

MODELOS DE SIMULACIÓN PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE ASOLEAMIENTO COMO APOYO PARA LA TOMA DE DECISIONES DURANTE LA ETAPA DE DISEÑO

B. Garzón¹, C. Mendonca², J. Manson³

¹. Investigadora Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; Docente Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Directora Proyectos FAU-SECyT, UNT; CONICET-MinCyT.. bgarzon@gmail.com

². Becario Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; Integrante Proyecto Facultad de Arquitectura y Urbanismo y Secretaría de Ciencia y Técnica, UNT. Av. Roca 1900, Tucumán, Argentina. calb.mendonca@gmail.com

³. Becaria Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNT. josefinamanson@hotmail.com

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo determinar el potencial que poseen dos programas computacionales de uso frecuente en arquitectura para evaluar el asoleamiento de edificios durante períodos de tiempo y establecer la compatibilidad entre ellos a los fines prácticos, sus similitudes y diferencias. Se contrasta con los resultados obtenidos de simulaciones realizadas en maquetas tangibles a través de métodos tradicionales, utilizando para tal fin un simulador de la trayectoria solar tangible, permitiendo evaluar las sombras arrojadas por el sol a distintas horas del día y a diferentes latitudes. Entre los aspectos considerados se encuentran la accesibilidad al programa, confiabilidad, comprensión y manejo, visualización, flexibilidad, dominio de los modelos, aplicaciones disponibles y alcances de los mismos. El trabajo permitió determinar las principales ventajas y desventajas de cada metodología para la elección y adopción de las mismas durante la etapa de diseño de edificios de acuerdo a las necesidades particulares.

Palabras clave: Asoleamiento, modelado tridimensional de edificios, proceso de diseño, simulación.

INTRODUCCIÓN

La incidencia de la radiación solar en edificios es un tema crítico durante la etapa de diseño. Con su adecuado estudio se puede aprovechar o proteger las superficies, espacios, etc. Resulta necesario contar con la disponibilidad y facilidad de manipulación de las herramientas destinadas para tal fin.

La manipulación de objetos en tres dimensiones puede lograrse básicamente de dos maneras, una de ellas es mediante la construcción de maquetas a escala tangibles elaboradas con múltiples materiales y la otra resulta de la elaboración de modelado virtual, utilizando programas desarrollados con ese propósito. La elección de una metodología dependerá de los medios y conocimientos del desarrollador, de las características del objeto que se desee estudiar y de la finalidad del estudio. Para la evaluación de las diferentes metodologías de análisis de asoleamiento se pueden utilizar distintas tipologías en diferentes ubicaciones. Para la evaluación se recurre a dos prototipos de viviendas unifamiliares construidas por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV) de la provincia de Formosa y por el Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano (IPVyDU) de la provincia de Tucumán. Los mismos se ejecutan con múltiples orientaciones, seleccionándose para el siguiente análisis, su fachada principal con orientación Norte.

Las maquetas tangibles a escala permiten contar con una representación del espacio tridimensional. Para el estudio general de asoleamiento no resulta necesario ejecutarla con un gran detalle, permitiendo focalizar esfuerzos para conseguir objetos que permitan una rápida comprensión del espacio, relaciones de medida, visualización de sombras, etc. Dependiendo del tipo de material utilizado y de su terminación superficial se pueden obtener estimaciones de reflexiones provenientes de la incidencia directa del sol. Por lo general este tipo de estudio resulta complejo debido a la dificultad de emular las condiciones superficiales. Por otro lado, con terminaciones simples y monocromáticas se puede generar mayor contraste de luces y sombras. La construcción de maquetas tangibles presenta el desafío en la elección de la escala adecuada que permita analizar correctamente los aspectos más importantes. Representar a escala un edificio supone comprender las características materiales que lo constituyen, sus medidas y la relación entre sus partes. La elección de los materiales empleado se encuentra ligado a la técnica de producción. Una maqueta de pequeñas dimensiones requiere menor cantidad de materiales para su construcción pero se reduce su posibilidad de análisis, por otro lado maquetas de grandes dimensiones son por lo general mas costosas, demandan mayor tiempo de producción y en determinadas condiciones resultan incómodas para ser evaluadas.

La construcción de maquetas tridimensionales a través del uso de programas informáticos (maquetas virtuales) permite obtener modelos al cual pueden aplicarse diferentes mediciones según los requerimientos y las prestaciones ofrecidas por el programa. La proyección de sombras producidas por efecto de la incidencia de la radiación solar directa sobre el modelo es una de las aplicaciones con que cuentan la mayoría de los programas de modelado. En general, permiten introducir datos de orientación, latitud, día y hora. Con cámaras virtuales se pueden obtener fotografías instantáneas o desarrollar animaciones presentadas como videos para su estudio a través del tiempo. El nivel de detalle para análisis globales de asoleamiento no resulta importante y el tiempo insumido para su elaboración dependerá de la destreza del operador, de la flexibilidad del programa, de su interfaz y de las aplicaciones disponibles. El uso de texturas en las superficies queda a criterio de quien elabore el modelo permitiendo analizar la incidencia de la radiación de acuerdo a las superficies. En este caso el contraste entre superficies iluminadas y sombreadas se reduce considerablemente.

Sobre esta base y debido a las inquietudes planteadas en este trabajo respecto a la necesidad de establecer con precisión las diferencias y similitudes que arrojan estas metodologías es que surge el mismo. Por otro lado, aunque dichos resultados

buscados pudieran parecer obvios no se han encontrado antecedentes previos que estudiaran dichas metodologías de este modo y que corroboraran dichas inquietudes; solo se han hallado estudios a nivel individual.

