

CAPÍTULO 2: MANUAL DE USUARIO

VISTA RÁPIDA

Objetivos del programa

El objetivo principal del programa es mostrar de forma visual el movimiento de los cuerpos celestes, dependiendo solamente de la masa y de la velocidad que tengan. Y además mostrar las diferentes órbitas que puede realizar un objeto dependiendo del origen de coordenadas que se escoja.

Otro objetivo es la resolución de problemas típicos, cuando se estudia la ley de Gravitación de Newton.

Opciones de Menú

Vamos a explicar las distintas opciones según los distintos menús:

Menú Fichero

Nuevo: crea un nuevo entorno para la simulación de un nuevo sistema de cuerpos. El sistema se crea con cero cuerpos.

Abrir: Abre una simulación a partir de un fichero grabado en el disco.

Guardar: salva en disco la simulación actual.

Guardar Como: guarda en un fichero la simulación actual.

Imprimir: Imprime la gráfica de la simulación. Si la impresora es en color imprimirá con sus colores correspondientes, si la impresora es en blanco y negro los colores los pasará a una escala de grises.

Si algún objeto o rastro de objeto es blanco no se verá, o se imprimirá de forma muy clara si el color del objeto es claro.

Salir: salir de la aplicación.

Menú Vistas

2D: Visualiza la ventana de la simulación, donde se ven los distintos objetos que forman el sistema de simulación. En este caso, las componentes y de los vectores posición y velocidad no se usan, sólo las componentes x y z .

3D: Visualiza el sistema en tres dimensiones.

Gráficas →

Traslación: Visualiza la ventana de las gráficas de la velocidad y aceleración de los cuerpos.

Menú Objeto

Insertar: Inserta un nuevo objeto en el sistema. Para esto saldrá un diálogo donde se editarán los datos del objeto a insertar. La posición y velocidad será relativa al punto de origen que en ese momento esté seleccionado.

Modificar: Se abre un diálogo donde se muestran los datos del objeto activo. Así se pueden modificar los datos del objeto activo en ese momento.

Borrar: Borra el objeto del sistema que está activo.

Copiar: Copia los datos del objeto activo, en memoria, para una posterior acción de pegar.

Pegar: Crea un objeto celeste con los datos guardados en memoria del objeto copiado. Cuando se realice el pegado, se colocará el nuevo objeto en la misma posición que el objeto copiado, y lo inserta en el sistema de simulación.

Activo: Se abre un diálogo donde se muestran los distintos objetos que hay en el sistema. Seleccionando uno de la lista, estaremos seleccionando el objeto activo.

Menú Simulación

Ejecutar: Ejecuta o inicia la simulación de los cuerpos que forman el sistema.

Pausa: Para la simulación, pero al volver a la ejecución continúa desde donde se había parado.

Parar: Para la simulación, y los datos de los objetos del sistema vuelven a los valores iniciales.

Establecer Objetos Iniciales: Establece los objetos actuales del sistema como iniciales. Así cuando realizamos una simulación, y llegamos a un punto que nos interesa que sea siempre de inicio, ejecutaremos esta opción.

Menú Opciones

Simulación: En esta opción saldrá un diálogo de Propiedades de Simulación, donde se muestra el punto de origen de la simulación y el incremento de tiempo (h) que se está usando para realizar los cálculos de obtención de la órbita. Este incremento de tiempo se usa internamente en el método Runge-Kutta. De esta manera, para obtener órbitas más exactas, el incremento de tiempo h debe ser más pequeño.

Rastro: Esta opción del menú establece la propiedad de rastro a todos los objetos que hay en el sistema.

Ver Escalas: Permite ver y modificar las escalas usadas en la visualización de la simulación.

Menú del Objeto

Este menú se activa cuando se pulsa el botón derecho del ratón sobre un objeto, es decir, cuando el cursor del ratón se visualiza como una cruz. El menú tiene las siguientes acciones:

Borrar: Borra el objeto donde se ha abierto el menú.

Propiedades: Muestra un diálogo donde se pueden ver todos los datos del objeto celeste. Los datos se presentan en cajas de edición, con lo cual se pueden modificar.

Copiar: Copia los datos del objeto seleccionado en memoria para su posterior uso en una acción de pegar.

Pegar: Recoge los datos que hay en memoria de un objeto y lo inserta en el sistema de simulación.

Las Distintas Ventanas

Vamos a explicar como se opera con las distintas ventanas de que consta el programa. Todas ellas se abren a través del menú de opción Vistas.

De Simulación

En esta ventana es donde se desarrolla la visualización de las órbitas de los distintos objetos celestes. Para ver más de cerca el desarrollo de la generación de las órbitas, se puede pulsar el botón que hay justo debajo del menú y que es un lupa con el símbolo más (+). Esto hará que aumente el zoom. Para alejarse se pulsará el botón que contenga el símbolo de la lupa con el símbolo menos (-) dentro de ella. Pero al aumentar y disminuir el zoom, el posible rastro que hayan dejado los objetos se borrará.

De Visualización de Datos

Esta ventana se sitúa en la parte inferior de la aplicación, y en un principio, cuando se ejecuta la aplicación, permanece oculta. Se hace visible cuando el ratón cambia de cursor, que tiene la forma de una línea vertical con dos flechas que apuntan arriba y abajo, y se desplaza hacia arriba. En esta ventana se verán los datos del objeto que esté activo en ese momento. Estos datos son la posición y su módulo, la velocidad y su módulo, a la vez que su nombre.

De Gráficas de Velocidad y Aceleración

El funcionamiento de esta ventana es parecido al funcionamiento de la ventana de Energías, aunque en este caso hay dos ventanas. Arriba está la gráfica de la velocidad, y en la parte inferior está la gráfica de la aceleración sufrida por los objetos.

Entonces para ver las gráficas, se seleccionan los objetos en la lista y se pulsa Generar, aparecerá una línea en la gráfica, entonces se debe de variar la escala, o mejor dicho, se deberá disminuir la escala de la velocidad hasta conseguir ver las curvas de la velocidad. Si se quiere ver las curvas de la aceleración, se tendrá que modificar del mismo modo la escala de la aceleración.

