

Integrate and Fire Systems Windows/C++ 1.0

Integrate and Fire Systems es un software interactivo que tiene por objetivo realizar en forma amigable para el usuario el análisis de sistemas dinámicos en la circunferencia, los cuales son generados a partir de los disparos determinados por las soluciones de alguna ecuación diferencial de primer orden sujeta a un forzamiento periódico y un umbral de disparos constante y normalizado a 1. El sistema usa sus propios métodos numéricos y algoritmos para resolver estas ecuaciones diferenciales y hallar las sucesiones de tiempos y fases de disparos.

Integrate and Fire Systems corre bajo sistemas operativos Windows 3.1 o superiores con los siguientes requerimientos mínimos de hardware y de software:

- Procesador 386 con coprocesador matemático
- 4 MB de memoria RAM
- Sistema operativo Windows 95

El programa se compone de una **Ventana Maestra**, que es la que controla a las demás ventanas del sistema, que hemos llamado **Escenarios Gráficos**.

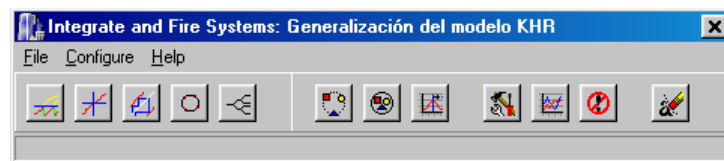
Los Escenarios Gráficos de esta versión son:

1. **Integral Curves Scenery**
2. **Lifts Scenery**
3. **Torus Scenery**
4. **Circle Scenery**
5. **Bifurcations Scenery**

Cada uno de estos Escenarios Gráficos permite analizar la dinámica de los sistemas desde un punto de vista diferente.

A continuación se describen las opciones de la Ventana Maestra y de los Escenarios gráficos

Ventana Maestra



Al iniciar el programa **Integrate and Fire Systems** se presenta la Ventana Maestra. Desde esta ventana se activan los demás Escenarios Gráficos de **Integrate and Fire Systems**. La Ventana Maestra se compone de cuatro partes:

1. **Conjunto de Menús**
2. **Conjunto de Iconos de Escenarios**
3. **Conjunto de Iconos de Acción**
4. **Icono de Configuración**

que serán descritas a continuación.

1. **Conjunto de Menús:** Contiene opciones que serán aplicadas en todos los escenarios del programa. Este se compone de tres menús

Menú **File**

Menú **Configure**

Menú **Help**

con opciones que serán descritas a continuación.

Menú File: Este menú tiene la única opción:

Exit Ctrl-X: El programa **Integrate and Fire Systems** se cerrará al aplicar esta opción. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y X.

Menú Configure: Aquí se realiza la configuración global para los cálculos de todos los escenarios. Este menú tiene las siguientes opciones:

Numerical Method: Permite configurar el método numérico que será empleado para calcular las soluciones de la ecuación diferencial que genera el sistema dinámico en la circunferencia.

Numerical Method: El usuario puede seleccionar el método numérico que le parezca más adecuado de entre una lista de métodos disponibles en el programa para resolver la ecuación diferencial.

Integration Step: Selecciona la longitud de paso para ser empleada en el método numérico para resolver la ecuación diferencial.

Maximum Firing Time: Cota para la longitud máxima del intervalo durante el cual se efectuará el cálculo de las soluciones de una ecuación integral antes de que se efectúe un disparo.

Rotation Number: Muestra las opciones para configurar el cálculo del número de rotación.

N: Número de iteraciones para calcular el número de rotación.

Random Initial Condition: Este es un botón que en caso de estar activado hace que el programa elija una condición inicial aleatoria cada vez que se calcule el número de rotación. En caso de que esta opción esté desactivada, hay un valor asignado por omisión, pero que el usuario puede editar. En este último caso, esa condición será utilizada para los cálculos posteriores.

Initial Condition: Esta es una caja de lectura de datos que permite seleccionar un número real entre 0 y 1, que se usará para hacer los cálculos posteriores como condición inicial en caso de que la opción *Random Initial Condition* esté desactivada.