SIMULACIÓN DEL ASOLEAMIENTO EN EDIFICIO

Para la evaluación de las superficies que reciben radiación solar directa y las que permanecen sombreadas se desarrolla una maqueta a escala tangible y dos maquetas virtuales.

a) Simulación a través de maquetas a escala:

Se construyeron dos maquetas en escala 1:25 en cartón. La terminación superficial se realiza en blanco mate permitiendo un mayor contraste entre las zonas que poseen incidencia de radiación solar directa y aquellas que se encuentran sombreadas. Se evaluó el asoleamiento producido durante un día en períodos de una hora para los días 20/21 de Marzo, 21/22 de Julio y 21/22 de Diciembre en el Heliodón perteneciente al Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la FAU-UNT. La latitud considerada es de 26° correspondiente a la ciudad de Formosa y Tucumán. Para registrar las imágenes se utilizó una cámara fotográfica montada sobre un trípode, repitiendo la experiencia para diferentes posiciones.

En la Figura 1 se presenta el esquema del movimiento aparente del sol para el período y la latitud analizada. Se consideran los días mencionados debido a que representan el momento con mayor declinación positiva y negativa resultando instancias significativas para el análisis del asoleamiento. La Figura 2 representa un esquema básico de un Heliodón. Por último la Figura 3 referencia al Heliodón utilizado para analizar la trayectoria solar en las horas, los días y estaciones antes mencionadas.

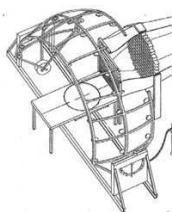
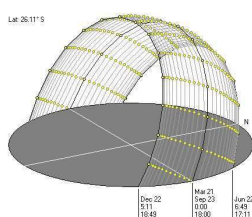


Figura 1: Esquema de movimiento aparente del sol.

Figura 2: Esquema básico de un Heliodón.

Figura 3: Heliodón utilizado para la evaluación del asoleamiento.

El Heliodón permite ensayar diferentes disposiciones y orientaciones para cualquier latitud para los días correspondientes a los equinoccios y solsticios, durante la etapa de proyecto; lo cual permite llegar a soluciones más ajustadas a sus contextos. A continuación se presenta la evaluación del asoleamiento de vivienda unifamiliar del IPV-Formosa para los días 21/22 de diciembre¹, 20/21 de marzo/septiembre y 21/22 de junio a través del uso de dos maquetas a escala en el Heliodón:

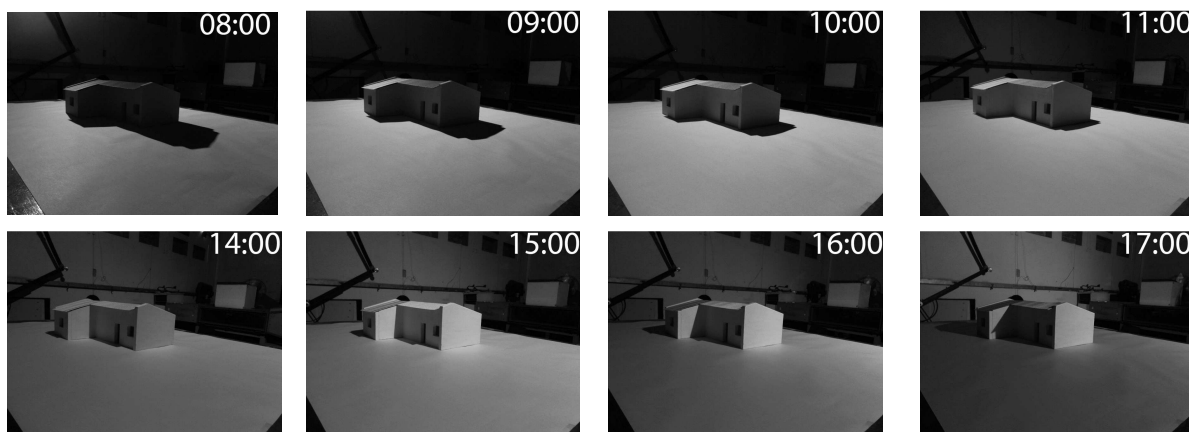


Figura 4: Asoleamiento de vivienda IPV Formosa para el 21/22 de diciembre (solsticio de verano) utilizando el Heliodón

¹ Datos extraídos de la publicación Movimiento terrestre (HERNANDEZ 2009).

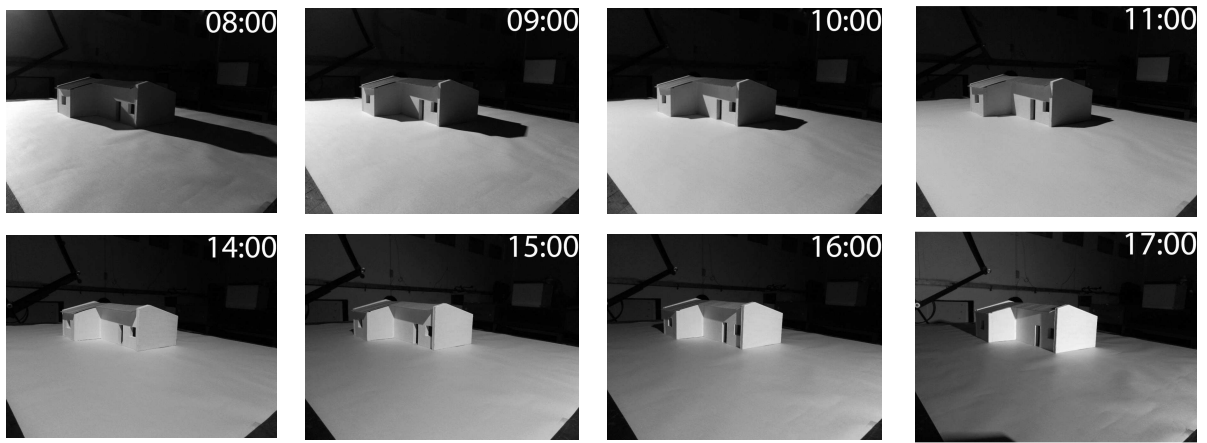


Figura 5: Asoleamiento de vivienda IPV Formosa para el 20/21 de marzo (equinoccio) utilizando el Heliodón.

