

Rosabel Roig-Vila (Ed.)

Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza- aprendizaje

Rosabel Roig-Vila (Ed.)

Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje

EDICIÓN:

Rosabel Roig-Vila

Comité Científico Internacional:

Prof. Dr. Julio Cabero Almenara, Universidad de Sevilla
Prof. Dr. Antonio Cortijo, University of California at Santa Barbara
Prof. Dr. Ricardo Da Costa, Universidade Federal Espiritu Santo, Brasil
Prof. Dra. Floriana Falcinelli, Università degli Studi di Perugia
Prof. Manuel León Urrutia, Universidad de Southampton
Prof. Dr. Eloy López Meneses, Universidad Pablo Olavide de Sevilla
Prof. Dr. Gonzalo Lorenzo Lledó, Universidad de Alicante
Prof. Dra. Asunción Lledó Carreres, Universidad de Alicante
Prof. Dr. Enric Mallorquí-Ruscalleda, California State University-Fullerton
Prof. Dr. Francisco Martínez Sánchez, Presidente EDUtec
Prof. Dr. Santiago Mengual Andrés, Universidad de Valencia
Prof. Dra. M^a Paz Prendes Espinosa, Universidad de Murcia
Prof. Dr. Jesús Salinas Ibáñez, Universitat de les Illes Balears

Comité Técnico:

Jordi M. Antolí Martínez, Universidad de Alicante
Josep Vicent Garcia Sebastià, Universidad de Alicante
Carolina González Maciá, Universidad de Alicante
Galdys Merma Molina, Universidad de Alicante
Caterina Martínez Martínez, Universidad de Alicante
Jaume Pons Conca, Universidad de Alicante
Ricardo Sanmartín López, Universidad de Alicante
María Vicent Juan, Universidad de Alicante

Maquetación:

M^a Esperanza Martínez Molina

Primera edición: octubre de 2016

© de la edición: Rosabel Roig-Vila

© de los textos: los autores

© De esta edición:

Ediciones OCTAEDRO, S.L.
C/ Bailén, 5 – 08010 Barcelona
Tel.: 93 246 40 02 – Fax: 93 231 18 68
www.octaedro.com – octaedro@octaedro.com

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ISBN: 978-84-9921-848-9

Producción: Ediciones Octaedro

NOTA EDITORIAL: Las opiniones y los contenidos de los resúmenes publicados en “*Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje*”, son de responsabilidad exclusiva de los autores; asimismo, éstos se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado en otro lugar.

Instrumento didáctico para comprender las órbitas del sol alrededor de cualquier punto de la Tierra: una carta solar tridimensional universal

Ramón Maestre López-Salazar

Universidad de Alicante

RESUMEN

No solo es necesario para los arquitectos comprender los recorridos diarios del sol, alrededor de un punto cualquiera de la superficie terrestre y saber cualquier día del año a cualquier hora, la posición del sol respecto del lugar donde nos encontramos; para determinar esta cuestión siempre hemos dispuesto de cartas solares planas locales y actualmente de determinados programas de ordenador, pero nunca de un instrumento tridimensional que no solo nos permita observar sobre la bóveda de nuestro cielo dichas trayectorias sino que con un sencillo funcionamiento manual nos permite ver y entender el soleamiento de cualquier otro punto de la tierra y poder relacionarlos, con lo que la comprensión de la geometría de este fenómeno se hace mucho más fácil, intuitiva y didáctica.

Este instrumento está formado fundamentalmente por una pieza fija que representa el lugar de la tierra del que queremos saber su soleamiento y una pieza móvil con una síntesis de las posiciones relativas del sol que comprende sus 7 órbitas diarias principales, cada una con sus 24 soles situados cada hora, y que al girar puede colocarse en cualquier posición correspondiente a un punto de cualquier latitud de la Tierra, lo que permite ver, entender, comparar y sobre todo “tocar” lo que ocurre con el sol en las diferentes latitudes.

PALABRAS CLAVE: carta solar tridimensional universal, órbitas del sol, helio-indicador.

ABSTRACT

Is not only necessary for architects to understand the daily tours of the sun, around a point on the earth's surface and know any day of the year at any time the sun's position regarding the place where we are; to determine this issue we have always provided local flat solar charts and currently of certain computer programs, but never a three-dimensional tool that not only allows us to observe on the dome of our sky these paths but with a simple manual operation allows us to see and understand the sun reaching any point on earth and relate, thereby understanding the geometry of this phenomenon becomes much easier, intuitive and didactic.

