

# SATELITON II: Ambiente Virtual para la Enseñanza de las Posiciones y Movimientos de los Satélites Venezolanos

## SATELITON II: Virtual Environment for Teaching Positions and Movements of Venezuelan Satellites

Andrés E. Castillo, *Docente UPT*, Yngrid J. Melo, *Docente UPT*

**Resumen**—Como parte de los proyectos desarrollados y en desarrollo de producción de software didáctico técnico en 3D llevados a cabo en la UPT-Aragua, se presenta SATELITON II, ambiente virtual para la enseñanza en ingeniería y áreas afines que muestra el espacio donde coexisten La Tierra, El Sol, La Luna y los Satélites Simón Bolívar y Francisco de Miranda. El software presenta una interfaz interactiva donde se tiene la posibilidad de cambiar el punto de vista y la velocidad en que ocurren los movimientos. De esta manera se puede visualizar desde la mejor posición posible la ubicación de los satélites, su orientación en el espacio, sus movimientos orbitales, la orientación de las antenas, la orientación de los paneles solares, sus desplazamientos alrededor de La Tierra. Nuestro planeta a su vez se mueve alrededor del sol y rota sobre sí misma con su eje de rotación formando un cierto ángulo con el plano de traslación. El resultado de esta investigación es el software SATELITON II como recurso didáctico necesario en la enseñanza de la Ingeniería pero que puede ser utilizado en otras áreas. Dicho software fue diseñado con los cuatro componentes fundamentales de un laboratorio virtual: el modelo matemático, que simula el comportamiento interno y los fenómenos físicos que intervienen; el diseño informático, donde se implementan los distintos escenarios que se pueden presentar utilizando un lenguaje de programación; el diseño gráfico para modelar a escala los componentes visibles que intervienen y el componente didáctico para la interactividad con el estudiante.

**Palabras claves**—Satélites, Recurso Didáctico, 3D, Laboratorio Virtual.

**Abstract**—As part of the projects developed and in the development of 3D technical didactic software production carried out at UPT-Aragua, SATELITON II is presented, virtual environment for teaching in engineering and related areas that shows the space where the Earth coexist, The Sun, the Moon and the Satellites Simón Bolívar and Francisco de Miranda. The software presents an interactive interface where you have the possibility to change the point of view and the speed in which the movements occur. In this way the location of the satellites, their orientation in space, their orbital movements, the orientation of the antennas, the orientation of the solar panels, their movements around the Earth can be visualized from the best possible position. The Earth in turn moves around the sun and rotates on itself with its axis

of rotation forming a certain angle with the plane of translation. The result of this research is the software SATELLITE II as a didactic resource necessary in the teaching of Engineering but that can be used in other areas. This software was designed with the four fundamental components of a virtual laboratory: the mathematical model, which simulates the internal behavior and the physical phenomena that intervene; The computer design, where the different scenarios that can be presented using a programming language are implemented; The graphic design to model to scale the visible components that intervene and the didactic component for the interactivity with the student.

**Index terms**—Satellites, teaching resource, 3D, Virtual Laboratory.

### I. INTRODUCCIÓN

VENEZUELA cuenta en la actualidad con dos satélites que llevan el nombre de dos grandes héroes de esta patria y de la historia universal: el Simón Bolívar y el Francisco de Miranda. Estos dos importantes satélites ya están prestando importantes y amplios servicios al país, como por ejemplo las más de 4 mil escuelas que ahora cuentan con internet, así como también el servicio de televisión directa por satélite, que puede llegar al último confín del territorio, esto gracias al Simón Bolívar, mientras que el Miranda brinda un servicio de imágenes con información útil para la agricultura, la actividad petrolera, entre muchos otros. Cada uno de los satélites nombrados tienen características muy distintas, tales como que el Simón Bolívar presta servicios de telecomunicaciones, está situado a más de 36.500 Km del ecuador, se desplaza en conjunto con La Tierra y gira sobre sí mismo en un periodo de 24 horas, pareciendo que está fijo con respecto a La Tierra [1], por su parte el satélite Miranda tiene una órbita polar, está situado a unos 639 Km de la superficie terrestre y su movimiento está sincronizado con la posición del Sol con respecto a Venezuela, de tal forma que cuando pase por el país siempre esté alumbrada por el sol y con el mismo ángulo de inclinación, con esto se logra que cada paso por Venezuela sea productivo desde el punto de vista de la generación de imágenes.