GRABAR, CARGAR Y MODIFICAR UNA SIMULACIÓN

Grabar

Imaginemos que tenemos ya definida una simulación, es decir, ya hemos insertado los objetos celestes, las escalas son las adecuadas para ver la simulación, y los valores en la ventana *Propiedades de Simulación* son los deseados. Entonces, si no queremos perder estos datos una vez que nos salgamos del programa, podemos guardar esta simulación en un fichero. El proceso para guardarlo es muy fácil: se selecciona *Guardar Como* (si se selecciona guardar, y no hay ningún nombre definiendo la simulación, es igual como si se hubiese seleccionado la opción *Guardar Como*), se abrirá un diálogo donde se elegirá la ruta y el nombre el archivo. Una vez que se ha escrito el nombre, se pulsa guardar, y en ese momento ya se tendrá guardada una simulación en un fichero.

Cargar

Para cargar una simulación desde un fichero, nos iremos al menú Fichero y seleccionamos la opción Abrir. Nos aparecerá un diálogo de ficheros, donde podemos buscar a través de los directorios y encontrar el fichero deseado. Cuando le encontremos, seleccionamos con un click del ratón y pulsamos Abrir.

Modificar Parámetros

A continuación vamos a enumerar los distintos parámetros que se pueden modificar en la simulación.

Parámetros de Simulación

Los parámetros de simulación son el punto de origen y el incremento del tiempo para realizar los cálculos de generación de las órbitas.

El punto de origen puede tomar 3 valores:

Origen del sistema: Es el punto donde tienen como referencia todos los objetos.

Centro de masas: Es el punto de centro de masas del sistema.

Objeto celeste: El punto de origen es un cuerpo celeste, que es seleccionado mediante una lista.

El Incremento de Tiempo: Se puede dar este tiempo en un valor, a través de una caja de edición, y una unidad (segundos, horas, días...). Al cambiar de unidad, también cambiará el valor que haya en la caja de edición a su valor equivalente en la unidad elegida.

Parámetros de los Cuerpos

Los parámetros de los cuerpos son:

El nombre, el radio, la posición, la velocidad. Los valores de estos parámetros se dan por medio de una ventana de diálogo como se muestra a continuación.

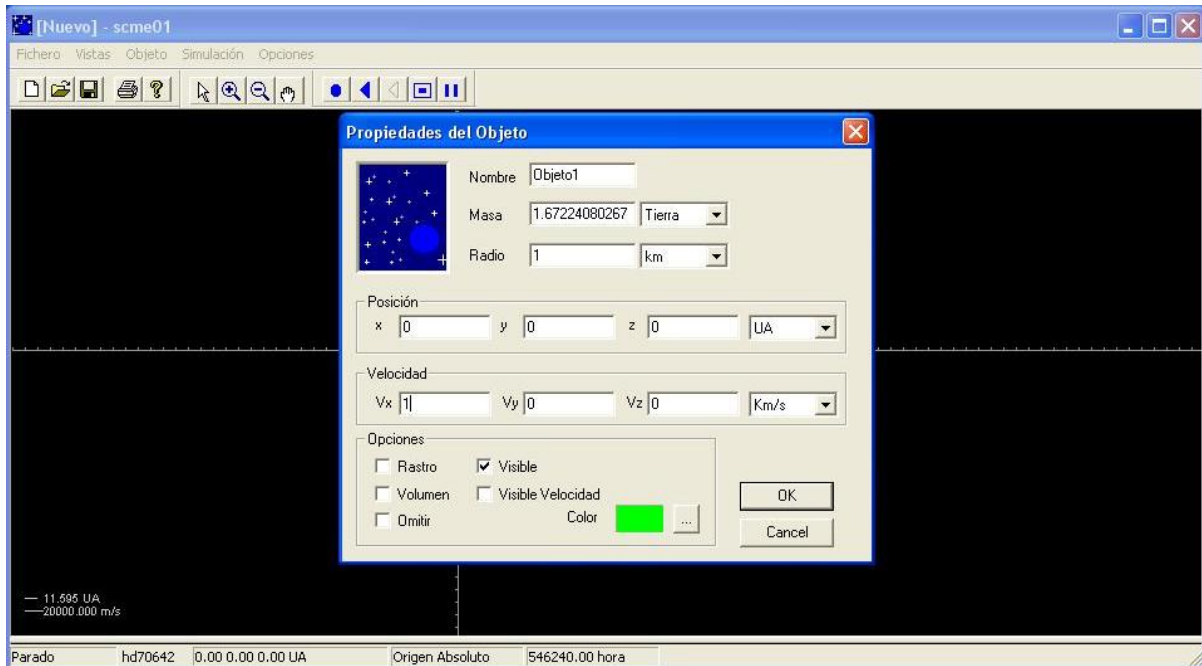


Figura 4

Parámetros de Visualización

Los parámetros de visualización de los Objetos son:

Rastro: si está activo, el programa no borra en la ventana 2D la posición anterior del objeto, permitiendo visualizar el rastro dejado por el objeto.

Volumen: si está activo, el objeto se dibujará como un círculo, cuyo radio será el radio del objeto celeste.

Este círculo será más o menos grande según la escala elegida en el diálogo *Escalas*. Puede ser que el radio sea tan pequeño o la escala tan grande que el círculo dibujado sea un punto en la pantalla.

Omitir: Cuando esta opción está activa, el objeto no se toma en consideración a la hora de realizar la simulación. Es decir, es como si los demás objetos no estuviesen influidos por la fuerza gravitacional de este objeto.

Visible: Si está activo, el objeto se dibuja en pantalla, si no lo está el objeto no se verá en pantalla. Pero aunque no sea visible, este cuerpo sí ejercerá una fuerza de atracción sobre los demás objetos del sistema.

Visible Velocidad: Si está activo, la velocidad del objeto será visible, y se representará con respecto al sistema de origen. El vector velocidad dibujado en pantalla, estará a un escala que puede ser modificable desde el diálogo Escalas.

Color: Color del objeto.