Synchronization: Muestra las opciones para configurar el cálculo de sincronizaciones.

Transient Length: Permite elegir el número de iteraciones o transitorio que será efectuado antes de comenzar a buscar una órbita periódica atractora en la circunferencia.

Maximum Period: Asigna el período máximo o el número máximo de iteraciones por ciclo para encontrar una órbita periódica en la circunferencia.

Maximum Number of Cycles: Asigna el número de intentos o ciclos para localizar una órbita periódica en la circunferencia.

Tolerance: Asigna la tolerancia para concluir que una semiórbita converge o está suficientemente cercana a alguna órbita periódica en la circunferencia.

Random Initial Condition: Este es un botón que en caso de estar activado hace que el programa elija una condición inicial aleatoria en la circunferencia cada vez que se calcule la sincronización. En caso de que esta opción esté desactivada, hay un valor asignado por omisión, pero que

el usuario puede editar. En este último caso, esa condición será utilizada para los cálculos posteriores.

Initial Condition: Esta es una caja de lectura de datos que permite seleccionar un número real entre 0 y 1, que se usará siempre como condición inicial en la circunferencia en caso de que la opción *Random Initial Condition* esté desactivada.

Lyapunov Number: Muestra las opciones para configurar el cálculo de los exponentes de Lyapunov.

Minimum Number of Iterations: Mínimo número de iteraciones para calcular el exponente de Lyapunov.

Maximum Number of Iterations: Máximo número de iteraciones para calcular el exponente de Lyapunov.

Epsilon: Número asignado para detectar la convergencia al número de Lyapunov, mediante el criterio de que el valor absoluto de la diferencia entre dos sumas parciales consecutivas sea muy pequeño.

Random Initial Condition: Este es un botón que en caso de estar activado hace que el programa elija una condición inicial aleatoria en la circunferencia cada vez que se calcule el exponente de Lyapunov. En caso de que esta opción esté desactivada, hay un valor asignado por omisión, pero que el usuario puede editar. En este último caso, esa condición será utilizada para los cálculos posteriores.

Initial Condition: Caja de lectura de datos que permite seleccionar un número real entre 0 y 1, que se usará siempre como condición inicial en la circunferencia en caso de que la opción *Random Initial Condition* esté desactivada.

Menú **Help:** Permite seleccionar el tema de ayuda. Los temas se describen a continuación:

General: Presenta la pantalla de ayuda general del programa Integrate and Fire Systems.

Bifurcations: Presenta una pantalla que describe el Escenario de bifurcaciones.

Circle: Presenta una pantalla que describe el Escenario de la circunferencia.

Torus: Presenta una pantalla que describe el Escenario del toro plano.

Integral Curves: Presenta la pantalla que describe el Escenario de las curvas integrales de la ecuación diferencial.

Lifts: Muestra una pantalla que describe el Escenario de los levantamientos.

About: Presenta una pantalla con información acerca de los autores del programa.

2. **Conjunto de Iconos de Escenarios:** Al accionar estos iconos con el mouse, cada uno abrirá un escenario distinto, el cual funcionará con los valores de configuración asignados en la Ventana Maestra. Los iconos que pertenecen a este conjunto son:

Icono **Integral Curves Scenery:** Abre una ventana con el escenario de curvas integrales.

Icono **Lifts Scenery:** Abre una ventana con el escenario de levantamientos.

Icono **Torus Scenery:** Abre una ventana con el escenario del toro en el plano.

Icono **Circle Scenery:** Abre una ventana con el escenario de la circunferencia.

Icono **Bifurcations Scenery:** Abre una ventana con el escenario de bifurcaciones.

3. **Conjunto de Iconos de Acción:** Al accionar estos iconos con el mouse, cada uno ejecutará una acción inmediata distinta, el cual funcionará con los valores de configuración asignados en la Ventana Maestra. Los iconos que pertenecen a este conjunto son:

Icono **Rotation Number:** Calcula el número de rotación con los parámetros en turno.