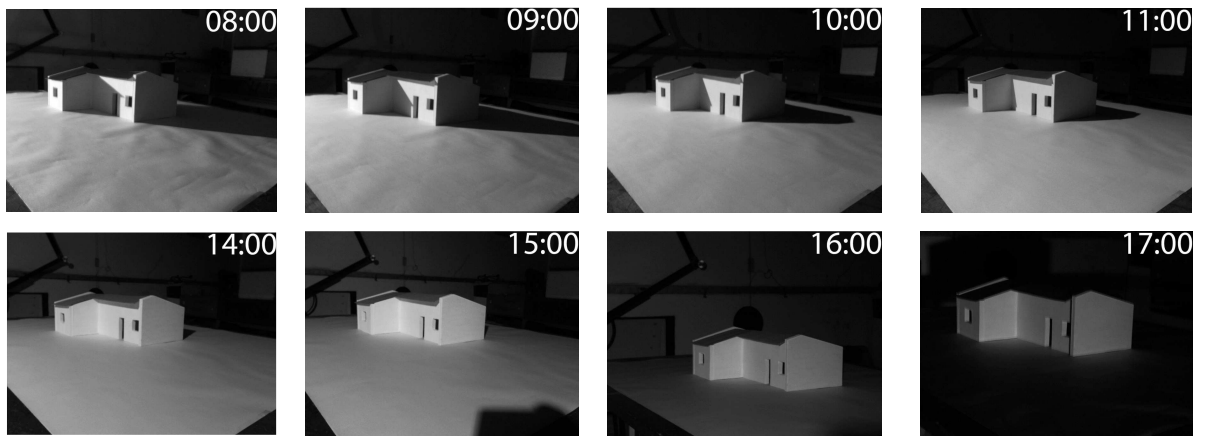


Figura 6: Asoleamiento de vivienda IPV Formosa para el 21/22 de junio (solsticio de invierno) utilizando el Heliodón

Con el mismo criterio de evaluación se desarrolla el estudio de asoleamiento de otros prototipos de viviendas sociales, entre ellos el de una vivienda unifamiliar del IPVyDU-Tucumán a través del uso de dos maquetas a escala en el Heliodón:

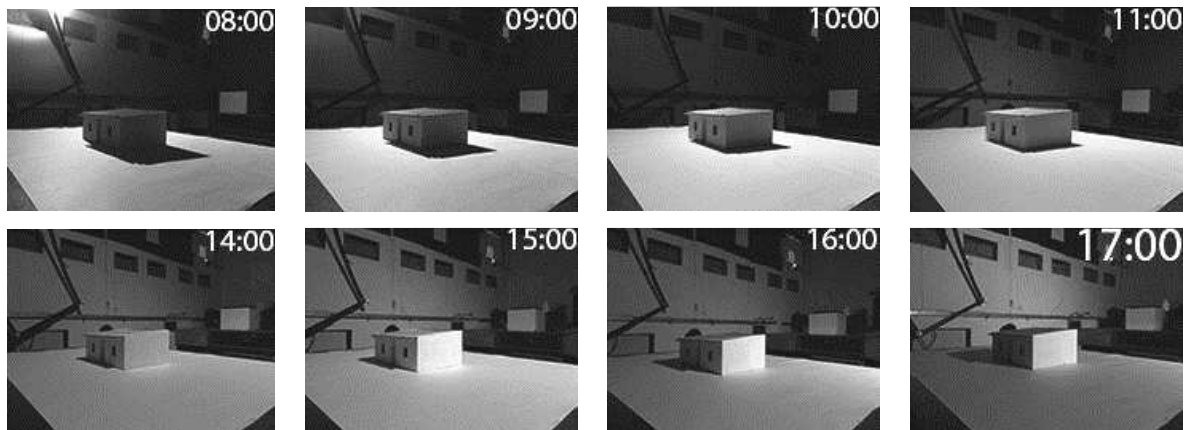


Figura 7: Asoleamiento de vivienda IPVyDU Tucumán para el 21/22 de diciembre utilizando el Heliodón

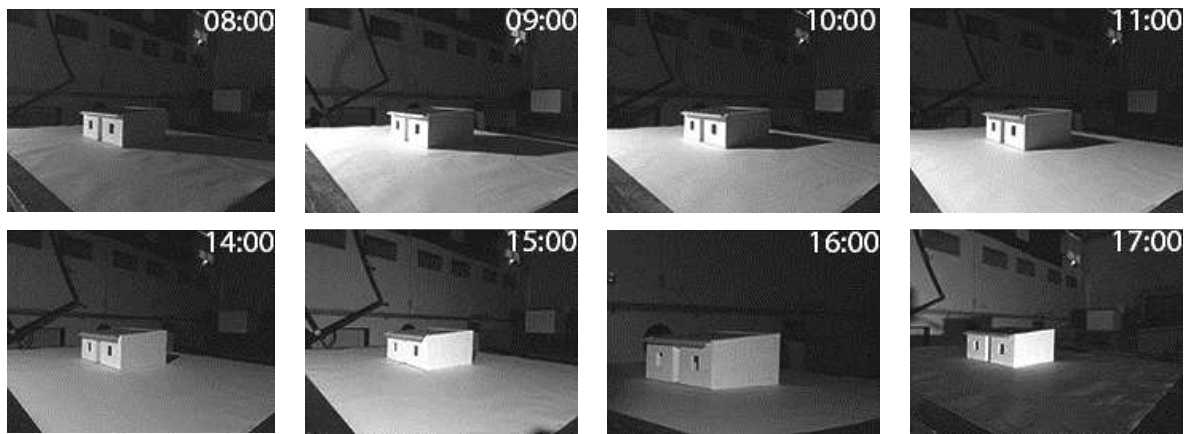


Figura 8: Asoleamiento de vivienda IPVyDU Tucumán para el 21/22 de diciembre utilizando el Heliodón