Parámetros de Escala

Los siguientes son los parámetros de escala modificables a partir del diálogo *Escalas*:

Tiempo: Es la escala usada en la barra de estado para visualizar el tiempo que va transcurriendo en la simulación. Se puede elegir la unidad a visualizar (segundos, minutos, días...); de esta forma según la escala elegida se comprende mejor el tiempo que está transcurriendo o que ha transcurrido.

Espacio: Es la escala usada para dibujar los objetos en pantalla. El valor que se da en la caja de edición con la unidad elegida es equivalente a un pixel en pantalla.

Velocidad: Es la escala utilizada para dibujar el vector velocidad de los objetos celestes.



Figura 5

INTERACCIÓN 2D Y 3D

Ventana 2D

La interacción con la ventana 2D se realiza casi exclusivamente con el ratón. Pero primero debemos abrir esta ventana. Para esto, nos vamos al menú Vistas, y elegimos la opción 2D. Se abrirá una ventana donde se nos mostrará el sistema en 2 dimensiones. Como los cuerpos poseen 3 coordenadas, solamente se usarán dos de estas tres coordenadas para la representación en 2 dimensiones. Las coordenadas que se usan, son las coordenadas X y Z. Para las componentes de la velocidad serán V_x y V_z .

Vamos a ver las posibles acciones que podemos realizar con los objetos:

Seleccionar: Colocamos el cursor del ratón sobre un objeto; dicho cursor cambiará a la forma de cruz. Luego se pulsa el botón izquierdo del ratón. Automáticamente se actualizará la ventana de Visualización de Datos y se mostrarán los datos del objeto seleccionado.

Modificar Posición: Como antes, colocamos el cursor sobre el objeto deseado. Entonces pulsamos el botón izquierdo del ratón y moviendo éste, el objeto se moverá con él (el botón izquierdo hay que mantenerlo pulsado). Cuando queramos dejar el objeto en una posición que nos interesa, soltamos el botón izquierdo.

Modificar Velocidad: Para modificar la velocidad es preciso que la velocidad sea visible en la ventana (más información en menú del objeto). Se coloca el cursor sobre el extremo del vector velocidad. Y cambiará a:



Pulsando el botón izquierdo del ratón, podremos mover este vector velocidad. Mientras se están modificando los valores que adquiere, se van reflejando en la Ventana de Visualización de Datos.

Borrar: Como antes, el cursor sobre el objeto, y pulsando el botón derecho del ratón, nos aparecerá un menú. Para borrar el objeto pulsamos en la opción Borrar.

Ver Propiedades: El cursor sobre el objeto, y pulsando el botón derecho, elegimos en el menú, la opción Propiedades. Veremos que aparece un diálogo con los datos del objeto.

Copiar: El cursor sobre el objeto, y pulsando el botón derecho, elegimos en el menú la opción Copiar. Esta opción copia internamente el objeto. Así, en otra acción de pegar, se pegará este objeto que hemos copiado.

Pegar: Pega el objeto que esté guardado internamente por la acción *Copiar*

Mover Sistema de Origen: Para mover el sistema de origen, el cursor debe de tener la forma.



Este cursor se establece pulsando un botón en una toolbar del programa donde aparece el símbolo anterior. Una vez hecho esto, pulsando el botón izquierdo del ratón (y manteniéndolo pulsado) moveremos el origen de coordenadas. Cuando el origen de coordenadas esté situado en una posición que nos interesa, soltaremos el botón izquierdo.

Visualizar Distancias: Con la tecla Ctrl, haciendo click en un objeto celeste y arrastrando el ratón, todo ello con el botón izquierdo del ratón pulsado, se podrá visualizar un círculo y el radio de este círculo en las unidades que estén activas en el diálogo de escalas (Figura 6).

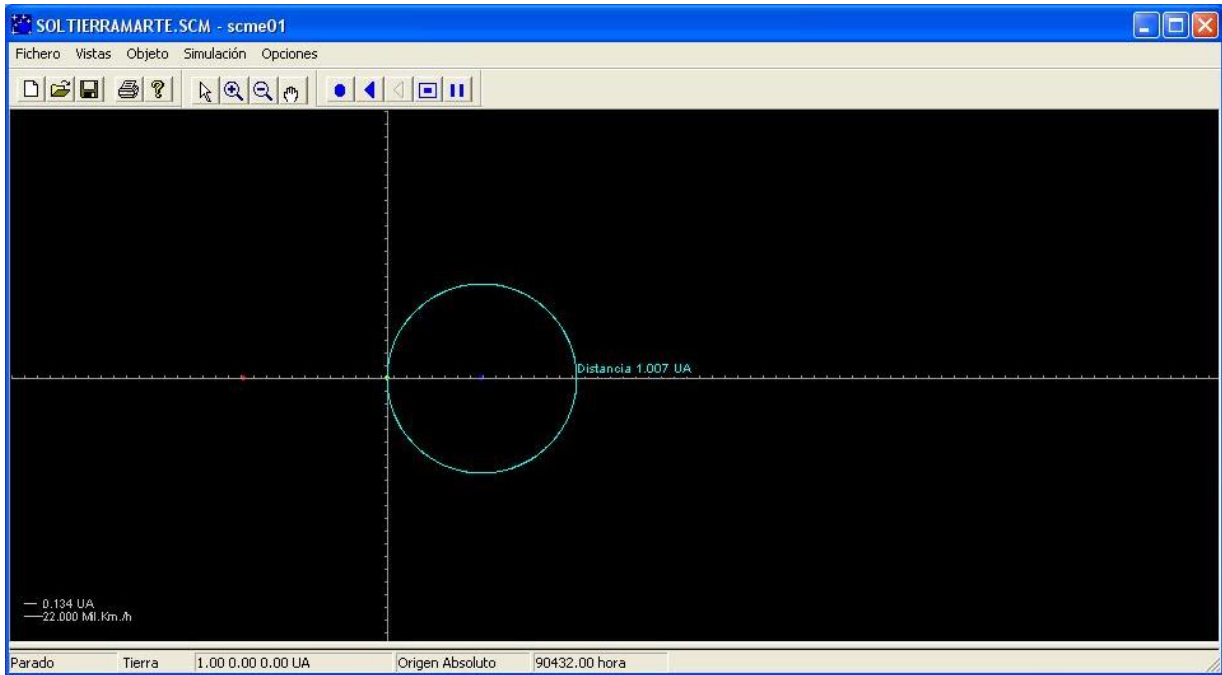


Figura 6

Ventana 3D

La interacción con la ventana en 3D, es algo diferente de la ventana en 2D. Veamos a continuación como se interactúa con esta ventana.