Icono **Synchronization:** Calcula la sincronización con los parámetros en turno.

Icono **Lyapunov Exponent:** Calcula el exponente de Lyapunov con los valores en turno de los parámetros.

Icono **Start Calculations:** Comienza el cálculo o las iteraciones de la ventana activa.

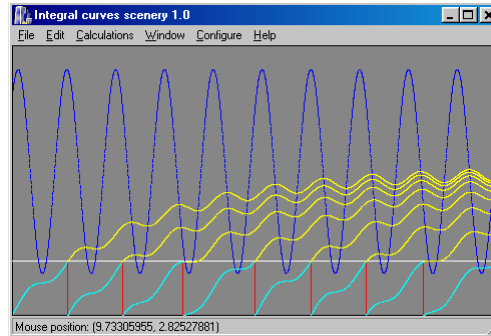
Icono **Stop Calculations:** Detiene el cálculo o las iteraciones de la ventana activa.

Icono **Erase Scenery Window:** Limpia la ventana activa.

4. **Icono de Configuración:** Al accionar este icono con el mouse, se efectuarán cambios en el Escenario Gráfico activo. A continuación se describen sus funciones:

Icono **Scenario Configure**: Configura individualmente el Escenario Gráfico activo, sin afectar la configuración de los valores en los demás Escenarios.

1. Integral Curves Scenery



Desde este Escenario Gráfico se puede analizar la dinámica del sistema mediante estudio de las curvas integrales de la ecuación diferencial. El control de las acciones de este Escenario es por medio de un conjunto de menús cuyas opciones se describen en seguida:

Conjunto de Menús: Los cambios en la configuración de este escenario se hacen mediante los menús:

- Menú **File**
- Menú **Edit**
- Menú **Calculations**
- Menú **Window**
- Menú **Configure**
- Menú **Help**

A continuación estos son descritos.

Menú File: Permite la manipulación de varios tipos de archivos relacionados con este escenario. Las opciones de este menú son:

Save Window in BMP Format Ctrl-G: Permite salvar la imagen trazada dentro de la ventana en un archivo de gráficos en el formato deseado por el usuario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y G.

Print Ctrl-I: Manda a impresión la imagen trazada dentro de la ventana de este Escenario Gráfico. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl e I.

Save Configurations: Graba en un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Load Configurations: Lee de un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Print Configurations: Imprime los valores de los parámetros y la configuración actual de la ventana.

Close Ctrl-X: Cierra el Escenario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y X.

Menú Edit: Se usa para la transferencia de valores de parámetros entre dos o más ventanas de Escenarios Gráficos.

Copy Ctrl-C: Permite copiar los valores de los parámetros para almacenarlos en un buffer de memoria. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y C.

Paste Ctrl-V: Transfiere los valores de los parámetros almacenados en el buffer para hacer cálculos en la ventana de Escenarios Gráficos activa. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y V.

Menú **Calculations:** Con este menú se pueden realizar los diferentes cálculos que nos permiten analizar la dinámica del sistema en este Escenario Gráfico. Es posible calcular:

Integral Curves: Traza las curvas integrales de la ecuación diferencial usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario, así como diversas curvas que sirven para analizar el comportamiento cualitativo del sistema. Estas curvas auxiliares son el umbral de disparos, la curva de extremos o puntos críticos de las soluciones y los tiempos de disparos.

Rotation Number: Calcula el número de rotación de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Synchronization: Calcula la sincronización de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Lyapunov Exponent: Calcula el exponente de Lyapunov de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Stop Calculation Ctrl+Alt+C: Detiene los cálculos. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl, Alt y C.

Menú **Window:** Este menú tiene una única opción que permite borrar los gráficos de este Escenario:

Erase: Limpia la ventana del Escenario.

Menú **Configure:** Este menú permite configurar los valores de los parámetros del sistema, así como los valores para realizar un gráfico en este Escenario.