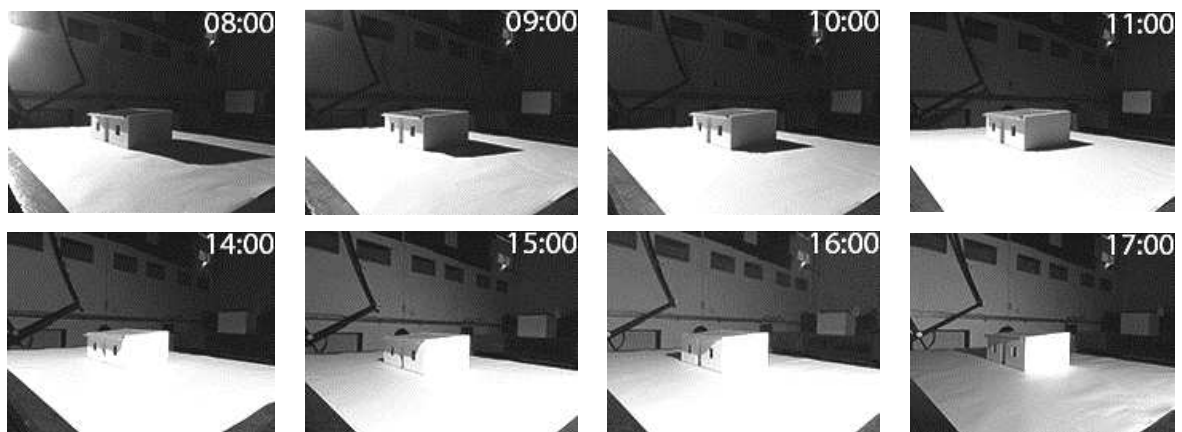


Figura 9: Asoleamiento de vivienda IPVyDU Tucumán para el 21/22 de diciembre utilizando el Heliodón

Se observa la proyección de las sombras arrojadas por los edificios para diferentes horarios. Durante el proceso, la cámara y la maqueta deben permanecer estáticas para que no existan cambios durante la captura de las imágenes. El oscurecimiento total del local es importante para evitar que existan distorsiones en las mediciones. El proceso realizarse para el equinoccio y el solsticio de invierno y verano. Si existieran obstáculos próximos al edificio deben ser construidos a escala y ubicados con precisión para analizar su incidencia. El porcentaje de incidencia de la radiación sobre una superficie debe ser estimada para cada horario.

a) Simulación virtual:

Para poder graficar y medir la trayectoria del sol y evaluar la incidencia en el edificio se emplea un programa de animación que permite incorporar maquetas digitalizadas para su análisis durante distintas horas y épocas del año. Para realizar el modelado del edificio, es decir crear el objeto de modo virtual, se utiliza el programa SketchUp, (ampliamente utilizado en arquitectura) y el programa Ecotect Analysis con menor uso (destinado al análisis del comportamiento térmico, lumínico y acústico de edificios en interiores y exteriores). Estos programas permiten obtener imágenes estáticas y generar animaciones para poder efectuar la evaluación durante el transcurso de un tiempo determinado.

Se procedió a la construcción del modelo con el programa SketchUp de libre acceso, el cual permite importar archivos con formato DWG en 2D resultando estos los más usados para elaborar planos y documentación técnica de proyectos de arquitectura. La compatibilidad entre los mismos permite tomar como base los planos de plantas y cortes en AutoCad para realizar el modelado tridimensional. Una vez concluido el desarrollo 3D se procede a localizarlo geográficamente y se introduce los datos del día y mes que se requiere evaluar. La proyección de sombras puede variarse en cualquier momento modificando la orientación del edificio o variando el día y horario.

A continuación se presentan los modelos realizados en SketchUp y las posibilidades que brinda el programa para el análisis del asoleamiento de edificios:

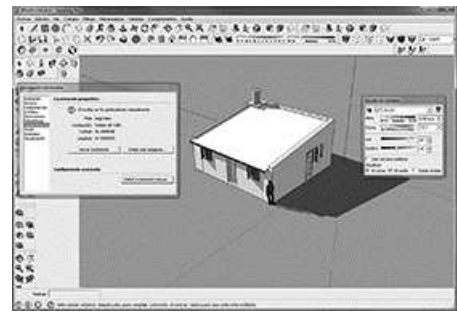
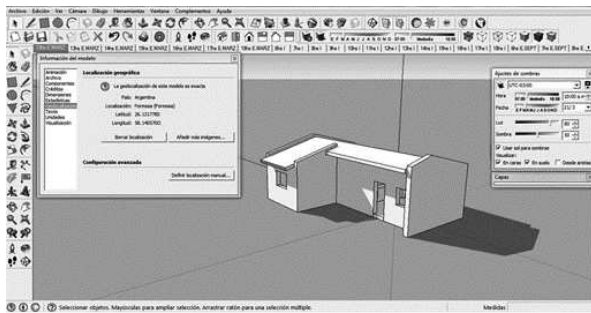


Figura 10: Modelado tridimensional de las viviendas y proyección de sombras con el programa SketchUp.