Seleccionar: Se realiza de la misma manera que en la ventana en 2D. Cuando el cursor del ratón está sobre algunos de los cuerpos del sistema, éste cambia a forma de cruz. Estando en forma de cruz y pulsado el botón izquierdo del ratón se seleccionará el cuerpo sobre el que esté.

El cuerpo seleccionado aparecerá inscrito en un cubo. Dependiendo si se está visualizando con volumen o no, este cubo estará ajustado al volumen del cuerpo o al punto que se ve en pantalla si no tiene activado la propiedad de volumen, respectivamente.

Moverse: Para moverse en la ventana 3D se utilizan las siguientes teclas:

Cursor Derecha: Desplaza la cámara hacia la derecha.

Cursor Izquierda: Desplaza la cámara hacia la izquierda.

Cursor Arriba: Desplaza la cámara hacia arriba.

Cursor Abajo: Desplaza la cámara hacia abajo.

Cursor Re Pág: Desplaza la cámara hacia el fondo de la pantalla.

Cursor Av Pág: Desplaza la cámara hacia fuera de la pantalla.

Para rotar la cámara en su eje Y:

Shift + Cursor Izquierda: Rota la cámara hacia la izquierda.

Shift + Cursor Derecha: Rota la cámara hacia la derecha.

Para rotar el mundo sobre su eje Y.

Ctrl + Cursor Izquierda: rota el sistema de coordenadas hacia la izquierda.

Ctrl + Cursor Derecha: rota el sistema de coordenadas hacia la derecha.

Para rotar el mundo sobre su eje X.

Ctrl+ Cursor Arriba: rota el sistema de coordenadas hacia arriba.

Ctrl+ Cursor Abajo: rota el sistema de coordenadas hacia abajo.

Modificar Posición: Hay dos formas de modificar la posición del un objeto. Por medio del ratón y por medio del teclado:

- Por medio del ratón: Hacemos click sobre el objeto a mover y, manteniendo pulsado el ratón, lo movemos. Veremos como el cuerpo se mueve con el cursor. De esta manera, el objeto se moverá sólo sobre el plano X-Y. Para mover el objeto a lo largo del eje Z, se pulsa la tecla Shift.

- Por medio del teclado: Hacemos click sobre el objeto a mover, es decir seleccionamos el objeto, y con los cursores del teclado podemos mover el objeto en las direcciones X,Y y Z, de la siguiente manera:

Alt + Cursor Arriba: mueve el objeto en sentido positivo del eje Y

Alt + Cursor Abajo: mueve el objeto en sentido negativo del eje Y

Alt + Cursor Derecha: mueve el objeto en sentido positivo del eje X

Alt + Cursor Izquierda: mueve el objeto en sentido negativo del eje X

Alt + Cursor Re.Pág: mueve el objeto en sentido negativo del eje Z

Alt + Cursor Av.Pág: mueve el objeto en sentido positivo del eje Z

Para terminar de modificar la posición de un objeto mediante el teclado se deberá pulsar la tecla ESC.

Es posible, que algunas veces, cuando queremos modificar la posición de algún objeto, y pulsamos Alt+cursor derecha, el objeto se desplace hacia la izquierda de la pantalla, mientras que lo que queremos es desplazarlo hacia la derecha de la pantalla. En este caso, lo estamos desplazando hacia la derecha, pero hacia la derecha dentro del sistema de referencia del sistema, no de la cámara. Para resolver esto, pulsaremos Alt + cursor izquierda.