Parameters: Permite editar los valores para seleccionar un rango y un dominio donde sea visualizada la dinámica del sistema en este Escenario.

Dimensions: Permite editar los valores de los parámetros del sistema en este Escenario.

Horizontal: Configura las dimensiones reales en el eje horizontal de la región donde se analiza el comportamiento de las curvas integrales.

Maximum: Máximo valor del dominio de las curvas integrales.

Minimum: Mínimo valor del dominio de las curvas integrales.

Vertical: Configura las dimensiones reales en el eje vertical de la región donde se analiza el comportamiento de las curvas integrales.

Maximum: Máximo valor del rango de las curvas integrales.

Minimum: Mínimo valor del rango de las curvas integrales.

View: Permite seleccionar de entre las siguientes curvas propias de este escenario las que se deseen trazar, así como configurar el color en que serán trazadas. Estas curvas son:

Integral Curve: Soluciones de la ecuación diferencial, antes de que estas alcancen el umbral de disparos.

Continuation of Integral Curve: Soluciones de la ecuación diferencial, después de que estas hayan alcanzado el umbral de disparos.

Vertical Lines: Son las líneas verticales que marcan cada tiempo de disparo.

Extremes Curve: Es la curva donde son alcanzados todos los puntos críticos (los máximos, mínimos o puntos de inflexión) de las soluciones de la ecuación diferencial del sistema.

Threshold Line: Es el umbral de disparos. Está normalizado a 1.

Background: Se refiere al color del fondo de la ventana.

Cualquiera de estas curvas será trazada si, en la caja de diálogo que aparece al activar la opción *View*, el botón que aparece del lado izquierdo del nombre de cada una de estas curvas es seleccionado. Los colores con que serán trazadas se eligen activando el botón *Color* que aparece del lado derecho del nombre de cada curva, con lo que aparece una paleta de colores que es estándar en el sistema operativo Windows.

Calculate: Configura las condiciones iniciales y la dirección de integración para obtener las sucesiones de tiempos de disparos del sistema.

Initial Condition: Selecciona la condición inicial a partir de la cual serán calculadas las curvas integrales y la sucesión de tiempos de disparos.

Integration Type: Presenta opciones para calcular la dirección de la dinámica:

Forward: Permite analizar la dinámica directa o la evolución del sistema en la dirección positiva del tiempo.

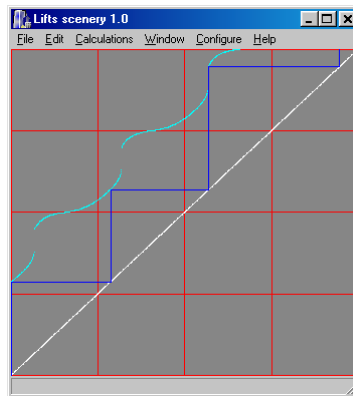
Backward: Permite analizar la dinámica inversa o la evolución del sistema en la dirección negativa del tiempo.

Menú **Help:** Este menú contiene opciones de ayuda para el Escenario Gráfico e información acerca del programa **Integrate and Fire Systems**. Las opciones son:

Integral Curves: Presenta una pantalla con la ayuda para manejar el Escenario Gráfico de las Curvas Integrales.

About: Presenta una pantalla con información acerca de los autores del programa Integrate and Fire Systems.

2. Lifts Scenery



Desde este Escenario Gráfico se puede analizar la dinámica del sistema mediante estudio de los levantamientos de las funciones en la circunferencia generadas por los disparos de las curvas integrales de la ecuación diferencial. El control de las acciones de este Escenario es mediante un conjunto de menús cuyas opciones se describen en seguida:

Conjunto de Menús: Los cambios en la configuración de este escenario se hacen mediante varios menús.

Menú **File**

Menú **Edit**

Menú **Calculations**

Menú **Window**

Menú **Configure**

Menú **Help**

A continuación estos son descritos.

Menú **File:** Permite la manipulación de varios tipos de archivos relacionados con este escenario. Las opciones de este menú son:

Save Window in BMP Format Ctrl-G: Permite salvar la imagen trazada dentro de la ventana en un archivo de gráficos en el formato deseado por el usuario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y G.

