstructing direct sunlight. These are repeated to a series of assessment of the shading within the internal spaces at selected times of day. In the case of the ZUELLIG building, Fig. 4.1A shows only a slight entry of direct sunlight. It can be said that the shading system is effective on its orientations to block the unwanted sunlight during the critical times of the day. In the case of the SHELL tower and to a lesser extent, The ESSO tower, shading in Fig 4.1 B, which consist of the spiral shape and the hyperbolic parab-

solares que se pueden generar en cualquier espacio a lo largo del año, incluyendo los efectos de los cristales de transparencia variable, estantes ligeros y otras geometrías que pueden reflejar la luz dentro de un espacio. Los cálculos son rápidos e interactivos.

4.0 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

4.1 Análisis de luz solar

4.1.1 Análisis de sombra de ECOTECT - torre ESSO

La herramienta de análisis solar se utilizó para generar la trayectoria solar durante un tiempo determinado del día. Los resultados son como se muestra en la Fig. 41. Se puede ver que el dispositivo de sombreado no sombrea completamente las oficinas por la mañana y después del mediodía. Sin embargo, el problema no es tan agudo en las oficinas Norte y orientadas al Sur.

La magnitud de las sombras emitidas por los dispositivos de sombreado seleccionados se puede ver en las Figuras 4.1. A y B, que presentan los resultados visuales del análisis ECOTECT - que muestra el "parche" de sombreado como resultado de la obstrucción de la luz directa del sol. Estos se repiten a una serie de evaluación del sombreado dentro de los espacios internos a determinadas horas del día. En el caso del edificio ZUELLIG, la Fig. 4.1A muestra sólo una ligera entrada de luz solar directa. Se puede decir que el

oid respectively - do not provide an effective form of shading during the critical hours. Particularly in the case of SHELL, within particular areas, its shading system does not provide adequate protection during the critical times of the day times - a certain level of direct radiation can still be seen entering the spaces between the times of 10-12.00 a.m. and 2.00 p.m. to 5.00 p.m.

4.1.2. Animation and Visualization with Autodesk VIZ R4

To simulate the effect of daylight, the movement of the sunlight is animated across the model by tuning and moving the Time slider to the end of the time segment, and then animating the time of day parameter with the Daylight system selected. Rendering can be done in AVI or QuickTime format, to see the shadows moving across the building as the sun changes position. Though VIZ is more visual rather than numeric data, it is still a good tool to see the effect of daylight on a building.

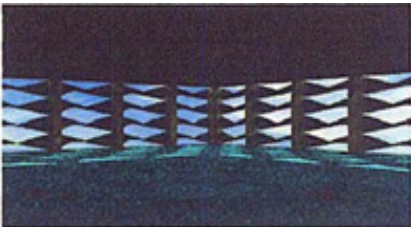


Fig.4.2. ESSO - Sun patch simulation with VIZ R4

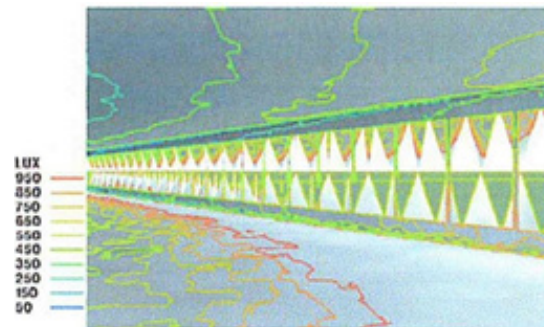
Fig. 4.3. Shell tower - Isolux Contour IES- RADIANCE) for 7th Floor with Sun Shading Device on 14 April at 12:00pm