El tema de satélites forma parte de los estudios de Ingeniería Electrónica, además este es un conocimiento de interés para todos y cada uno de los venezolanos. A la mayoría de las

La versión definitiva de este trabajo fue enviada el día 6-9-2017 con el número de 0043\_ART\_IICVTE\_vf.

A. Castillo es profesor asociado y jefe del Dpto Postgrado de la Universidad Politécnica de Aragua. correo e. andrescastillor@hotmail.com

Y. J. Melo es profesor agregado y jefe del Dpto Informática sede Maracay de la Universidad Politécnica Territorial de Aragua. correo e. ymelogq@mail.com

personas incluyendo a los estudiantes de telecomunicaciones les cuesta entender a cabalidad la ubicación de los satélites, su orientación en el espacio, sus movimientos orbitales, la orientación de las antenas, la orientación de los paneles solares, sus desplazamientos alrededor de un planeta que se desplaza entorno al Sol, que rota sobre sí mismo y que su eje de rotación forma un cierto ángulo con el plano de traslación. Desde el punto de vista de la enseñanza-aprendizaje, el software que se presenta cubre la necesidad de aprender de un sistema dinámico, muy complejo, donde cada elemento tiene movimientos propios y relativos, y donde la función de cada satélite, obliga a consideraciones de posiciones y movimientos específicos (geo-sincronización, helio-sincronización, etc.). El aprendizaje significativo está más allá de la memorización de nombres e identificación de elementos. Basados en imágenes estáticas, es muy difícil contestar preguntas tales como: ¿Qué pasa si el Satélite Miranda no gira sobre sí mismo? ¿Cuáles son las posiciones específicas de la Tierra, el satélite Simón Bolívar y el Sol, para que se registre un interferencia de la señal recibida debido a la radiación solar?, ¿porque cada momento implica un cambio de configuración de posiciones y orientaciones? Para el desarrollo del software se ha utilizado como recurso didáctico, una representación tridimensional del espacio en donde coexistan todos los elementos y en donde la posición y orientación de cada objeto responda a un modelo matemático que represente la realidad en alguna medida satisfactoria, cada elemento debe ser representado gráficamente y el usuario debe tener la capacidad de mover el punto de vista, para observar la parte que más le interese desde la posición más adecuada, además las visiones de conjunto y de detalle, requieren de la conveniencia de cambiar la velocidad con que transcurre el tiempo. Todo el software fue desarrollado en el lenguaje de programación Java y su biblioteca especializada Java3D.

De acuerdo a Delgado, referenciado por [2], un laboratorio virtual desde su concepción sistémica está integrado por cuatro componentes: el modelo matemático, que simula el comportamiento interno y los fenómenos físicos que intervienen; el de diseño informático, donde se implementan los distintos escenarios que se pueden presentar utilizando un lenguaje de programación; el de diseño gráfico para modelar a escala las instalaciones del laboratorio lo más cercano a la realidad posible, y el componente didáctico, en el cual se establecen las competencias y habilidades que debe tener el estudiante, para lograr un aprendizaje significativo.

## II. DESARROLLO

El presente trabajo de investigación tiene como Objetivo General: desarrollar un software como herramienta didáctica para el apoyo de la enseñanza de los temas satelitales, específicamente del satélite Simón Bolívar, en aspectos tales como sus antenas, posición y cobertura y del satélite Miranda en su trayectoria con respecto a la Tierra. Los objetivos específicos son los siguientes:

- 1) Diseñar el modelo matemático asociado a la investigación.
- 2) Diseñar la herramienta informática de acuerdo al modelo desarrollado.