El programa permite introducir los datos de latitud y longitud del lugar de forma manual o por medio de una conexión a internet se localiza el lugar de emplazamiento del edificio de forma interactiva haciendo uso de un mapa y buscador. El día y la hora que se desea graficar son ajustados desde un cuadro de diálogos permitiendo realizar el ajuste de sombras deseado.

Para graficar la trayectoria solar es necesario incorporar un complemento de fácil instalación. Este complemento grafica la trayectoria solar para los días y hora del año y realiza un diagrama con la porción de la bóveda celeste o de cielo que puede verse desde el interior del edificio. A continuación se presentan imágenes extraídas del programa SketchUp con el complemento instalado y funcionando para la vivienda desarrollada por el IPV Formosa:

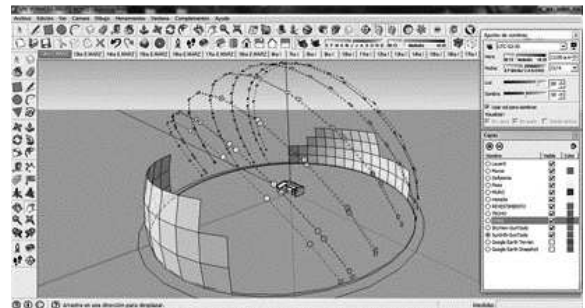
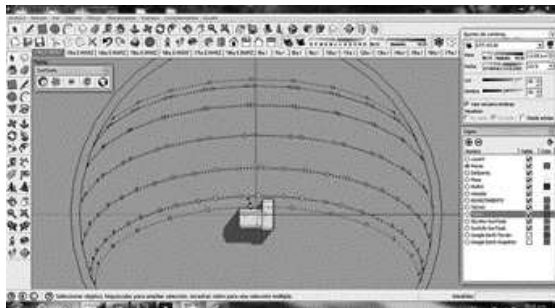


Figura 11: Planta con recorrido solar utilizando el programa SketchUp.

Figura 12: Perspectiva con recorrido solar y visión de bóveda utilizando el programa SketchUp.

Con el programa SketchUp se obtienen imágenes digitales para el día y horario requerido. La Figura 13 representa la incidencia de la radiación solar directa en de la vivienda unifamiliar del IPV Formosa para el día 21 de marzo:

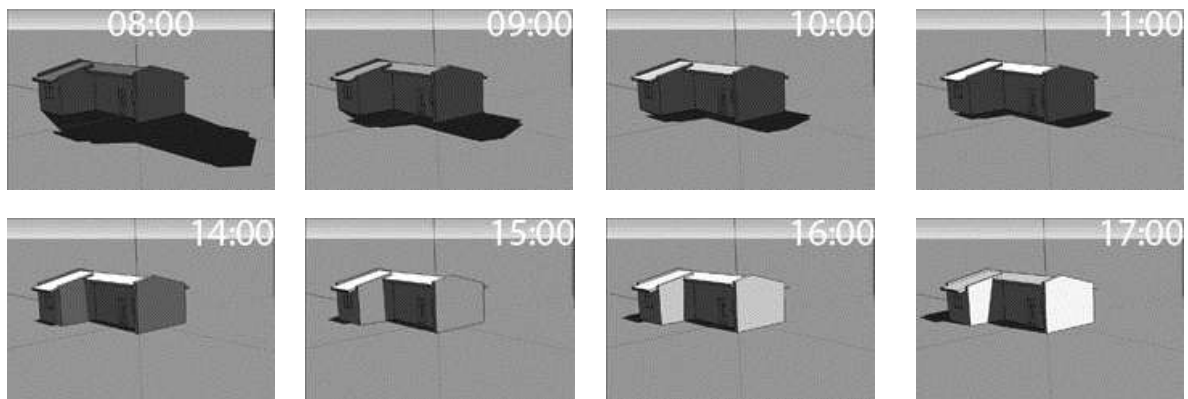


Figura 13: Asoleamiento de vivienda unifamiliar para el día 21 de marzo (equinoccio) utilizando SketchUp.

De igual modo que para el caso anterior, se desarrolló el modelo tridimensional de la vivienda con el programa Ecotect Analysis. El programa está pensado para realizar modelados con geometrías simples y, mediante aplicaciones incluidas, realizar evaluaciones térmicas, lumínicas y acústicas.

Para el análisis del asoleamiento se dividió el trabajo en dos etapas, siendo la primera destinada a evaluar la compatibilidad con el programa SketchUp, Figura 14 al importar el modelo generado en este último y, la segunda realizando el modelo con el programa Ecotect Analysis, Figura 15 para evaluar la comprensión, flexibilidad y dominio en su manejo. Existe compatibilidad entre ambos permitiendo realizar estimación de asoleamiento para cualquier época del año. El modelo importado de SketchUp presenta subdivisiones en sus caras en coincidencia con superficies que cuentan con carpinterías, esto ocasiona inconvenientes cuando se desea calcular el porcentaje de sombras que posee una superficie con Sun Path.