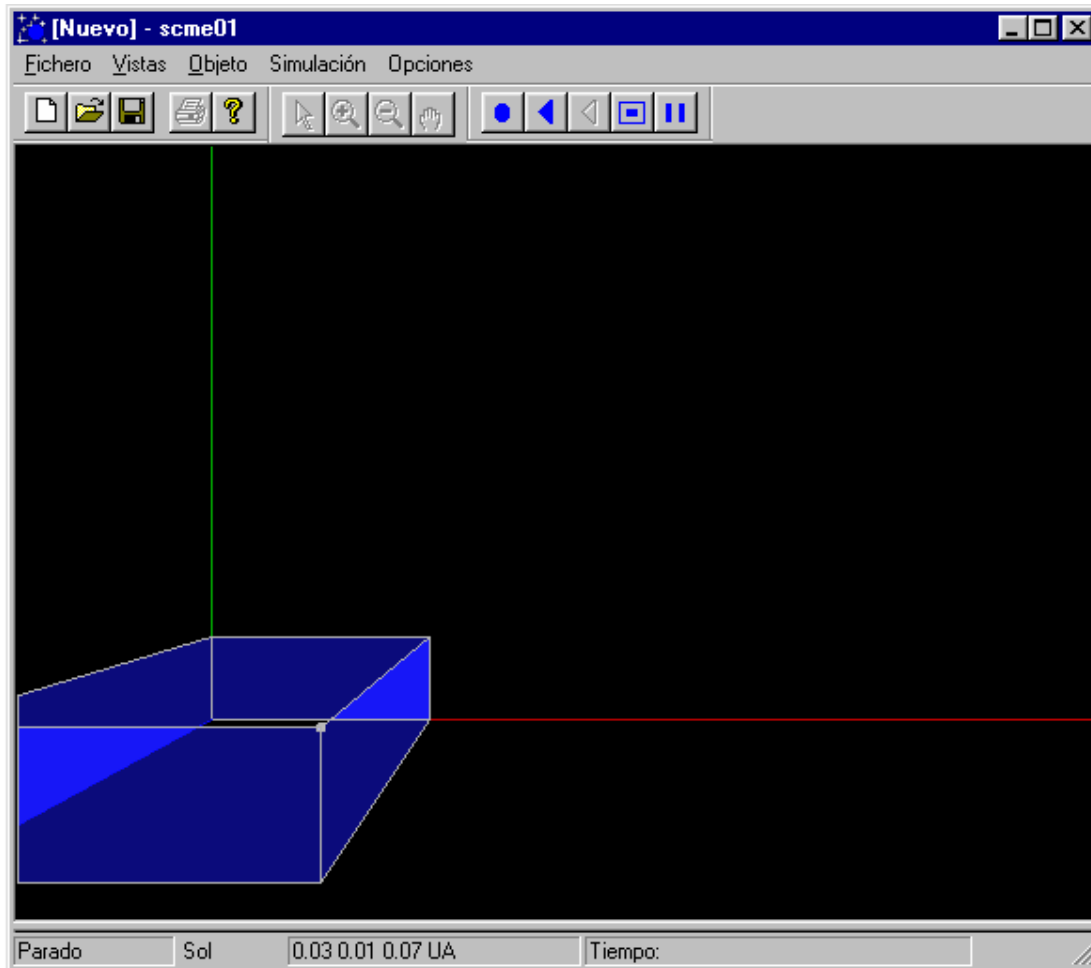


Figura 7

Modificar Velocidad: Al igual que en posición, hay dos formas de modificar la velocidad, con el ratón o mediante el teclado.

- Por medio del ratón: Hacemos click sobre el vector velocidad que queramos modificar, y según movamos el cursor, se moverá el vector velocidad. Con la tecla Shift, el vector velocidad sólo variará su componente Z, y si no variarán las componentes X e Y, es decir, V_x y V_y .
- Por medio del teclado: Seleccionamos primero con el ratón, haciendo click, sobre el vector velocidad a modificar. Y después pulsando Alt y los cursores del teclado modificamos sus valores:

Alt + Cursor Arriba: aumenta la velocidad en sentido positivo del eje V_y

Alt + Cursor Abajo: disminuye la velocidad en sentido negativo del eje V_y

Alt + Cursor Derecha: aumenta la velocidad en sentido positivo del eje V_x

Alt + Cursor Izquierda: disminuye la velocidad en sentido negativo del eje V_x

Alt + Cursor Re.Pág: aumenta la velocidad en sentido negativo del eje V_z

Alt + Cursor Av.Pág: disminuye la velocidad en sentido positivo del eje V_z

Para terminar de modificar la velocidad de un objeto mediante el teclado se deberá pulsar la tecla ESC.

Los incrementos usados para modificar la velocidad serán igual a la escala velocidad que se halla en el diálogo Escalas.

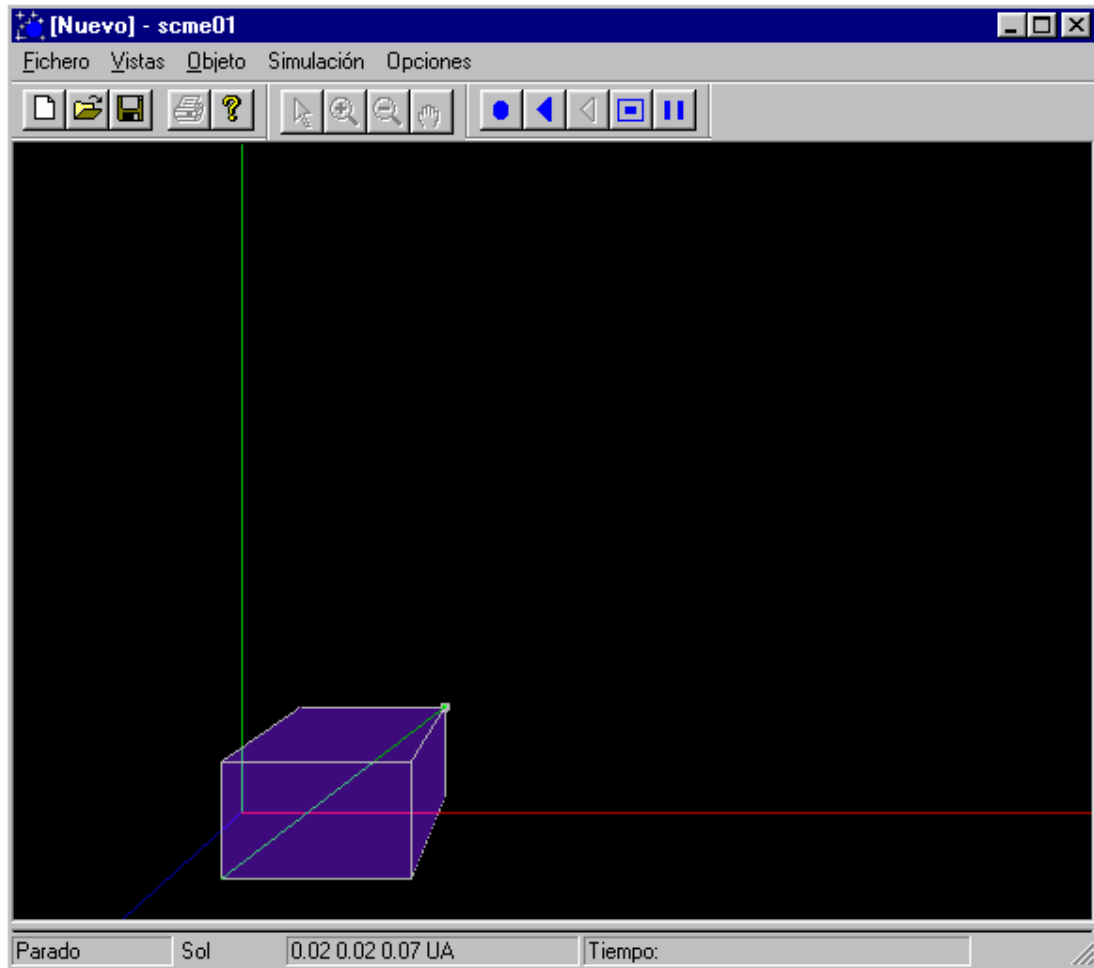


Figura 8

Borrar: Como antes, el cursor sobre el objeto, y pulsando el botón derecho del ratón, nos aparecerá un menú. Para borrar el objeto pulsamos en la opción Borrar.

Ver Propiedades: El cursor sobre el objeto, y pulsando el botón derecho, elegimos en el menú, la opción Propiedades. Veremos que aparece un diálogo con los datos del objeto.