- 3) Elaborar los componentes gráficos asociados a la herramienta.
- 4) Elaborar el componente didáctico que da apoyo a la herramienta.

### A. Descripción del Modelo

Para describir el sistema Sol-Tierra-Luna-Satélites artificiales en cuanto a movimiento y posiciones, se requiere fundamentalmente de la 2da ley de Kepler, que básicamente describe la trayectoria del movimiento de cada elemento (órbita), esta trayectoria es elíptica y de los parámetros que caracterizan su movimiento orbital. La bibliografía utilizada se referencian en [3], [4] y [5]. Simplificaciones:

- Se asume sólo dos movimientos para la Tierra: rotación y traslación.
- Se asume como centro de masas del sistema Tierra-Satélites, el centro de la Tierra.
- Se asume un solo tipo de movimiento para la Luna: el movimiento de traslación.
- Se asume para el Simón Bolívar, una órbita circular perfecta, con inclinación de 0° y posición orbital de 78° oeste.
- Se asume al Sol como esfera amarilla, sin rotación ni traslación y su centro geométrico como origen del sistema de coordenadas principal de la región del espacio que presenta el sistema.
- Las imágenes de los satélites Simón Bolívar y Miranda, son aproximadas.
- Aunque a lo interno del software se manejan las dimensiones exactas de las órbitas, los astros y de los satélites, para algunas vistas el programa cambia los tamaños de los astros y la excentricidad de las orbitas para destacar visualmente algún aspecto de interés.
- Se estudian sólo dos Satélites artificiales: el Simón Bolívar y el Satélite Miranda.
- Se le están dando a cada haz de iluminación de cada antena del satélite Simón Bolívar, una forma conica, resultando un footprint aproximadamente circular.

### B. Diseño Informático

El lenguaje de programación utilizado en el desarrollo de esta investigación es Java y complementado con la biblioteca Java3D para desarrollar gráficos tridimensionales; esta biblioteca no viene con el paquete de Java estándar. Aunque es con Java y Java3D que se concreta el software, la concepción del mismo es a través de diagramas que recogen los aspectos estructurales y de comportamiento del sistema a modelar. Se desarrollaron en esta sección los aspectos de diseño relacionados con: Java, Java3D, UML y Grafos de escena. En la parte gráfica 3D, se usa Java3D, la biblioteca de Java, para el manejo de escenas 3D y de objetos 3D. Con Java3D, viene asociado un grafo de escena, una herramienta gráfica, que modela la forma en que se articulan los diferentes objetos básicos entre sí y que informa de las posibilidades concretas de cada componente (geometría, apariencias, movilidad, relaciones con otros objetos). Es más natural, y conveniente, expresar estas relaciones con un grafo de escena que con UML. En resumen: se utilizaron diagramas UML para el modelado general y diagramas de escenas para la articulación 3D de los objetos gráficos.

### C. Diseño Gráfico

El software combina características de realidad virtual con realidad aumentada, ya que combina la representación de la región del espacio en donde coexisten el Sol, La Tierra, La Luna y los Satélites Simón Bolívar y Miranda, con elementos imaginarios como son las trayectorias orbitales, el eje de rotación de La Tierra, los meridianos y otros elementos. Lo anterior también se denomina realidad mixta en el contexto de la realidad virtual, los cuales son “sistemas de percepción” y “despliegue de escenas”, estos se ordenan por la naturaleza dominante del entorno utilizado por el sistema, estando los componentes que despliegan una escena real tal como la perciben en el extremo izquierdo, y el conjunto de elementos en donde toda percepción y despliegue es virtual en el extremo derecho [6].