Fig 4.8a shows the isolux contours for the Shell building in plan and perspective. It can be seen that there are high levels of daylight between 1-2 m from the window wall. However the level of daylight rapidly diminishes further inward from the window-wall. The RADIANCE analysis was using the model drawn by IES-MODEL-IT - which has its limitations is drawing the curved form of the 'spiraling' sunshades of the Shell building. The daylight distribution based on RADIANCE contours are presented in figures 49a, b and c. Generally the results show substantial day lighting potential

sistema de sombreado es eficaz en sus orientaciones para bloquear la luz solar no deseada durante los momentos críticos del día. En la torre SHELL y en menor medida, la torre ESSO, el sombreado en la figura 4.1 B, en forma espiral y el paraboloide hiperbólico respectivamente - no proporcionan una forma eficaz de sombreado durante las horas críticas. Particularmente en el caso de SHELL, dentro de áreas particulares, su sistema de sombreado no proporciona una protección adecuada durante los momentos críticos del día - todavía se puede ver un cierto nivel de radiación directa entrando en los espacios entre las 10-12.00 am y 2.00 pm a las 5.00 p.m.

4.1.2. Animación y visualización con Autodesk VIZ R4

Para simular el efecto de la luz del día, se anima el movimiento de la luz solar a través del modelo girando y moviendo el control deslizante Tiempo hasta el final del segmento de tiempo, y luego animando el parámetro de hora del día con el sistema de luz diurna seleccionado. La renderización se puede hacer en formato AVI o QuickTime, para ver las sombras moviéndose a



través del edificio mientras el sol cambia de posición. Aunque VIZ es más visual que los datos numéricos, sigue siendo una buena herramienta para ver el efecto de la luz del día en un edificio.

La Fig. 4.8a muestra los contornos del isolux para el edificio Shell en plan y perspectiva. Se puede ver que hay altos niveles de luz natural entre 1-2 m de la pared de la ventana. Sin embargo, el nivel de la luz del día disminuye rápidamente hacia adentro desde la pared con ventanas. El análisis de RADIANCE estaba utilizando el modelo dibujado por IES-MODEL-IT, que

with the overall interior daylight levels consistently exceeds the 500 lux target. Areas near the window have consistently high daylight levels to meet the target 500 lux illuminance level. Regions near the center of the office, however, do not reach target levels for all cases. Results show that the impact of shading devices is to reduce total areas daylight on the perimeter of the building. in terms of daylight, adding the shading devices on the periphery or glass facades causes a decrease in the amount of usable daylight on the periphery. In all three cases, it can also be seen that the illuminance levels near the windows are quite high and fall rapidly towards the building's interior.

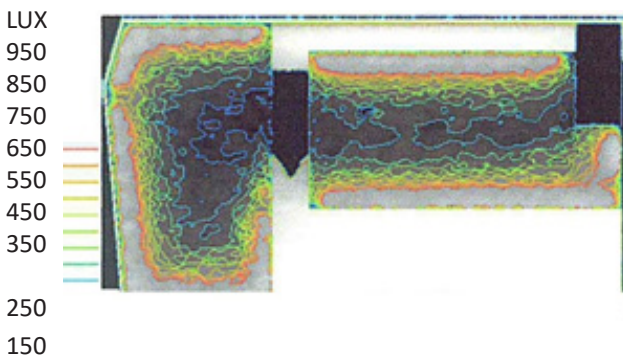


Fig. 4.4. Shall Tower - Isolux contour (plan) without Sun Shading Device on 14 april at 12:00 pm.

4.2 Energy Use Analysis

The results in Fig. 63 and 64 demonstrate the impact of the shading in terms of savings in cooling energy and total energy use. In each case, the savings is in the range of 8- 20 %. Particularly in the case of the SHELL tower, which have shading on all orientation, the differences between performances with and without shading is particularly significant.

tiene sus limitaciones es dibujar la forma curvada de las sombrillas “en espiral” del edificio Shell. La distribución diurna basada en los contornos de RADIANCE se presenta en las figuras 49 a, b y c. Generalmente los resultados muestran un potencial de iluminación diurna sustancial con los niveles de luz diurna interior totales consistentemente supera el objetivo de 500 lux. Las áreas cercanas a la ventana tienen niveles de luz diurna consistentemente altos para alcanzar el nivel de iluminación objetivo de 500 lux. Las áreas cer-