Copiar: El cursor sobre el objeto, y pulsando el botón derecho, elegimos en el menú la opción Copiar. Esta opción copia internamente el objeto.

Pegar: Pega el objeto que esté guardado internamente.

Visualizar Distancias: Con la tecla Ctrl y haciendo click en un objeto celeste y arrastrando el ratón, todo ello con el botón izquierdo del ratón pulsado, se podrá visualizar un círculo y el radio de este círculo. Las unidades serán las que estén activas en el diálogo de escalas.

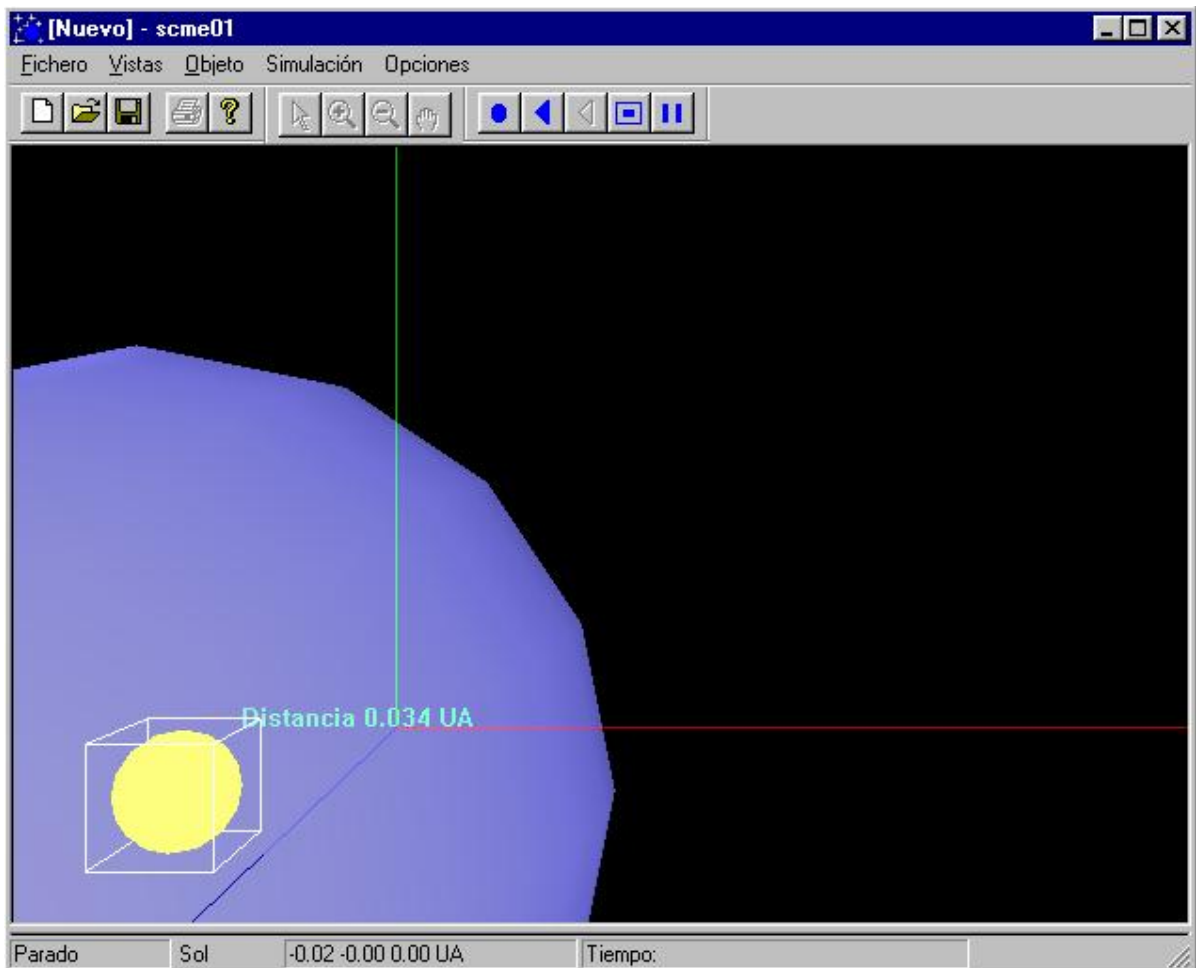


Figura 9

Gráficas

Las ventanas de las gráficas permiten ver la gráfica de la translación (velocidad y aceleración). Para acceder a esta ventana, se pulsa el menú *Vistas*, y después en la opción *Gráficas*, en la cual aparecerá la opción *Translación*. La seleccionamos, y se mostrará la ventana de la figura 10.