La realidad aumentada se define como una variante de la realidad virtual la cual, en lugar de intentar suplantar toda la percepción que tiene el usuario sobre el mundo que le rodea con un entorno virtual, se dedica a complementar la percepción real del usuario con información virtual que se integra de alguna manera con dicha percepción [7].

### D. Componente Didáctico

Existe un gran número de estudios de psicología cognitiva que demuestran que las personas adquieren mejor el conocimiento haciendo cosas y reflexionando sobre las consecuencias de sus acciones que mirando o escuchando a alguien que les cuenta lo que deben aprender [7]. El software Sateliton II está diseñado para que el estudiante pueda auto-contestar sus interrogantes acerca del funcionamiento de los satélites. Cada pregunta de ese tipo obliga a fijar un punto de vista, una velocidad y que aparezcan o desaparezcan referencias tales como una órbita, un eje de rotación, un meridiano, etc. La respuesta a esta interrogantes devienen a aprendizajes significativos relacionados con el tema satelital. A continuación una lista de las posibles interrogantes que puede hacerse el estudiante:

- ¿Qué pasa si el satélite Simón Bolívar no gira sobre sí mismo, cuando se mueve alrededor de la tierra?
- ¿Qué pasa si el satélite Simón Bolívar se mueve a una velocidad mayor o menor que la velocidad angular de La Tierra?
- ¿Qué pasa si se cambia la posición que ocupa el satélite Simón Bolívar en el cinturón de Clark?
- ¿Qué pasa si el Satélite Miranda no gira sobre sí mismo?
- ¿Qué pasa si el satélite Miranda gira sobre sí mismo pero su cámara no apunta a la Tierra?
- ¿Qué pasa cuando pongo el punto de vista lejos del sol pero apunto hacia ese astro, que se observa?
- ¿Qué pasa cuando el satélite Simón Bolívar, la Tierra y el Sol se alinean?
- ¿Qué pasa si los paneles solares giran junto con el cuerpo del satélite?
- ¿Qué posición en el espacio y que movimientos deben tener los paneles del satélite Simón Bolívar para recibir la máxima carga de energía solar?



Fig 1. Pantalla de presentación de SATELITÓN II. Fuente Castillo-Melo (2015)

### III. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS

El software SATELITON II es el producto más importante obtenido del proyecto SATELITON que es un proyecto en pleno desarrollo que a su vez forma parte de un proyecto más grande de la UPT de Aragua: El proyecto de Laboratorios Virtuales. A continuación presentamos facetas relevantes del producto obtenido a través de una serie de imágenes que se corresponden con las diferentes pantallas e interfaces del software SATELITÓN II. La Figura 1 corresponde a la pantalla de presentación del software. Puede notarse que el logo pertenece a la Universidad Politécnica Territorial de Aragua.

La aplicación permite que el usuario elija el punto de vista deseado, ya sea para ver el sistema Sol-Tierra-Satélites, en perspectiva, en verdadero tamaño, en vista lateral, en vista acimutal, o para ver el sistema Tierra-satélites, o para ver la Tierra desde el satélite Simón Bolívar o desde el satélite Miranda, este menú se presenta en la figura 2

Se presentan dos imágenes del sistema Sol-Tierra-Satélites en perspectiva: (figura 3 ) y en vista lateral (figura 4). Además de los elementos naturales visibles (realidad virtual), se presentan elementos de la realidad aumentada (ejes, meridianos y paralelos y otros elementos) que no serían visibles en la realidad, pero que son muy útiles para informar, enseñar, resaltar, jerarquizar datos al usuario. Tome en cuenta que son imágenes de un sistema donde los elementos cambian de posición y orientación en el tiempo.