Print Ctrl-I: Manda a impresión la imagen trazada dentro de la ventana de este Escenario Gráfico. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl e I.

Save Configurations: Graba en un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Load Configurations: Lee de un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Print Configurations: Imprime los valores de los parámetros y la configuración actual de la ventana.

Close Ctrl-X: Cierra el Escenario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y X.

Menú **Edit:** Se usa para la transferencia de valores de parámetros entre dos o más ventanas de Escenarios Gráficos.

Copy Ctrl-C: Permite copiar los valores de los parámetros para almacenarlos en un buffer de memoria. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y C.

Paste Ctrl-V: Transfiere los valores de los parámetros almacenados en el buffer para hacer cálculos en la ventana de Escenarios Gráficos activa. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y V.

Menú **Calculations:** Con este menú se pueden realizar los diferentes cálculos que nos permiten analizar la dinámica del sistema en este Escenario Gráfico. Es posible calcular:

Lifts: Traza en el plano los levantamientos de las funciones de fases de disparos en la circunferencia generadas por los disparos de las soluciones de la ecuación diferencial al llegar al umbral de disparos, usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Iterations: Traza la sucesión de tiempos de disparos a partir de alguna condición inicial elegida por el usuario, utilizando como auxiliar la gráfica de la función identidad.

Rotation Number: Calcula el número de rotación de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Synchronization: Calcula la sincronización de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Lyapunov Exponent: Calcula el exponente de Lyapunov de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Stop Calculation Ctrl+Alt+C: Detiene los cálculos. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl, Alt y C.

Menú **Window:** Este menú tiene una única opción que permite borrar los gráficos de este Escenario:

Erase: Limpia la ventana del Escenario.

Menú **Configure:** Este menú permite configurar los valores de los parámetros del sistema, así como los valores para realizar un gráfico en este Escenario.

Parameters: Permite editar los valores para seleccionar un rango y un dominio donde sea visualizada la dinámica del sistema en este Escenario.

Dimentions: Permite editar los valores de los parámetros del sistema en este Escenario.

Horizontal: Configura las dimensiones reales en el eje horizontal de la región donde se analiza el comportamiento de las curvas integrales.

Maximum: Máximo valor del dominio de las curvas integrales.

Minimum: Mínimo valor del dominio de las curvas integrales.

Vertical: Configura las dimensiones reales en el eje vertical de la región donde se analiza el comportamiento de las curvas integrales.

Maximum: Máximo valor del rango de las curvas integrales.

Minimum: Mínimo valor del rango de las curvas integrales.

View: Permite seleccionar de entre las siguientes curvas propias de este escenario las que se deseen trazar, así como configurar el color en que serán trazadas. Estas curvas son:

Lift Graph: Gráfica del levantamiento de la función de disparos.

Grid: Malla auxiliar con coordenadas enteras que permite visualizar el grado de los levantamientos.

Identity Graph: Gráfica de la función identidad.

Iterations: Gráfico que indica la sucesiones de tiempos de disparos a partir de alguna condición dada por el usuario, reflejando las iteraciones de los levantamientos con la gráfica de la función identidad.

Background: Se refiere al color del fondo de la ventana.

Cualquiera de estas curvas y gráficos de referencia serán trazados si, en la caja de diálogo que aparece al activar la opción *View*, el botón que aparece del lado izquierdo del nombre de cada una de estas curvas es seleccionado. Los colores con que serán trazadas se eligen activando el botón *Color* que aparece del lado derecho del nombre de cada curva, con lo que aparece una paleta de colores que es estándar en el sistema operativo Windows.

Calculate: Configura las condiciones iniciales y la dirección de integración para obtener las sucesiones de tiempos de disparos del sistema.

Initial Condition: Selecciona la condición inicial a partir de la cual serán calculadas los levantamientos y la sucesión de tiempos de disparos.