This instrument consists mainly of a fixed part that represents the location of the land we want to know your sun exposure and a movable part with a summary of the relative positions of the sun comprising its 7 major daily orbits, each with its 24 soles located every hour, and that turning can be placed in any position corresponding to a point of any latitude on Earth, allowing you to see, understand, compare and especially “touch” what happens with the sun at different latitudes.

KEY WORDS: sun chart tridimensional universal, sun orbits, heliodon.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema/cuestión

La presente aportación, que se puede encuadrar dentro de la línea temática innovación educativa: nuevos modelos de tecnología educativa, consiste en la realización de un material educativo que por su complejidad para construirlo se ha diseñado con un programa infográfico de modelado tridimensional, (AutoCAD) para después poderlo materializar con una impresora 3D.

La cuestión es dar a conocer a la comunidad educativa y a todos los interesados un sencillo instrumento tridimensional de fácil funcionamiento manual que permite observar y entender las trayectorias del sol alrededor de un punto cualquiera de la superficie de la Tierra, cualquier día del año y a cualquier hora y relacionarlas y compararlas con las de otros puntos situados a distintas latitudes.

1.2 Revisión de la técnica anterior

Las órbitas del sol alrededor de un punto de la Tierra que se reflejan en las conocidas cartas solares es un tema ampliamente conocido, estudiado y dibujado desde hace mucho tiempo y del que existe abundante bibliografía, tablas, instrumentos, programas de ordenador y últimamente hasta Apps para teléfonos móviles.

El instrumento que se presenta no aporta nuevos conocimientos científicos sobre este tema, sino una forma distinta y sencilla de acceder a éstos, como dice J. Domenech (1999) “El estudio de la teoría de soleamiento para titulados ajenos a la arquitectura puede parecer una inútil o vana curiosidad, cuando no una entelequia geométrica de difícil aplicación. Esto no es así en modo alguno” (p. 7).

Hay diversos tipos de cartas solares, según la forma de dibujarlas, la más conocida es la ortográfica de Fisher, la estereográfica de Fisher-Mattioni y la cilíndrica, pero todas ellas son una imagen sobre un plano de un conjunto de arcos en el espacio y además necesitamos una distinta para cada latitud. El punto de partida ha sido el análisis del movimiento relativo del sol alrededor de la tierra, como señala F. Izquierdo (1990), “el sol describe cada día un paralelo diurno completo, cuya distancia al Ecuador va variando a lo largo del año, desde la máxima en el solsticio de verano hasta la opuesta, en el de invierno” (p. 573).

La bibliografía que podemos encontrar sobre cartas solares, tanto en libros como en artículos de revista científica es desde hace mucho tiempo, extensa y variada. Actualmente es internet la fuente donde más fácilmente podemos encontrar información e imágenes sobre el tema. De hecho podemos conseguir una carta solar de cualquier punto de la tierra en la Universidad de Oregón en la siguiente dirección: <http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>

Desde finales del siglo XX, los principales programas infográficos utilizados para dibujar arquitectura, como AutoCAD, 3DStudio, Rhinoceros, Sketch'up, Archicad, entre otros, contienen un simulador de soleamiento y sombras aplicable a maquetas virtuales que se pueden situar en cualquier lugar del mundo. Actualmente existen también otros programas de ordenador, de mayor complejidad, como es el caso de Revit, de Autodesk, que además proporciona una imagen en perspectiva de la bóveda celeste relativa a un punto concreto de la tierra y las trayectorias de los días principales del sol durante el año. Por otra parte, existen también Apps como Sun Seeker, Sun calc o Sun surveyor, que muestran las trayectorias y posiciones del sol en cualquier punto de la tierra en la pantalla del teléfono móvil.