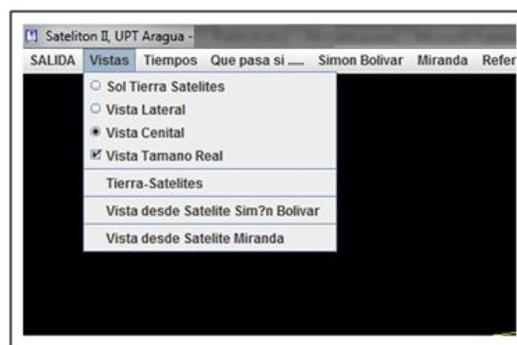


Fig 2. Menú de ajuste del punto de vista de observador. Fuente Castillo-Melo (2015)

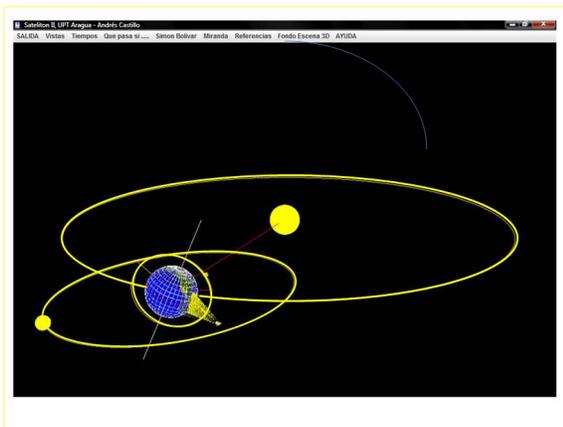


Fig 3. Vista en perspectiva del sistema Sol-Tierra-Satélites. Fuente Castillo-Melo (2015)

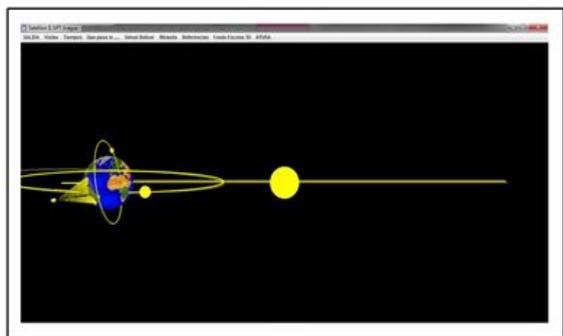


Fig 4. Vista lateral del Sistema Sol-Tierra-Satélites (con respecto al plano de la eclíptica) Fuente Castillo-Melo (2015)

En la figura 5, se presenta la Tierra, su satélite natural, la luna y los satélites Simón Bolívar y Miranda, en este caso información referencial como las líneas geográficas, las orbitas y otros elementos están presentes, pero pueden ser ocultados a voluntad del usuario. En esta imagen, se refleja que la aplicación es capaz de mostrar las posiciones y movimientos de los satélites Simón Bolívar y Miranda.

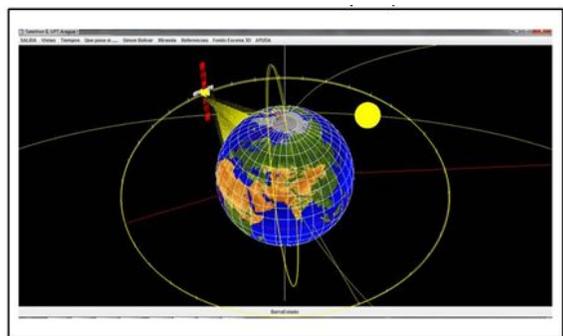


Fig 5. Vista en perspectiva del Sistema Tierra-Satélites Fuente Castillo-Melo (2015)

La imagen mostrada en la figura 6 permite captar como se ve la Tierra y otros elementos desde el satélite Simón Bolívar. Desde este punto de vista, la Tierra se ve inmóvil; este es un efecto del movimiento geo-sincronizado del satélite.