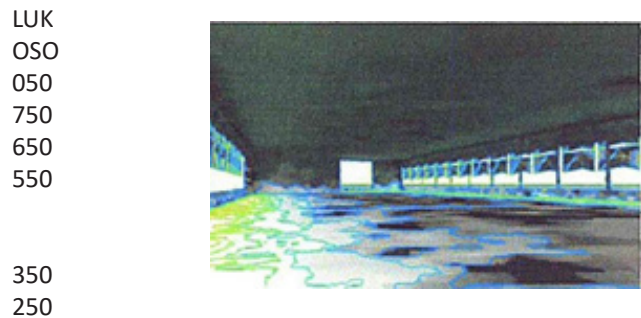


Fig. 4.5. Zuelling - Isolux contour (perspectiva) with Sun Shading Device on 14 april at 12:00 pm.

canas a la ventana tienen niveles de luz diurna consistentemente altos para alcanzar el nivel de iluminación objetivo de 500 lux. Las regiones cercanas al centro de la oficina, sin embargo, no alcanzan los niveles objetivo para todos los casos. Los resultados muestran que el impacto de los dispositivos de sombreado es reducir las áreas totales de luz del día en el perímetro del edificio. En términos de luz diurna, la adición de los dispositivos de sombreado en la periferia o fachadas de vidrio provoca una disminución en la cantidad de luz diurna utilizable en la periferia. En los tres casos, también se puede ver que los niveles de iluminación cerca de las ventanas son bastante altos y caen rápidamente hacia el interior del edificio.

4.2 Análisis del uso de la energía

Los resultados en la Fig. 63 y 64 demuestran el impacto del sombreado en términos de ahorro en energía de enfriamiento y uso total de energía. En cada caso, el ahorro está en el intervalo de 8-20%. Particularmente en el caso de la torre SHELL, que tiene sombreado en toda la orientación, las diferencias entre las prestaciones con y sin sombreado es particularmente significativa.

4.3. Daylight Analysis of improved sun-shading system

In order to test an improved option the performance of these sun shadings, a simple trial model was built with an increment of 0.5 meters on both east and west facade of ESSO and Shell Tower. In terms of modeling in ECOTECT, these shadings are drawn as plains; therefore it has no volume of thickness. Basic materials were assigned to it in order to test material response to the study. A simple click and drag allows the shapes to be easily manipulated and mold according to any desired design. Indeed, this software, which uses the same 3D modeling engine as the “sketch up” program is the best yet where modeling is concerned. While some software comes with a limited modeling tool to make way for sophisticated calculations, ECOTECT is presented “user-friendly” and extremely easy to use.

4.3. Analisis diario del sistema de sombreado

Con el fin de probar el rendimiento de estas sombras de sol, con una opción mejorada, un simple modelo de ensayo fue construido con un incremento de 0.5 metros en ambas fachadas Este y Oeste de ESSO y Shell Tower. En términos de modelización en ECOTECT, estos sombreados se dibujan como llanuras; por lo tanto no tiene volumen de espesor. Se le asignaron materiales básicos para probar la respuesta material al estudio. Un simple clic y arrastrar permite que las formas puedan ser fácilmente manipuladas y moldear de acuerdo con cualquier diseño deseado. De hecho, este software, que utiliza el mismo motor de modelado 3D que el programa de “sketch up” es el mejor aún cuando se trata del modelado. Mientras que algunos software viene con una herramienta de modelado limitada para hacer el camino para cálculos sofisticados, ECOTECT se presenta “fácil de usar” y extremadamente fácil de usar.