Se ha investigado si existen instrumentos como éste en las bases de datos de patentes y artículos, a través de internet, y lo más similar se puede ver en un enlace de la página web del Instituto de tecno-

logías educativas del Ministerio de Educación https://jferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/3_recorrido_aparente_del_sol.html, dentro del punto 3 de un capítulo de temas de Ecología, denominado “Recorrido aparente del sol”. Dicho enlace, de la University of Nebraska-Lincoln es sin duda, el simulador del movimiento aparente del sol más didáctico desde el punto de vista interactivo que actualmente se puede encontrar: <http://astro.unl.edu/naap/motion3/animations/sunmotions.html>

1.3 Propósito

Este instrumento parte de una experiencia educativa, ya que se diseñó en principio para que mis alumnos de primer curso de Arquitectura, pudieran entender más fácilmente la geometría del soleamiento, que normalmente se estudia con cartas solares planas y posteriormente con software infográfico, pero como ocurre con otros problemas espaciales, una maqueta tridimensional supone un recurso didáctico, que si está bien diseñado, puede facilitar considerablemente la comprensión de la geometría y de los movimientos.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

2.1 Preliminares

A lo largo de mi experiencia en la docencia de la asignatura Geometría Descriptiva, en la carrera de Arquitectura así como las de Dibujo por ordenador, en 2D y en 3D, he podido constatar la utilidad de disponer de maquetas tridimensionales de determinados elementos geométricos o arquitectónicos, como ayuda didáctica fundamental para entender la relación que hay entre un objeto tridimensional y sus imágenes representadas en un plano, por medio de proyecciones. Entender una carta solar no es una excepción a lo anterior sino que constituye un verdadero problema comprender bien espacialmente el fenómeno del soleamiento, por lo que observando que no hay en el mercado ni en museos, ningún instrumento didáctico tridimensional, diseñé con ayuda de un programa infográfico, un modelo 3D virtual para poderlo “imprimir” en 3D las piezas y construir después la maqueta de un tamaño manejable manualmente para que mis alumnos pudieran manipularla y entendieran mejor este problema, porque como ya he señalado, las imágenes de los citados programas por ordenador, unas de difícil acceso y otras incompletas me han hecho ver que no proporcionan la misma facilidad didáctica que ver estereoscópicamente y poder tocar esta maqueta.

Como ya he indicado anteriormente, los alumnos de primer curso de arquitectura suelen estudiar la geometría del soleamiento con una carta solar plana local como la de la figura 1 (cuadro nº 19 del libro del autor citado en 5. Referencias), en nuestro caso la de Alicante, que como se puede ver consiste en dos imágenes, planta y alzado, de las órbitas del sol sobre una superficie semiesférica que representa la bóveda celeste de esta localidad.

La primera idea fue realizar una maqueta de este soleamiento local, pero al observar que el conjunto de órbitas solares puede aplicarse a cualquier otra latitud de la Tierra, simplemente girando su posición, se desarrolló un prototipo que finalmente se diseñó como maqueta virtual para finalmente materializarse en plástico con una impresora 3D.

Se diseñó un soporte que permite ver con facilidad, en cada caso, los soles que quedan por debajo del horizonte. El color de las órbitas, se realizó manualmente siguiendo un criterio didáctico de colores cálidos y fríos respectivamente para los meses cálidos y fríos, a sabiendas de que en el hemisferio sur es al revés. La maqueta tiene un tamaño que permite que los alumnos puedan pasarla y manipularla individualmente o en grupo durante la clase y después en tutorías.



Figura 2.

La pieza fija es una plataforma circular que se mantiene horizontal sobre un soporte y representa la zona de terreno plano alrededor de un punto cualquiera de la tierra, donde se puede situar una pequeña figura humana o una pequeña maqueta de una edificación. Esta plataforma está graduada y lleva indicados los cuatro puntos cardinales. Su borde circular representa el horizonte por donde sale y se pone el sol.

La pieza móvil está formada por un conjunto de 7 circunferencias unidas por 4 arcos que puede girar alrededor de un eje. Estas circunferencias representan las trayectorias de los días 21 de cada mes, como se puede ver en las flechas que llevan adosadas y que además indican el sentido del movimiento del sol, (de Este a Oeste). En cada órbita se han colocado 24 esferas equidistantes, que representan la posición del sol cada hora en punto, tomando como referencia la posición del sol a mediodía que se corresponde por convenio con la hora solar XII. En los extremos del arco más largo de los cuatro transversales, se han situado dos figuras, una estrellada representa la estrella Polar o Polo Norte celeste y la otra, situada en su punto opuesto, el Polo Sur celeste, a la que se le ha dado forma de cilindro ya que no hay ninguna estrella en este punto, como ocurre en el Norte; este arco está graduado, para poder situar el Polo celeste correspondiente a un punto de la tierra, con un ángulo sobre el horizonte que como sabemos es el mismo que el de la latitud geográfica.