Points to Draw: Indica el número de puntos con que serán trazadas las gráficas de los levantamientos.

Iteration Order: Indica el orden de la iterada o cuantas veces se compone consigo misma la función del levantamiento para ser trazada.

Integration Type: Presenta opciones para calcular la dirección de la dinámica:

Forward: Permite analizar la dinámica directa o la evolución del sistema en la dirección positiva del tiempo.

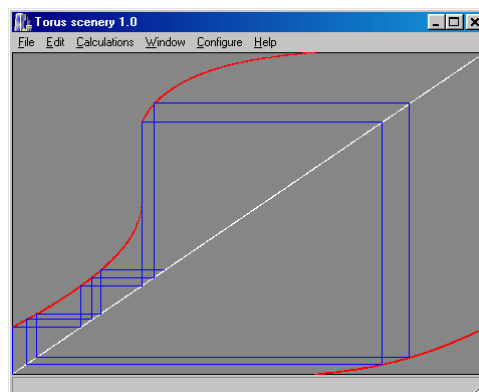
Backward: Permite analizar la dinámica inversa o la evolución del sistema en la dirección negativa del tiempo.

Menú **Help:** Este menú contiene opciones de ayuda para el Escenario Gráfico e información acerca del programa **Integrate and Fire Systems**. Las opciones son:

Lifts: Presenta una pantalla con la ayuda para manejar el Escenario Gráfico de los levantamientos en el plano.

About: Presenta una pantalla con información acerca de los autores del programa **Integrate and Fire Systems**.

3. Torus Scenery



Desde este Escenario Gráfico se puede analizar la dinámica del sistema mediante estudio, en el toro plano, de las iteraciones de las funciones de fases de disparos generadas por las sucesiones de tiempos en que las soluciones de la ecuación diferencial llegan al umbral de disparos. El control de las acciones de este Escenario es mediante un conjunto de menús cuyas opciones se describen en seguida:

Conjunto de Menús: Los cambios en la configuración de este escenario se hacen mediante varios menús.

Menú **File**
Menú **Edit**
Menú **Calculations**
Menú **Window**
Menú **Configure**
Menú **Help**

A continuación estos son descritos.

Menú File: Permite la manipulación de varios tipos de archivos relacionados con este escenario. Las opciones de este menú son:

Save Window in BMP Format Ctrl-G: Permite salvar la imagen trazada dentro de la ventana en un archivo de gráficos en el formato deseado por el usuario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y G.

Print Ctrl-I: Manda a impresión la imagen trazada dentro de la ventana de este Escenario Gráfico. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl e I.

Save Configurations: Graba en un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Load Configurations: Lee de un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Print Configurations: Imprime los valores de los parámetros y la configuración actual de la ventana.

Close Ctrl-X: Cierra el Escenario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y X.

Menú Edit: Se usa para la transferencia de valores de parámetros entre dos o más ventanas de Escenarios Gráficos.

Copy Ctrl-C: Permite copiar los valores de los parámetros para almacenarlos en un buffer de memoria. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y C.

Paste Ctrl-V: Transfiere los valores de los parámetros almacenados en el buffer para hacer cálculos en la ventana de Escenarios Gráficos activa. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y V.

Menú Calculations: Con este menú se pueden realizar los diferentes cálculos que nos permiten analizar la dinámica del sistema en este Escenario Gráfico. Es posible calcular:

Torus: Traza en el toro plano los levantamientos de las funciones de fases de disparos en la circunferencia generadas por las sucesiones de disparos de las soluciones de la ecuación diferencial al llegar al umbral de disparos, usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Iterations: Traza la sucesión de fases de disparos en el toro plano a partir de alguna condición inicial elegida por el usuario, utilizando como auxiliar la gráfica de la función identidad.

Rotation Number: Calcula el número de rotación de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Synchronization: Calcula la sincronización de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Lyapunov Exponent: Calcula el exponente de Lyapunov de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Stop Calculation Ctrl+Alt+C: Detiene los cálculos. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl, Alt y C.