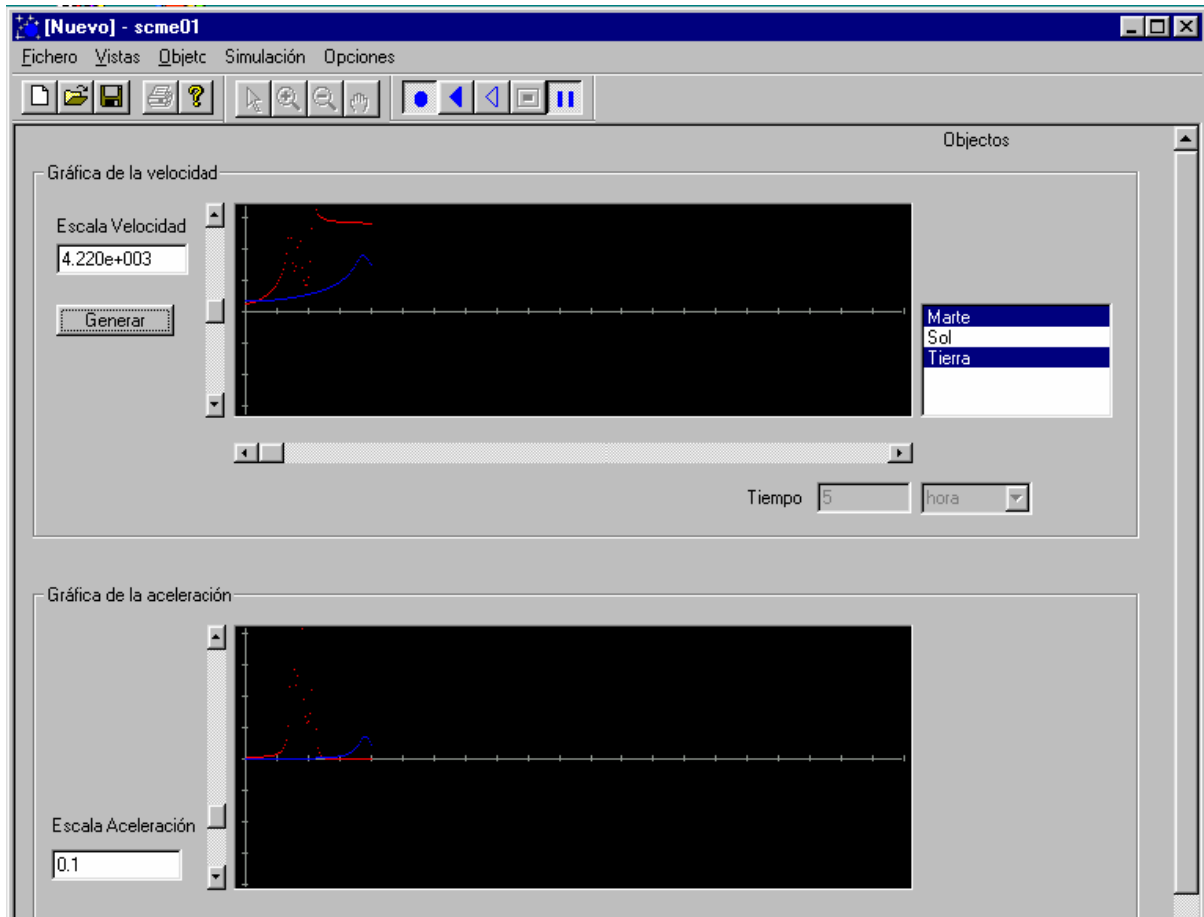


Figura 10

La ventana de la figura 10 muestra la gráfica de la velocidad y aceleración que tienen los cuerpos Marte y Tierra. Es decir, sólo muestra los valores de los cuerpos que están seleccionados en la parte derecha

de la ventana. El color de las gráficas corresponderá con el mismo color de los objetos. Así, como la Tierra tiene el color azul, su gráfica se representa en azul.

Las Escalas Velocidad y Aceleración son utilizadas para representar la gráfica, es decir, los valores de la velocidad y aceleración de los cuerpos son escalados por los mostrados en las cajas de edición Escala Velocidad y Escala Aceleración. Debido a que hay valores muy grandes (del orden de potencias de 10), se establece en un principio cuando se pulsa el botón *Generar*, una escala para que todos los valores puedan aparecer en la gráfica. ¿Cómo se determinan estas escalas? al pulsar el botón *Generar*, la gráfica aparecerá a lo largo del eje X. Esto es debido a que la escala usada es el valor máximo que se ha encontrado en los valores para representar la gráfica. Para ver mejor la gráfica iremos reduciendo la escala editando su valor.

Después de cambiar el valor de la escala debemos de pulsar la tecla tabulador, así se actualizará la gráfica con la nueva escala.

En el ejemplo de arriba (figura 10), vemos que la Escala Aceleración es de 0.1, para ver mejor los detalles de la gráfica podemos reducirla a 0.05.

Cuando pasamos el cursor del ratón por encima de la gráfica nos aparecerán en la parte superior izquierda los valores x e y de la gráfica donde está colocado el cursor.

EJECUTAR

Pasos a seguir

Para desarrollar un simulación basta con ir a la opción de menú Simulación y seleccionar la opción de Ejecutar. Entonces todos los cuerpos empezarán a moverse en la pantalla. Si alguno tiene la propiedad de rastro activa, irá dibujando la órbita que describe. Otra manera de empezar la simulación es pulsando el botón Play. Para parar la simulación se selecciona el menú de Simulación y se elige la opción Parar. Esto hará que los objetos que intervienen en la simulación vuelvan a sus valores iniciales. Si solamente queremos parar un momento la simulación y seguir con ella, debemos pulsar el botón de Pausa (representado por dos barras paralelas verticales). Así, podemos ver los datos que tienen los objetos celestes en ese momento, o también la distancia que hay entre uno y otro objeto. Para esto último, se pulsa la tecla Ctrl y haciendo click con el botón izquierdo del ratón seleccionamos el objeto que nos interesa saber a qué distancia está de los demás, luego desplazando el ratón hasta otro objeto, nos dibujará una circunferencia, donde el radio es la distancia que hay del cursor del ratón al objeto seleccionado primeramente. Arriba del cursor del ratón se mostrará el radio actual dibujado. En todo este proceso la tecla Ctrl debe de estar pulsada.

Modos de Ejecución

En la ejecución de la simulación hay dos modos de operar, uno es sin grabar los datos y otro es grabando. El pasar de un modo a otro se realiza con el botón de grabar (figura 11). Si no está pulsado estamos en modo sin grabar, si está pulsado, estamos en modo grabando.



Figura 11

Sin Grabar

Cuando estamos en este modo, no se graban los datos generados en la simulación, como, por ejemplo, la posición y velocidad de un cuerpo determinado en un instante t . Al no grabar los datos, no podemos dibujar las gráficas de Energía y Traslación.

Grabando

Todos los datos generados en la simulación se guardarán para hacer posible la representación gráfica de la translación. Los datos grabados se perderán cuando se pulse otra vez Play o Ejecutar. Sin embargo, cuando pulsamos el botón Pause, no se perderán estos datos grabados previamente.