Las 7 órbitas representadas son las principales correspondientes a doce días muy concretos del año. Las dos más exteriores son las de cada solsticio, y las cinco restantes corresponden a dos días, la intermedia es la de los dos equinoccios 21 de marzo-septiembre y el resto son las de los días 21 de enero-noviembre, 21 de febrero-octubre, 21 de abril-agosto y 21 de mayo-julio.

La órbita de cualquier otra fecha del año se puede interpolar. Los cuatro arcos transversales unen los soles situados en las cuatro horas “solares” principales:

- el ya citado del mediodía solar, hora solar: XII, que es la situación intermedia y más alta del sol sobre su órbita diurna, y además el sol nos marca en ese momento siempre el Sur en los puntos de la Tierra situados en el hemisferio N.
- el de la medianoche, hora solar: XXIV, la hora opuesta de la anterior, que se ha alargado para poder colocar en sus extremos los dos Polos celestes N y S.
- el de la hora solar intermedia: VI
- el de la hora solar intermedia: XVIII

Los soles presentan tres tamaños para poder diferenciar mejor las horas; los situados sobre las cuatro líneas horarias principales se han diseñado con el mayor, los soles situados en las III, IX, XV y XXI tienen un tamaño intermedio y el resto tiene el menor tamaño.

Además se ha diseñado una tercera pieza auxiliar que consiste en medio arco graduado que se puede insertar mediante un pivote en el centro de la plataforma horizontal. Esta pieza puede girar alrededor del citado pivote y nos sirve para determinar los dos ángulos (azimut y altura solar), que definen la posición de sol un día determinado del año a una hora concreta.

2.3 Funcionamiento

En primer lugar hay que elegir un determinado punto de la Tierra y conocer el ángulo de su latitud geográfica, Norte o Sur. Supongamos que el punto en cuestión tiene latitud Norte, para representar su correspondiente soleamiento, ver Figura 3, tenemos que colocar el Polo Norte celeste representado por la estrella Polar junto al punto cardinal Norte, ver fig 3.1. Elevaremos esta estrella girando la pieza hasta que el ángulo a sobre el horizonte sea exactamente el de la latitud geográfica, ver fig 3.2, que podemos medir con la graduación a partir de dicho Polo celeste. En esta posición podemos ver, en cada órbita del año, la duración del día/noche y el lugar y hora por donde sale y se pone el sol, además de los ángulos de incidencia de los rayos solares.

Si el punto pertenece al hemisferio Sur hay que proceder de forma similar localizando el Polo Sur celeste y elevándolo sobre el punto cardinal Sur, el mismo ángulo b de la latitud geográfica de dicho punto, ver figs. 3.1 y 3.3.

Como se puede ver en la figura 3.4, el giro de la pieza B viene limitada por un tope, que se sitúa en el sol de las XII del equinoccio para que de esta forma no se puedan producir situaciones de soleamiento imposibles, ya que desde un punto de la Tierra situado en el hemisferio N, sólo veremos la estrella Polar coincidente con el polo Celeste Norte por encima de nuestro horizonte, nunca podemos ver el Polo Sur celeste, y viceversa, salvo que estemos exactamente en el Ecuador, fig 3.6, desde donde podemos ver ambos Polos celestes, justo en el horizonte ya que en este caso particular coinciden con los polos cardinales, dado que el ángulo con el que tenemos que colocarlos sobre dicho horizonte es de 0° .

Como ya hemos dicho, para obtener los ángulos de posición del sol correspondientes a un día del año, a una hora determinada se inserta la pieza auxiliar como se puede ver en la fig 3.9., y una vez elegida la órbita correspondiente al día en cuestión seleccionaremos sobre ésta la hora solar para determinar la posición espacial del sol en ese momento. A continuación giraremos la pieza alrededor de su pivote, hasta que el arco graduado, esté lo más próximo posible a la posición del sol que hemos determinado, y así la pieza nos indica el ángulo azimut solar “az” sobre la graduación respecto del punto cardinal Sur.; el ángulo altura solar “hs” lo podemos determinar directamente en la graduación de dicho arco.