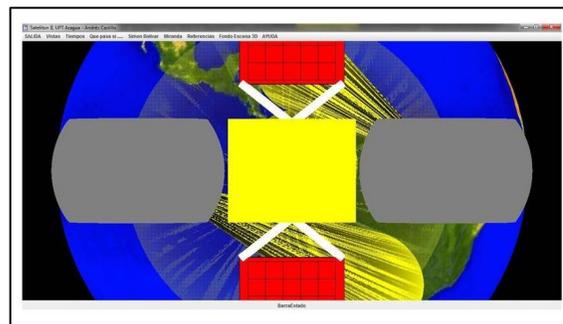


Fig 6. Vista de la Tierra desde el Simón Bolívar. Fuente Castillo-Melo (2015)

La imagen mostrada en la figura 7 posibilita visualizar a la Tierra y otros elementos desde el satélite Miranda. En pantalla se puede observar el cambio de posición del satélite de observación y que en cada vuelta pasa por sitios distintos.

La figura 8 demuestra que se puede cambiar el tamaño del satélite Simón Bolívar, para que se vea con facilidad las antenas del mismo, en número, tamaño, forma, orientación y detalles de los paneles.

La figura 9 es una composición de imágenes, donde aparece la tierra con y sin sus referencias (eje de rotación, meridiano, paralelo, ecuador, meridiano de Greenwich, cinturón de Clark etc). El usuario puede hacer visible a voluntad cada referencia de forma independiente.

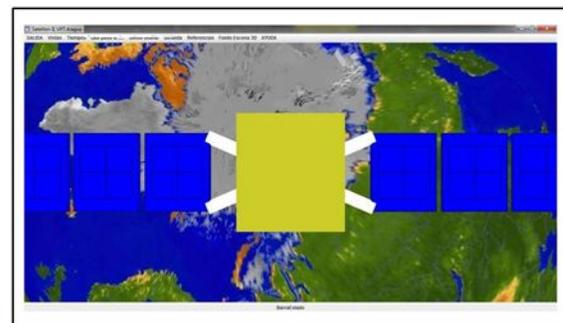


Fig 7. Vista de la Tierra desde el Simón Bolívar. Fuente Castillo-Melo (2015)

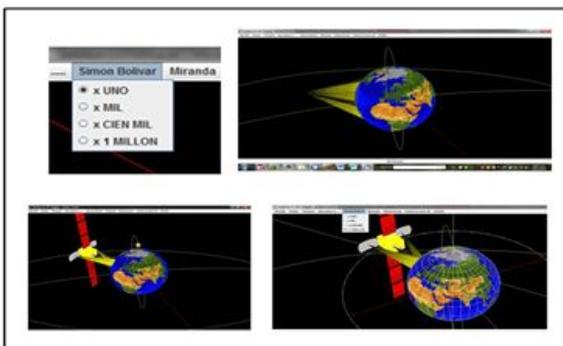


Fig 8. Menú e imágenes del ajuste del tamaño relativo del Satélite Simón Bolívar. Fuente Castillo-Melo (2015)

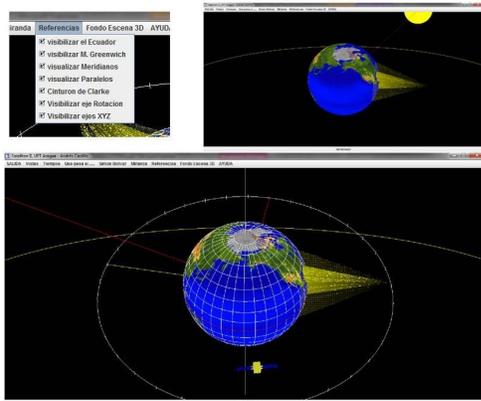


Fig 9. Menú e imágenes del ajuste de las líneas de referencia de la tierra. Fuente Castillo-Melo (2015)

La figura 10 presenta el menú de ajustes de visibilidad de las orbitas y sus imágenes correspondientes, se puede visibilizar o no, la órbita de La Tierra, de la Luna, de los satélites..