Acciones

Cuando está parado o en pausa, se pueden realizar distintas acciones sobre los objetos, como moverlos de un sitio a otro, variar su velocidad, mover el origen de coordenadas o ejecutar la simulación paso a paso, entre otras acciones. Para mover los objetos de un lugar a otro, sólo tenemos que colocar el ratón sobre un objeto (entonces el cursor cambiará a una forma de cruz), y manteniéndolo pulsado movemos el objeto hasta la

posición deseada. Para variar la velocidad del objeto es preciso que el objeto tenga la propiedad de Visible Velocidad activa. Así podemos ver en pantalla el vector velocidad del objeto. Entonces, una vez que estemos viendo el vector velocidad en pantalla, colocamos el cursor del ratón sobre el extremo del vector, hasta que cambie el cursor a una representación del eje de coordenadas junto con un vector. Luego pulsando el botón izquierdo del ratón, y manteniéndolo pulsado, movemos el vector velocidad al valor deseado, entonces soltamos el botón izquierdo y el cuerpo adquirirá dicha velocidad. Para mover el origen de coordenadas pulsamos el botón representado por una mano, entonces el cursor del ratón cambiará a una mano. Si pulsamos ahora el botón izquierdo del ratón y lo movemos manteniéndolo pulsado, estaremos moviendo el origen de coordenadas en la pantalla.

Si ejecutamos la simulación paso a paso, se calcula la siguiente posición de los objetos en una sola iteración, con un incremento de tiempo igual al mostrado en el diálogo *Propiedades Simulación*. Por ejemplo, si Incremento de Tiempo es igual a 1 hora, al pulsar el botón Paso a Paso (figura 12), se calcularán las posiciones y velocidades que tendrán los objetos pasadas una hora



Figura 12

Origen de la Simulación

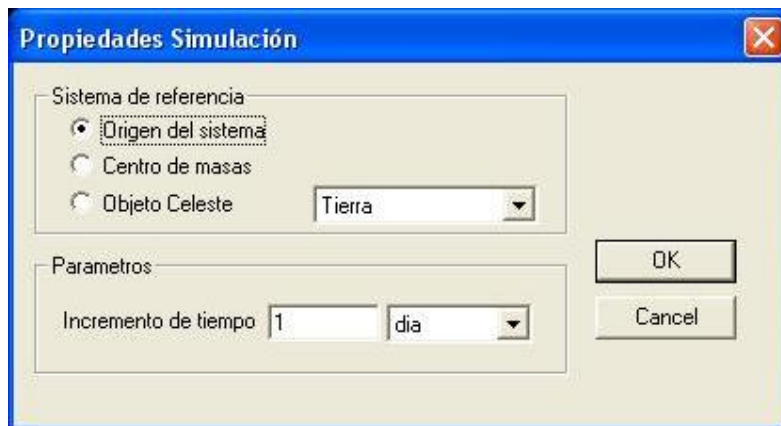


Figura 13

En la ventana de *Propiedades de Simulación*, se pueden elegir entre tres puntos de referencia de la simulación. Veamos cada punto de origen:

- La opción *Origen de Sistema*, significa que el origen es absoluto, está referenciado al sistema de coordenadas que se muestra.
- El origen *Centro de Masas* toma como referencia el centro de masas del sistema. Cuando se elige esta referencia, todos los datos de posición y velocidad, se mostrarán en relación con la posición y velocidad del Centro de Masas.
- El origen *Objeto Celeste*, toma como referencia el cuerpo elegido en la lista. Este opción es interesante ya que si elegimos el objeto Tierra como origen, se muestra las epicicloides de Tolomeo (figura 14)

Por ejemplo, si tenemos el sistema solar cargado y tomamos como referencia el origen del sistema, el Sol no tendrá velocidad y la Tierra tendrá cierta velocidad. Ahora si establecemos la Tierra como origen, el Sol tendrá una velocidad relativa a la Tierra y la Tierra tendrá una velocidad nula.

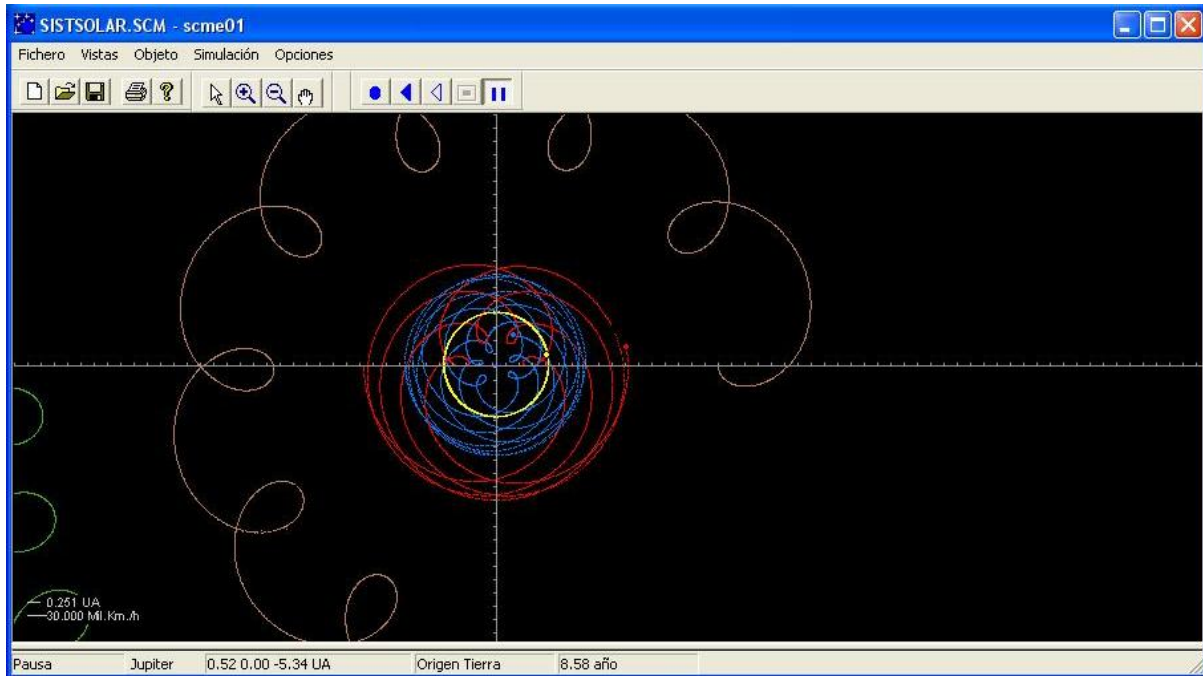


Figura 14