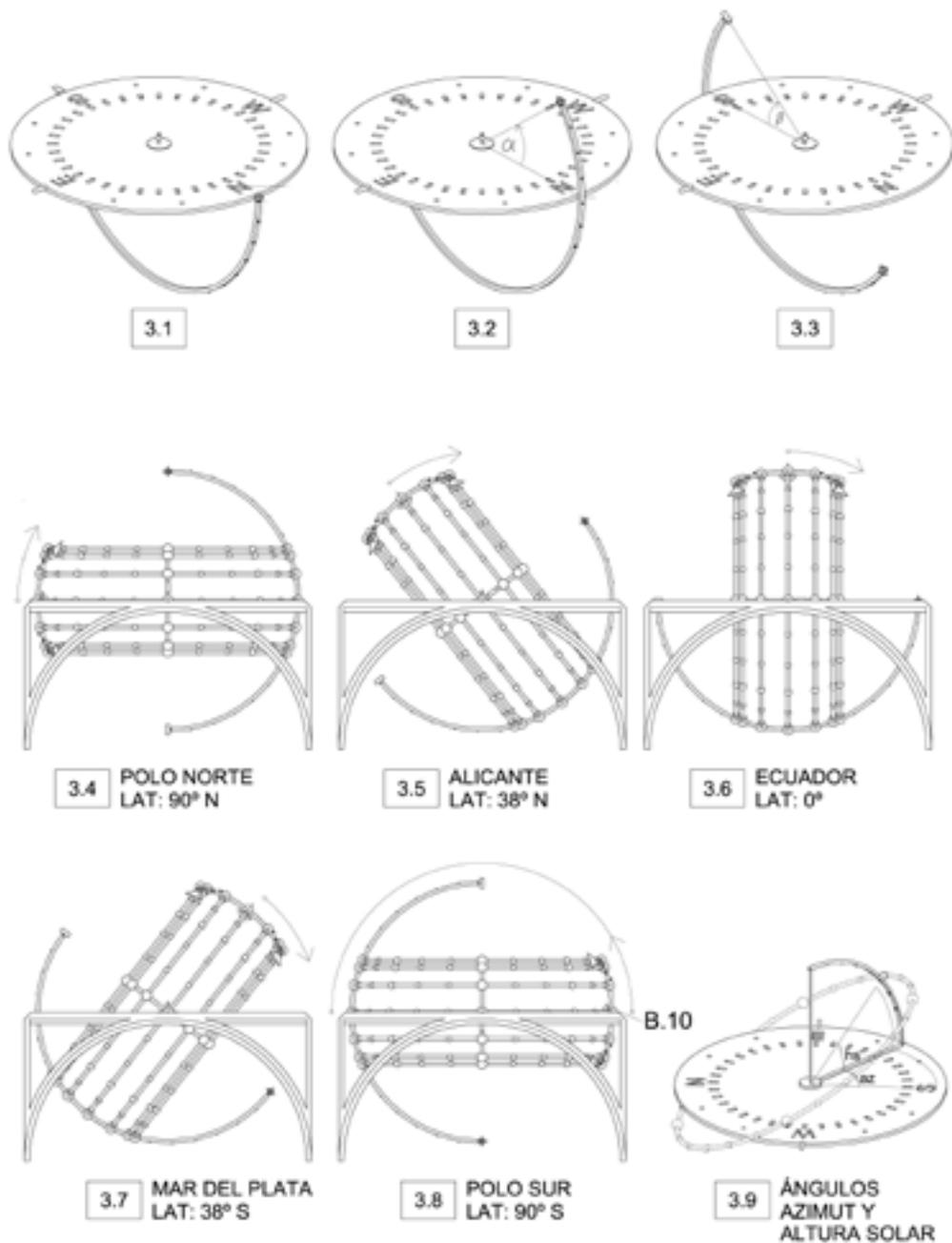


Figura 3.

2.4 Ejemplos de aplicación en distintos puntos de la Tierra.

Cuando lo que queremos es observar de forma global el soleamiento no es necesario insertar la citada pieza auxiliar, pero sí podemos situar en el centro de la plataforma una figura humana o una pequeña maqueta de una edificación.

EJEMPLO 4.1, Alicante, latitud: $38^{\circ} 21' N$.