A continuación se presentan los modelos importados y realizados en Ecotect Analysis para la vivienda del IPV Formosa:

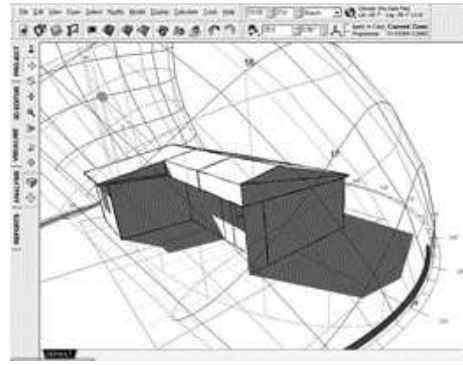
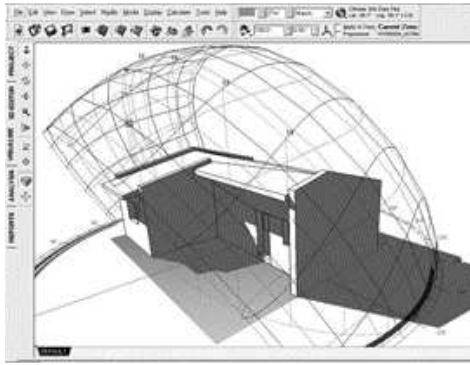


Figura 14: Importación de modelo realizado en SketchUp al programa Ecotect Analysis. Figura 15: Modelo realizado en Ecotect Analysis.

El programa Ecotect Analysis permite, al igual que el programa SketchUp, obtener imágenes digitales para el día y horario requerido para el estudio. En la Figura 16 se presenta la incidencia de la radiación solar directa en de la vivienda unifamiliar del IPV Formosa para el día 21 de marzo:

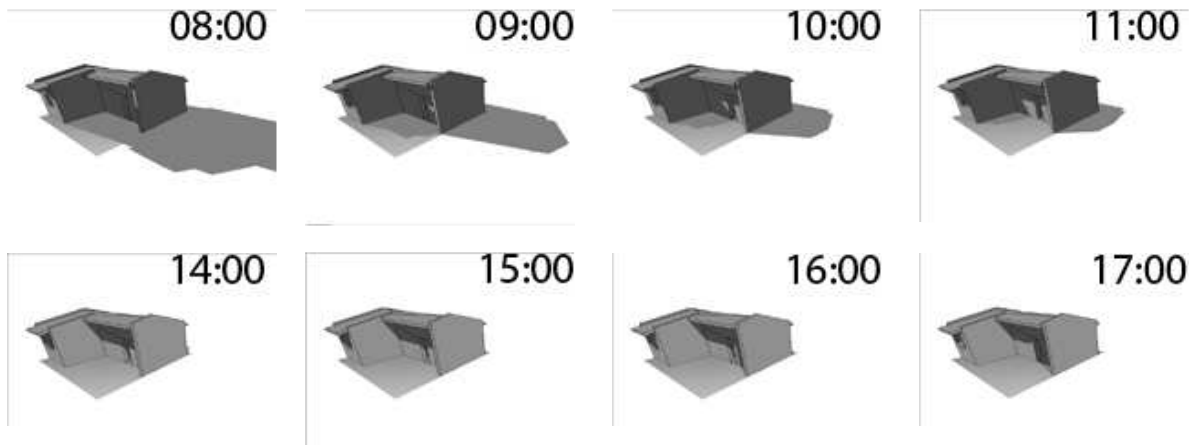


Figura 16: Asoleamiento de vivienda del IPV Formosa para el día 21 de marzo (equinoccio) utilizando Ecotect Analysis.

Si se desea analizar la incidencia de la radiación solar sobre una superficie el programa permite realizar diagramas de recorrido solar con la aplicación Sun Path. Estos diagramas permiten proyectar la bóveda celeste imaginaria a partir del recorrido del sol. Algunos de los diagramas presentes en la aplicación son el diagrama esférico, diagrama equidistante, diagrama estereográfico, diagrama de proyección ortográfica, etc. Los mismos muestran la bóveda celeste proyectada sobre un plano paralelo al horizonte. En los diagramas resultantes la línea del horizonte aparece como un círculo y el recorrido solar como una sucesión de curvas, siempre en relación con el método de proyección y la propia latitud (Olgay, 1998). Permite seleccionar la superficie que se desea analizar y realizar el cálculo de sombras, arrojando como resultado un diagrama con diferentes escalas de grises en correspondencia con el porcentaje de asoleamiento que recibe dicha superficie y una tabla con porcentajes de incidencia horaria de sombras. En las siguientes figuras se muestran diagramas de recorrido solar extraídos de la aplicación Sun Path (Ecotect Analysis) con incidencia de radiación solar directa para la pared Norte (acceso), para la vivienda desarrollada por el IPV Formosa, evaluado el día 21 de Marzo.

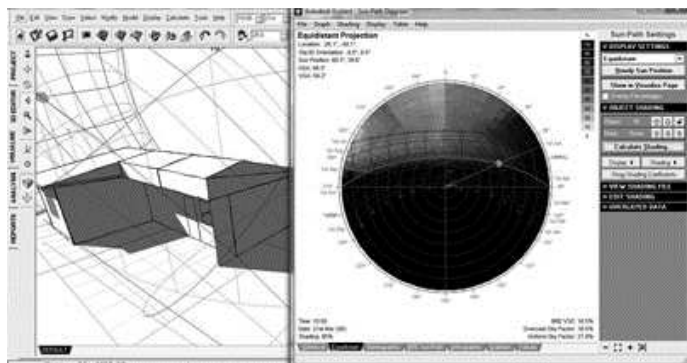


Figura 17: Diagrama Equidistante. Proyección de pared Norte.