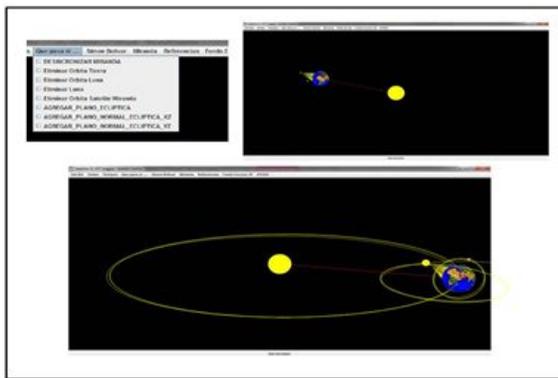


Fig 10. Menú e imágenes del ajuste de las líneas de referencia de la tierra. Fuente Castillo-Melo (2015)

La figura 11, muestra las opciones que puede ajustar el usuario, para escoger el valor de cambio del tiempo dentro de la aplicación. Según la posición que se elija habrá un ajuste apropiado, por ejemplo cuando se observa en perspectiva el sistema Sol-Tierra-satélites, es conveniente ajustar el intervalo de tiempo a días (o a días y 15 minutos) y cuando el punto de vista es desde el satélite Miranda, un intervalo de tiempo más conveniente es el 30 segundos.

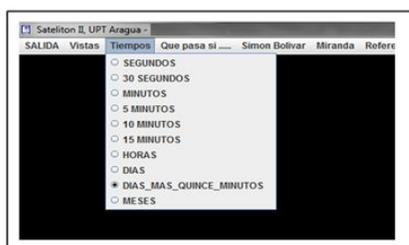


Fig 11. Menú de ajustes de progreso en el tiempo Fuente Castillo-Melo (2015)

#### IV. DESARROLLOS ADICIONALES

El laboratorio virtual de Telecomunicaciones y Electrónica que busca una integración e interacción entre los equipos de telecomunicaciones y electrónica ya desarrollados anteriormente, pero de manera aislada, en un mismo espacio virtual. Este proyecto ya se encuentra en su etapa final de desarrollo y podrá ser utilizado para complementar las prácticas de los estudiantes de estas áreas.

Otro desarrollo de interés es el Proyecto Maxwell 3D fase I, para el estudio de las ecuaciones de Maxwell en tercera dimensión, con este proyecto se obtuvo la representación tridimensional de vectores de posición, de fuerza y de campo eléctrico y los efectos de cargas eléctricas puntuales y las líneas de fuerza. En la fase II y III se desarrollarán los efectos de la distribución continua de cargas y los campos magnéticos.

En la actualidad se está desarrollando SATELITÓN II fase III, con este proyecto se busca mejorar y extender la aplicación para:

- Tomar en cuenta la iluminación del Sol, para determinar cuando entra el Simón Bolívar y el Miranda en las sombras de penumbra. Esto es importante, porque en el primer caso, el satélite depende únicamente de la energía solar almacenada y en el segundo caso el Miranda no puede captar imágenes útiles ni almacenar energía, ver figura 12 para las pruebas de iluminación de la Tierra y la textura de la Luna.
- Incluir los elementos internos de los satélites y la capacidad de hacer transparente las partes externas del mismo, para observarlo por dentro.
- Capacidad de giro de los paneles solares con respecto a la caja del satélite, para permitirle orientarse correcta y dinámicamente con respecto al Sol.
- Textura más realista de los elementos externos del satélite.
- Desarrollo de una estación terrena. Se utilizarán elementos desarrollados en otro proyecto: Laboratorio Virtual de Telecomunicaciones, tales como osciloscopios, analizador de espectros y otros.
- Control dinámico de las cámaras.
- Agregar el movimiento de precesión de la Tierra y ajustar la posición exacta de ocurrencia del equinoccio para determinar los momentos en que el satélite "eclipsa" al sol. Esto es importante porque es una posición donde la energía solar anula la señal satelital.
- Utilizar vectores, que son elementos obtenidos del proyecto Maxwell 3D, para la visualización de la dirección y sentido de los rayos solares.
- Utilizar un mecanismo para correlacionar la posición del satélite con la fecha del día.