Podemos establecer de forma aproximada una latitud de 38° para toda la provincia. Esto implica que desde cualquier punto de ésta siempre vemos la estrella Polar fija exactamente hacia el Norte con ese mismo ángulo sobre el horizonte, ángulo que podemos medir sobre la citada graduación a partir de dicha estrella, con lo que el conjunto de órbitas del sol y líneas horarias principales que puede girar

alrededor del eje E-W, adopta la posición real del soleamiento anual que tendría un observador situado en el centro de la plataforma horizontal, supuestamente en Alicante.

EJEMPLO 4.2, Círculo polar ártico, latitud: $66^{\circ} 33' N$.

A partir de la posición anterior, podemos ir incrementando el ángulo sobre el horizonte hasta que éste sea aproximadamente de 66° con lo que obtendremos la carta solar del círculo polar ártico, donde se puede observar que la órbita del sol del 21 de junio queda toda por encima de la línea del horizonte, excepto en el punto de contacto con éste que se produce a las XXIV horas, dando lugar al fenómeno denominado “sol de medianoche”.

EJEMPLO 4.3, Polo Norte, latitud: $90^{\circ} N$

Si seguimos aumentando la latitud norte llegaremos a la posición tope, $90^{\circ} N$ correspondiente como sabemos al polo Norte, donde tenemos la estrella Polar en el cenit de la bóveda celeste, es decir, en la vertical sobre nuestra cabeza. En esta posición se puede comprender porqué decimos que en el polo el día dura 6 meses, y luego la noche, los otros 6, ya que podemos observar que solo las órbitas de primavera y verano están por encima del horizonte mientras que las del otoño e invierno permanecen por debajo de éste, quedando la órbita de los equinoccios como intermedia, donde ese día medio disco solar, posicionado sobre el horizonte, describe una circunferencia completa alrededor del observador.

EJEMPLO 4.4, Trópico de Cáncer latitud: $23^{\circ} 27' N$

Si giramos la pieza móvil disminuyendo la latitud Norte hasta llegar a otra posición clave que es la del Trópico de Cáncer, redondeando, 23° , donde podemos observar que en la órbita del 21 de junio, a mediodía, el sol está en el cenit de la bóveda celeste. Este conocimiento le sirvió a Eratóstenes para calcular con mucha aproximación el radio de la Tierra en el siglo II a. C.

EJEMPLO 4.5 Línea ecuatorial, latitud: 0°

Si reducimos la latitud a 0° , como ya hemos referido antes, la estrella Polar se sitúa justo en el punto cardinal polo Norte y podremos observar cómo se produce el soleamiento en el Ecuador, simétrico respecto del plano que pasa por la órbita de los equinoccios, donde esos dos días, a mediodía, el sol alcanza el cenit (o la vertical) en la bóveda celeste.

EJEMPLO 4.6 Mar del Plata, (Argentina) latitud: $38^{\circ} S$

Hemos cogido como ejemplo esta ciudad porque tiene los mismos grados de latitud prácticamente que Alicante, pero en el hemisferio Sur. Una vez colocado el Polo Sur celeste sobre el punto cardinal Sur con dicho ángulo, observaremos que el soleamiento de este punto es simétrico al que se produce en Alicante, en el sentido de que las órbitas del sol de otoño e invierno en ese punto del hemisferio sur, son equivalentes a las de primavera y verano en Alicante y viceversa.

EJEMPLO 4.7 Polo Sur, latitud: $90^{\circ} S$.

Al igual que ocurre en el polo Norte, la posición tope de la latitud Sur está en $90^{\circ} S$, desde donde vemos el Polo Sur celeste en el cenit de la bóveda celeste. Las órbitas del sol vuelven a ser, estacionalmente simétricas respecto de las del polo Norte, por lo que como sabemos y ahora podemos observar, el sol estará describiendo órbitas sobre el horizonte sin ponerse, durante todo el llamado verano polar antártico, desde el 21 de septiembre hasta el día 21 de marzo, donde la órbita recorre todo el horizonte, para desaparecer por debajo de éste durante el llamado invierno polar antártico, hasta que vuelve a aparecer 6 meses después.

EJEMPLO 4.8 Soleamiento de una edificación

Si una vez puesta la carta con su latitud correspondiente sustituimos la figura humana que hemos colocado en el centro de la plataforma por una pequeña maqueta de una edificación con su orientación correcta, podemos, simplemente alineando con nuestros rayos visuales el sol correspondiente a una hora de un día determinado y dicha maqueta, observar directamente en que superficies de ésta inciden los rayos solares, como se puede ver en el ejemplo de la figura 4.8, mirando la maqueta alineada con el sol de las XIV horas del día 21 de febrero.