Time	Latitude	Longitude	Altitude	Incidence (%)	Direction
07:00	34.000	66.000	1.000	0.00	000.0
08:00	34.000	66.000	2.000	0.00	000.0
09:00	34.000	66.000	3.000	0.00	000.0
10:00	34.000	66.000	4.000	0.00	000.0
11:00	34.000	66.000	5.000	0.00	000.0
12:00	34.000	66.000	6.000	0.00	000.0
13:00	34.000	66.000	5.000	0.00	000.0
14:00	34.000	66.000	4.000	0.00	000.0
15:00	34.000	66.000	3.000	0.00	000.0
16:00	34.000	66.000	2.000	0.00	000.0
17:00	34.000	66.000	1.000	0.00	000.0
18:00	34.000	66.000	0.000	0.00	000.0

Figura 18: Tabla de porcentajes de sombras.

COMPARACIÓN ENTRE MODELOS DE SIMULACIÓN UTILIZADOS

Para establecer una comparación entre ambos programas se realizan tres etapas de análisis. La primera resulta de la medición de la proyección de sombras arrojadas en planta en ambos programas, para ello se selecciona el modelo realizado en SketchUp por presentar mayor nivel de detalles y terminaciones. La segunda etapa consiste en efectuar estimaciones de carácter subjetivo sobre los aspectos más importantes que permiten realizar el modelado, considerando que este estudio se basa íntegramente en las ventajas que cada uno posee para evaluar el asoleamiento de edificios. En la tercera etapa se realiza la validación de las maquetas virtuales con la maqueta real a escala analizada con el Heliodón.

Para realizar la medición de las sombras se posicionan los modelos construidos por el IPV Formosa con orientación NO (azimut 161°) y del IPVyDU con orientación Norte (azimut 180°), de se establece el día 21 de Marzo a las 12:00 hora solar para 26° latitud Sur y 58° longitud Oeste. Se toman imágenes estáticas correspondientes a la planta de techo de los edificios. En la Figura 19 se observan los resultados obtenidos de la medición.

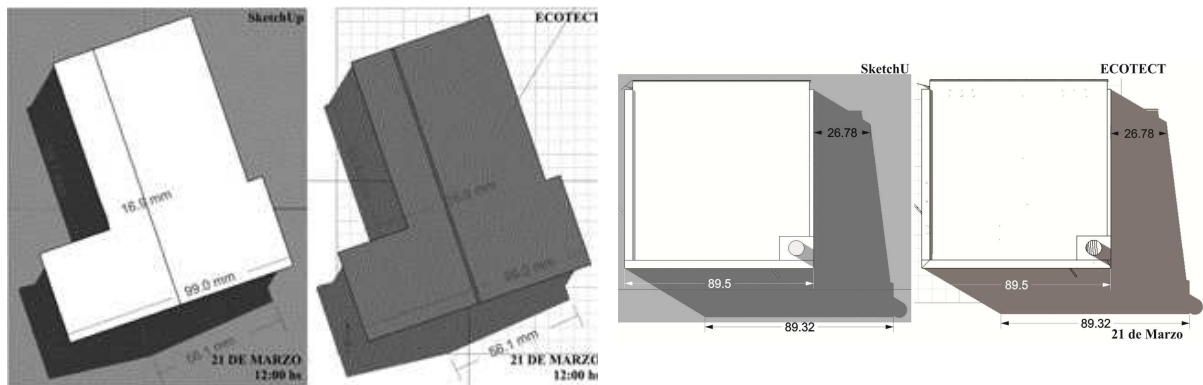


Figura 19: Proyección de sombras arrojadas en planta por los programas SketchUp y Ecotect Analysis.

De la medición se determina que ambas imágenes concuerdan entre sí. El programa Ecotect Analysis, además de proyectar las sombras para la hora seleccionada permite proyectar las sombras producidas para un período determinado variando la tonalidad de grises en función del tiempo de sombreado de cada zona.

Para la evaluación de la segunda etapa, se establecen siete aspectos básicos para realizar comparaciones de ambos programas durante el período de modelado, otorgándose cuatro escalas de valores según la posibilidad que ofrece cada. La Tabla 1 presenta los aspectos considerados para realizar la comparación entre los programas SketchUp y Ecotect Analysis, con su respectiva escala de valores.

	SketchUp	Ecotect Analysis
Comprensión	○ ○ ○	○ ○ ○
Manejo	○ ○ ○ ○	○ ○
Modelado	○ ○ ○ ○	○
Flexibilidad	○ ○ ○ ○	○ ○
Compatibilidad	○ ○ ○	○ ○ ○
Análisis de asoleamiento	○ ○	○ ○ ○ ○
Interface gráfica	○ ○ ○ ○	○ ○ ○

Escala	
○	malo
○ ○	regular
○ ○ ○	bueno
○ ○ ○ ○	muy bueno

Tabla 1: Tabla comparativa de funcionamiento de los programas SketchUp y Ecotect Analysis.

Para la tercera etapa se validaron los tres modelos de simulación usados, realizando mediciones de la proyección de sombras arrojadas en planta utilizando programas de edición de imágenes. Se selecciona la vista tipo “planta en perspectiva” emulando las condiciones obtenidas en la imagen adquirida con la cámara fotográfica. En la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos; los valores obtenidos en las diferentes cotas no representan medidas a escala, referenciando las relaciones obtenidas:

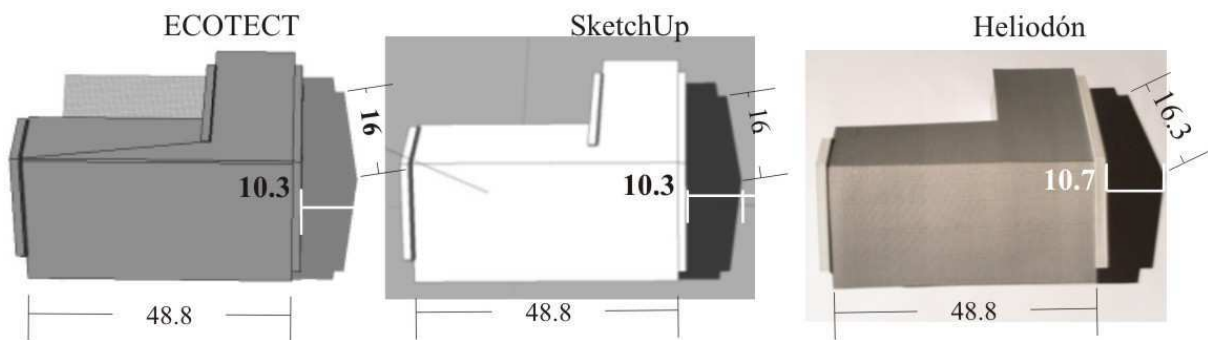


Figura 20: Proyección de sombras arrojadas en planta con Ecotect Analysis, SketchUp y Heliodón.

El resultado determina que la proyección de sombra con el heliodón presenta desfases respecto a los programas utilizados, esto se debe a la imposibilidad de construir con exactitud la maqueta a escala, a la pequeña imprecisión al fijar la latitud con el heliodón, y a desajustes entre la toma de la cámara fotográfica y las perspectivas empleadas para realizar la comparación.

CONCLUSIONES

El trabajo permitió establecer comparaciones entre las diferentes metodologías empleadas para evaluar el asoleamiento de edificios y así detectar los aspectos más sobresalientes de cada una de ellas y su asequibilidad.

El Heliodón, por su sencillez, es un instrumento intuitivo de fácil accionamiento y práctico para determinar la incidencia de la radiación solar directa para diferentes disposiciones y orientaciones y para cualquier latitud, permitiendo analizar los días correspondientes a los solsticios y equinoccios. Presenta como principal desventaja la divergencia de los rayos que parten de sus lámparas provocando cierta distorsión en las medidas, especialmente en el caso de grandes maquetas (tales como las que se hacen para el planeamiento de ciudades o de espacios públicos) (Olgay, 1998). La construcción de maquetas permite una rápida visualización de la globalidad del edificio permitiendo conocer las fortalezas y debilidades del mismo durante su proceso de construcción. Se cuenta en todo momento con un modelo tridimensional sencillo y de fácil interpretación. Otra desventaja importante es la dificultad de realizar modificaciones sobre la misma cuando se realizan cambios en el proyecto derivado de su análisis, además que no permite obtener un porcentaje de incidencia de la radiación solar para cada superficie obteniéndose ese dato por estimaciones visuales. El proceso de construcción es lento y requiere espacio físico para su materialización. El costo de los materiales utilizados puede disminuirse notablemente si se utilizan materiales reciclados. El heliodón es un instrumento antiguo pero de gran utilidad y aceptación y no debe ser descartado para realizar estudios de asoleamiento y de iluminación interior.

Las maquetas electrónicas tienen como principal ventaja que pueden ser modificadas rápidamente sin mayores inconvenientes. Para el caso de maquetas electrónicas desarrolladas en SketchUp las modificaciones realizadas con posterioridad a su construcción son intuitivas y fáciles de realizar. Asimismo, permite interactuar y obtener imágenes parciales del proceso. Posee amplia compatibilidad con otros programas en especial los de uso frecuente (CAD), permitiendo exportar trabajos y realizar el análisis y evaluación que resultara conveniente al encontrarse digitalizado.

El modelado con el programa Ecotect Analysis presenta una dificultad mayor si se la compara con SketchUp, no resultando intuitivo. El idioma en el que se halla es en Inglés y cuenta con limitaciones en cuanto a compatibilidad con programas de modelado permitiendo su importación con errores asociados. El modelado requerido en este programa debe ser simple, su objetivo no es analizar la imagen del edificio sino realizar análisis que van desde el asoleamiento, iluminación interior, térmico, acústico, etc. Para obtener datos con relativamente bajo esfuerzo, el programa SketchUp es el adecuado permitiendo depurar el proyecto y realizar las correcciones adecuadas.

Una vez que se cuenta con un proyecto ajustado se puede importar el archivo con el programa Ecotect para realizar análisis más detallados. Posteriormente, si se desea explotar al máximo el potencial del programa se debería realizar el modelado en el programa Ecotect Analysis para evitar cualquier error de compatibilidad, esta última etapa dependerá de la complejidad que presenta el modelo.

Finalmente se determina que las diferentes metodologías analizadas no son excluyentes y se complementan. Su elección dependerá de las habilidades del operador y de los requerimientos de estudio.

REFERENCIAS

- Muner T. (1997). SunPath 2.0. Krongber, Alemania.
- Olgay V. (1998). Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectura y Urbanismo, pp. 35-36. Gustavo Gili, Barcelona.
- Hernández A. (2009). El recurso solar. Movimiento aparente del sol. Maestría en Energías Renovables. Universidad Nacional de Salta.
- SketchUp 8. Trimble.

Autodesk Ecotect Analysis (2011).

ABSTRACT

This study aims to determine the potential possessing two computer programs in architecture often used to evaluate the building sunlight for periods of time and ensure compatibility between them for practical purposes, their similarities and differences. It contrasts with the results of simulations performed on tangible models through traditional methods, using for this purpose a simulator of the solar path tangible, allowing to assess the shadows cast by the sun at different times of day and at different latitudes. Among the aspects considered are program accessibility, reliability, understanding and management, visualization, flexibility, domain models, available applications and scope thereof. The work allowed to determine the main advantages and disadvantages of each methodology for the selection and adoption of these during the design stage of buildings according to individual needs.

Keywords: Sunlighting, building three-dimensional modeling, process design, simulation