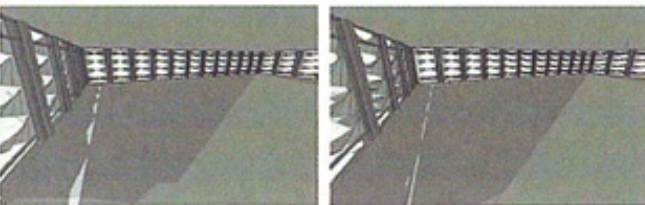
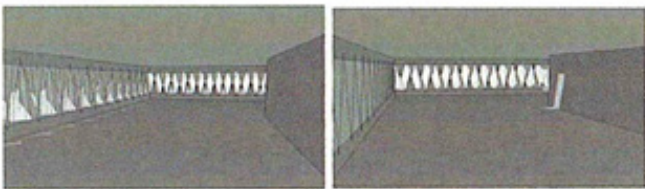
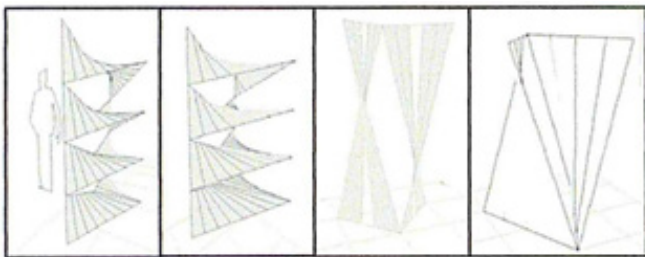


Fig. 4.10: Improving the sun shading for ESSO and Shell model

Fig. 4.11: Shell Tower Original vs. optimized sun shading sun casting interior perspectiva

Fig. 4.12: Esso Tower Original vs. optimized sun shading sun casting interior perspectiva

5.0. CONCLUSION

The aim of shading design is to provide sufficient natural light for the tasks performed in interior spaces while minimizing heat gain. The critical conditions for window design under the tropics have been rewarded as the elimination of solar heat gain as the overriding factor governing the design of fenestration in a tropical building' (Hopkinson, 1966). The modeling of various surfaces is achieved through the usage of an existing advanced modeling and visualization program in order to capture the effects of solar shading. These were then also tested in terms of daylight performance under standard skies and the improvements were also tested in terms of incremental savings in total and cooling energy use.

Overall, in architectural terms, the advantages of the tool is linked to its ability to manipulate and interactively bend, twist and stretch the combinations of curves and surfaces and the ease in which their consequence impact and the testing of options can be made in terms of the obstruction of sunlight, daylight penetration and energy performance. In order to have an efficient way of examining the use of the computer to simulate the effect of sunlight and shadow, the analysis tool should be able to do the assessment at various angles of view and for any duration of time.

It was found that the tools varied according to their capabilities. For example, ECOTECT solar analysis has the ability to model and assess both orthogonal and curvilinear forms and surfaces due to its ability in importing and exporting AutoCAD files and linking the analysis with these imported models. However it lacks the versatility and user friendliness of IES-Radiance where a variety of standard skies can be called up for the purpose of analysis in different context and climates. The IES graphical interface MODEL-IT however has limitations in modelling curved shapes. In all three cases, simplified geometry of sunshading devices based on straight lines are used instead. Different tools have various flexibility and ability in doing so, they contribute in bridging the gap between professions - the engineering aspect based on the achievement of performance criteria - and the archi-

5.0. CONCLUSIÓN

El objetivo del diseño de sombreado es proporcionar suficiente luz natural para las tareas realizadas en los espacios interiores al tiempo que minimiza el aumento de calor. Las condiciones críticas para el diseño de ventanas bajo los trópicos han sido recompensadas como la eliminación de la ganancia de calor solar como el factor primordial que rige el diseño de la fenestración en un edificio tropical "(Hopkinson, 1966). El modelado de varias superficies se logra mediante el uso de un programa avanzado de modelado y visualización para captar los efectos del sombreado solar. Éstos también fueron probados en términos de rendimiento de luz diurna bajo cielos estándar y las mejoras también se probaron en términos de ahorros incrementales en el uso de energía total y de enfriamiento.

En términos generales, en términos arquitectónicos, las ventajas de la herramienta están relacionadas con su capacidad para manipular y curvar interactivamente, retorcer y estirar las combinaciones de curvas y superficies y la facilidad con la que su impacto en las consecuencias y las pruebas de opciones pueden hacerse en términos de la obstrucción de la luz solar, la penetración de la luz del día y el rendimiento energético. Para tener una manera eficaz de examinar el uso de la computadora para simular el efecto de la luz solar y la sombra, la herramienta de análisis debe ser capaz de hacer la evaluación en varios ángulos de vista y cualquier duración de tiempo.