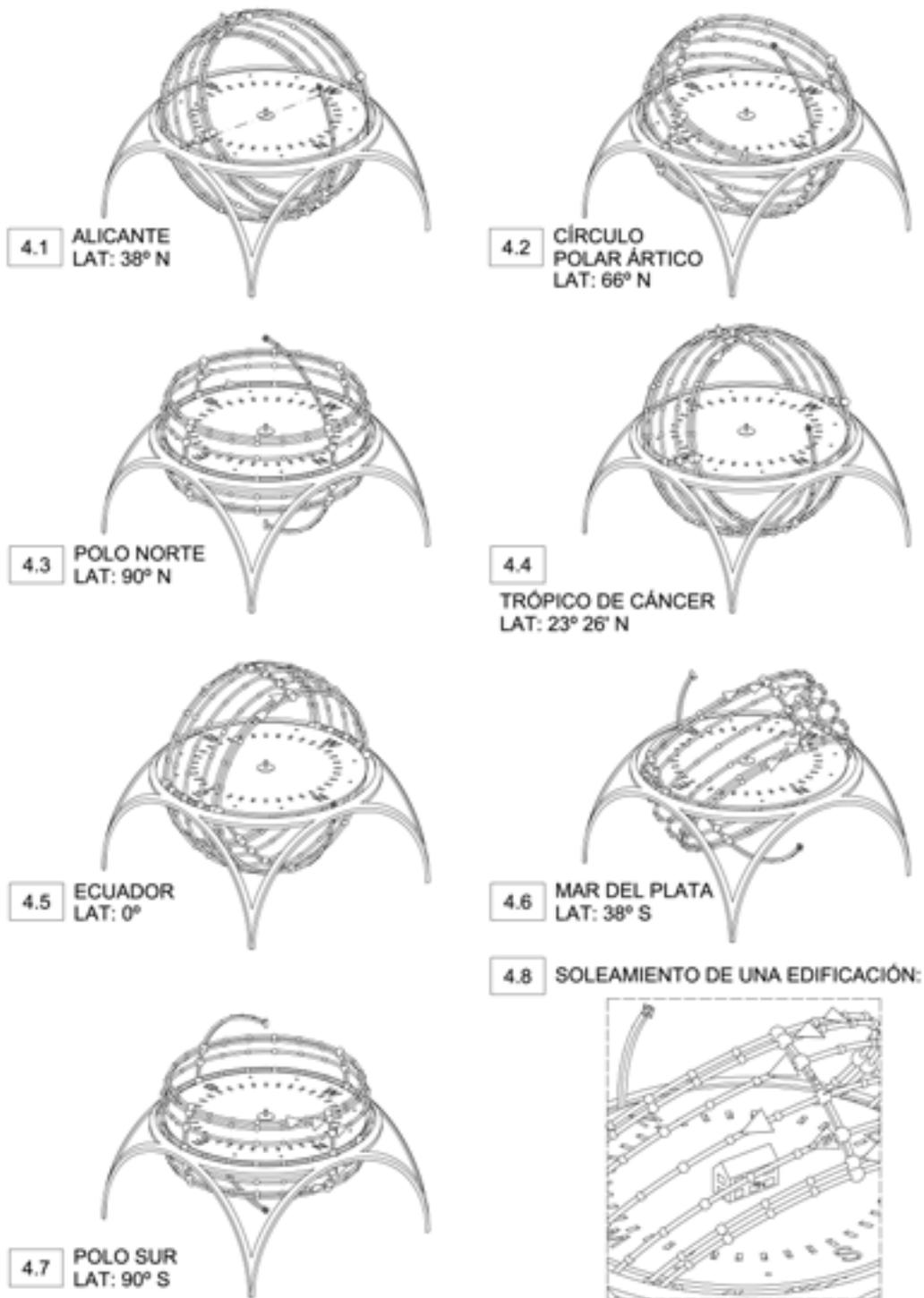


Figura 4.