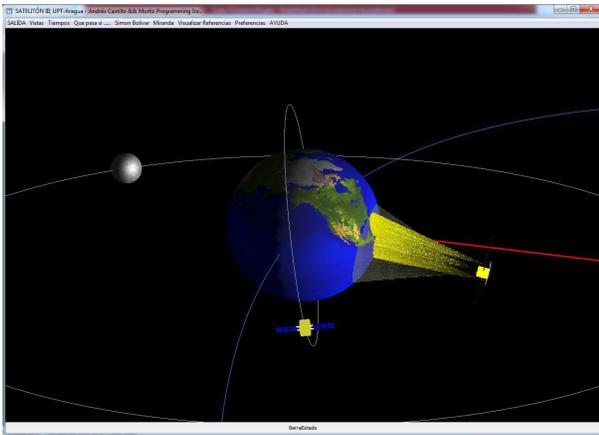


Fig 12. Imagen de la Tierra iluminada por el Sol

## V. CONCLUSIÓN

Con el desarrollo de la presente investigación se logró obtener y poner a disposición de los interesados, una herramienta de vinculación social con las comunidades en general y las comunidades educativas de todos los niveles de educación especialmente la universitaria, al suministrarle un instrumento interactivo y tridimensional, que los ayude en la comprensión de aspectos importantes de la tecnología satelital y de nuestros satélites Simón Bolívar y Miranda. SATELITON II es un software del tipo didáctico-técnico, que fue diseñado con la metodología para el desarrollo de un laboratorio virtual y por tanto cumple con las exigencias propias del mismo.

## REFERENCIAS

- [1] N. Perez Garcia, "Satélite simón bolívar nueva era de las telecomunicaciones," *Revista de Investigación*, no. 18, p. 4, 2009. [Online]. Available: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/27671>Español
- [2] H. Barrientos, D. Bracho, D. H. Delgado, and V. Gavidia, "Manual de diseño para la implementación de laboratorios virtuales., in 1eras jornadas internacionales de educación a distancia," in *1eras Jornadas Internacionales de Educación a Distancia.*, U. d. Zulia, Ed. Universidad del Zulia, Conference Proceedings, p. 7.
- [3] J. Meeus, *Astronomical Algorithms*, second edition ed., 1999.
- [4] A. N. Cox, *Allen's astrophysical quantities*. Springer, 2000. [Online]. Available: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2000asqu.book....C>
- [5] P. Moore and R. Rees, *Patrick Moore's Data Book of Astronomy*. Cambridge University Press, 2014.
- [6] S. Dormido Bencomo, "Control learning: present and future," *Annual Reviews in Control*, vol. 28, no. 1, p. 22, 2004. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367578804000148>
- [7] M. A. Astor R and A. V. Morales B., "Tutorial de realidad con detección de marcadores utilizando opencv," in *Taller del Evento Conferencia Computación, Informática y Sistemas (CoNSISa)*. Universidad de Carabobo, Conference Proceedings.



**Andres E. Castillo** nació en Caracas, Ing. Electricista Universidad de Carabobo. D.E.S.S Telecomunication et Reseaux, Université de Savoie. MSC Computación Aplicada Universidad de las Villas. Ha elaborado software de Cálculos de Cobertura de Radio, en Pascal y en Excel. En la actualidad desarrollando software Didáctico-Técnico en hojas de cálculo y en java 3D.



**Yngrid J. Melo** nació en Maracay, Ing. Sistemas. Universidad Bicentenario de Aragua. MSC En Educación mención Gerencia Educacional. UPEL. MSC Computación Aplicada. Universidad de Las Villas.