Se encontró que las herramientas variaban según sus capacidades. Por ejemplo, el análisis solar de ECOTECT tiene la capacidad de modelar y evaluar formas y superficies tanto ortogonales como curvas debido a su capacidad para importar y exportar archivos de AutoCAD y vincular el análisis con estos modelos importados. Sin embargo, carece de versatilidad y facilidad de uso de IES-Radiance, donde pueden usarse una variedad de cielos estándares para el propósito de análisis en diferentes contextos y climas. La interfaz gráfica IES MODEL-IT sin embargo tiene limitaciones en el modelado de formas curvas. En los tres casos, la geometría simplificada de los dispositivos de protección solar basados en líneas rectas se utilizan en su

tectural mindset which focuses of cultural - aesthetic expression - at times, at the expense of building performance. Present advances in computer-related technologies and software will continue to make advances in bridging between building professionals in order to contribute to the development of sustainable architecture. The numerous breakthroughs in computer technology will continue to have wide consequences and an even wider impact on sustainable design - particular on environmental performance and analysis.

lugar. Diferentes herramientas tienen flexibilidad y habilidad; al hacerlo, contribuyen a reducir la brecha entre profesiones -el aspecto ingenieneril, basado en el logro de criterios de desempeño- y la mentalidad arquitectónica que enfoca la expresión cultural y la estética - a veces, a expensas del desempeño. Los avances actuales en tecnologías y software relacionados con la informática seguirán avanzando en la construcción de puentes entre profesionales de la construcción para contribuir al desarrollo de la arquitectura sostenible. Los numerosos avances en la tecnología informática seguirán teniendo amplias consecuencias y un impacto aún mayor en el diseño sostenible, en particular en el rendimiento y los análisis medioambientales.

6.0 REFERENCES

- BOUCLAGHEM, N.M., 1996. A computer model for the design of window shading devices. *Building Research and Information*. Vol.24, no., 1996.
- CHIRATTANON, S., NOORITANON J. AND BALAKA, R., 1996. Day lighting for Energy Conservation in the Tropics: The Lumen Method and the OTTV. *Energy*, vol. 21 No. 6, 1996, p. 505-510.
- LIM, BILL AND RAO, K., 1979. Environmental factors in the Design of the Building Fenestration, Applied Science Publishers;
- MILLET, M., ET. AL. 1981. 'Light without heat: Daylight and shading' in Arthur, B., et.al., (1981) *Passive Cooling : Proceedings of the International Passive and hybrid cooling conference* , Nov 6-16, 1981, Miami Beach, Florida, USA, p. 333-337;
- JORGE, J.P., 1993. A practical tool for sizing optimal shading devices, *Building and Environment*, vol. 28, no.1, pp 69-72.
- NOORI, HISHAM, 1986. Energy consequences of fenestration design in Kuala Lumpur. Masters degree thesis. Unpublished. University of Sydney. Australia.
- RAO, K. R., DING, G. D., PERDERSON, C.O., MCCULLEY, M. T., 1988. Simulation studies of Building energy performance in warm and humid climates. In Cowan. H., (ed.), *Energy conservation in the Design of multi-storey Buildings*,
- RAESSI, S., TAHERI, M. 1998. Optimum Overhang dimensions for energy savings, *Building and Environment*, vol.33.no.5, pp293, 1998;
- SALAZAR, JORGE HERNAN, 1995. Sunlight evaluation in buildings, *Building Research and Information*, vol. 23, no.3, 1995;
- STEEMERS, KOEN, 1989. The performance of external shading devices - *Proceedings of the 2^d European conference on architecture* 4-8 Dec 1989;
- HOPKINSON, R., et.al. 1966. *Daylighting*, Heineman Publishers, London.
- LAM, JOSEPH C., AND LI, DANNY H. W., 1998. Day lighting and energy analysis for air-conditioned office building, vol. 23, No. 2, pp79-89;
- ZAIN-AHMED, AZNI, 2000. Day lighting and shading for thermal Comfort in Malaysian buildings, PhD thesis, University of Hertfordshire, March.