3. RESULTADOS

El presente instrumento tiene interés para las áreas de estudio relativas al soleamiento de la Tierra, desde la Geografía y Biología/Ecología en la Educación Secundaria y Bachillerato hasta el diseño y la energía solar e iluminación, en la Universitaria, y su conocimiento es fundamental y específicamente importante en las profesiones relacionadas con la arquitectura, la fotografía y el cine. Por tanto los campos de aplicación de este instrumento son:

- Centros educativos de enseñanza Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional y universidades, para que los estudiantes de ciencias en general, y los de arquitectura en particular, puedan comprender mejor la geometría del soleamiento terrestre.
- Oficinas de arquitectura para que los arquitectos puedan observar y estudiar el soleamiento de un edificio situado en cualquier punto de la Tierra.
- Museos de ciencia y astronomía, como instrumento didáctico

Las opiniones de alumnos, compañeros profesores, arquitectos así como las de otras personas no relacionadas con la didáctica ni con la arquitectura, están siendo muy favorables, por lo que como este instrumento ha sido desarrollado dentro del ámbito de las funciones de investigación y docencia del autor en la Universidad de Alicante, se ha presentado en el Servicio de Gestión de la Investigación y Transferencia de Tecnología - OTRI de esta universidad, una la solicitud de Propiedad Industrial, que ha sido en principio aceptada, por lo que actualmente está en proceso de patente. Dada su sencillez, se prevé que el coste de este instrumento sea relativamente económico, lo que puede permitir su difusión en todos los ámbitos educativos y arquitectónicos que lo requieran.

4. CONCLUSIONES

Este instrumento presenta frente a otros medios infográficos la ventaja de que al tratarse de un instrumento tridimensional facilita la comprensión visual, espacial y global de la posición del sol, mientras que las cartas solares tradicionales, al ser planas, presentan la dificultad de tener que imaginar la bóveda celeste semiesférica a partir de éstas.

Además permite observar no sólo las trayectorias y las horas de sol del año que están por encima del horizonte, como ocurre en las citadas cartas solares locales y también con determinados programas de ordenador, sino también simultáneamente las trayectorias que están por debajo del horizonte, facilitando la mejor comprensión espacial del fenómeno de la duración de los días y las noches y a diferencia de otros instrumentos contiene y su funcionamiento se basa precisamente en la situación de los dos polos celestes.

Los modelos tridimensionales manipulables por el alumno, permiten que éste la observe con ambos ojos, con todas las ventajas de la visión estereoscópica, que además de una visión más global, proporciona a nuestro cerebro información métrica, y por otra parte al poder manipularla, sabemos que no solo las personas con deficiencias visuales pueden extraer también conocimientos a través del sentido del tacto.

Las nuevas tecnologías de fabricación de modelos, como son las impresoras 3d, permiten fabricar piezas en plástico con una precisión y sencillez que anteriormente no era posible.

5. REFERENCIAS

- Doménech Romá, J. (1999). *Cartas Solares. Teoría de sombras y soleamiento*. Alcoy: Luis Llorens Ed.
- Izquierdo Asensi, F. (1990). *Geometría Descriptiva*. Madrid: Dossat S.A. Ed.
- Maestre López-Salazar, R. (2010). *Cuadros y ejercicios de geometría representativa en la arquitectura*. Alicante: Ramón Torres Gosálvez, Ed.

Motions of the Sun Simulator. *Astronomy Education at the University of Nebraska-Lincoln*. Recuperado de <http://astro.unl.edu/naap/motion3/animations/sunmotions.html>

Gobierno de España. Instituto de Tecnologías Educativas. Temas de Ecología. *Lección 2. Flujos de energía entre el Sol y Tierra*. Recuperado de https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/3_recorrido_aparente_del_sol.html

BREVE RESEÑA CURRICULAR DEL AUTOR

Maestre López-Salazar, Ramón

Doctor Arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia desde 2004, donde terminó la carrera de Arquitectura en el año 1979. Imparte clase en la Universidad de Alicante (U.A.) desde el curso 1989-90. Actualmente es Profesor Titular de Universidad del Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía de la U.A., de las asignaturas de Geometría Descriptiva y Dibujo por ordenador en la titulación de Arquitectura. Es autor de la idea y el proyecto del reloj de sol de la U.A., imagen simbólica de la Escuela Politécnica Superior y coautor del programa infográfico “Homograf” para levantamiento de fachadas a partir de fotografías, de libre disposición en el servicio de Publicaciones de la U.A.. Actualmente desempeña, también en la misma universidad, el cargo de Subdirector de Arquitectura.