Menú Window: Este menú tiene una única opción que permite borrar los gráficos de este Escenario:

Erase: Limpia la ventana del Escenario.

Menú **Configure:** Este menú permite configurar los valores de los parámetros del sistema, así como los valores para realizar un gráfico en este Escenario.

Parameters: Permite editar los valores para seleccionar un rango y un dominio donde sea visualizada la dinámica del sistema en este Escenario.

View: Permite seleccionar de entre las siguientes curvas propias de este escenario las que se deseen trazar, así como configurar el color en que serán trazadas. Estas curvas son:

Identity Graph: Gráfica de la función identidad.

Circle Map Graph: Gráfica de la función de fases disparos en el toro plano.

Iterations: Gráfico que indica la sucesiones de tiempos de disparos a partir de alguna condición dada por el usuario, reflejando las iteraciones de la función de fases disparos en el toro plano con la gráfica de la función identidad.

Background: Se refiere al color del fondo de la ventana.

Cualquiera de estas curvas será trazada si, en la caja de diálogo que aparece al activar la opción *View*, el botón que aparece del lado izquierdo del nombre de cada una de estas curvas es seleccionado. Los colores con que serán trazadas se eligen activando el botón *Color* que aparece del lado derecho del nombre de cada curva, con lo que aparece una paleta de colores que es estándar en el sistema operativo Windows.

Calculate: Configura las condiciones iniciales y la dirección de integración para obtener las sucesiones de tiempos de disparos del sistema.

Initial Condition: Selecciona la condición inicial a partir de la cual serán calculadas las iteraciones de la función de fases de disparos.

Number of Iterations: Indica el número de iteraciones de la función de fases de disparos que serán realizadas y reflejadas en la identidad cada vez que el usuario pida hacer iteraciones.

Iterate Order: Indica el orden de la iterada de la función de fases de disparos que será trazada en el toro plano.

Integration Type: Presenta opciones para calcular la dirección de la dinámica:

Forward: Permite analizar la dinámica directa o la evolución del sistema en la dirección positiva del tiempo.

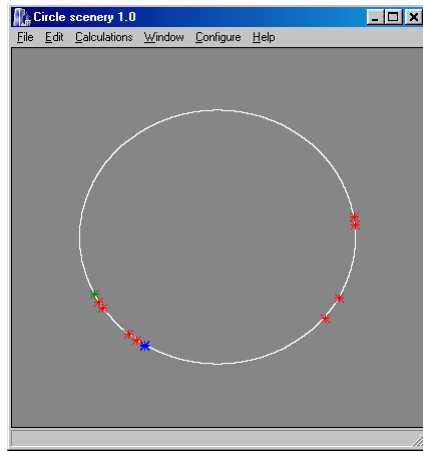
Backward: Permite analizar la dinámica inversa o la evolución del sistema en la dirección negativa del tiempo.

Menú **Help:** Este menú contiene opciones de ayuda para el Escenario Gráfico e información acerca del programa **Integrate and Fire Systems**. Las opciones son:

Torus Scenery: Presenta una pantalla con la ayuda para manejar el Escenario Gráfico del toro plano.

About: Presenta una pantalla con información acerca de los autores del programa **Integrate and Fire Systems**.

4. Circle Scenery



Desde este Escenario Gráfico se puede analizar la dinámica del sistema mediante estudio de las iteraciones de las funciones de la circunferencia en la circunferencia, generadas por los disparos de las curvas integrales de la ecuación diferencial al llegar al umbral de disparos. El control de las acciones de este Escenario es mediante un conjunto de menús cuyas opciones se describen en seguida:

Conjunto de Menús: Los cambios en la configuración de este escenario se hacen mediante varios menús.

Menú **File**
 Menú **Edit**
 Menú **Calculations**
 Menú **Window**
 Menú **Configure**
 Menú **Help**

A continuación estos son descritos.

Menú File: Permite la manipulación de varios tipos de archivos relacionados con este escenario. Las opciones de este menú son:

Save Window in BMP Format Ctrl-G: Permite salvar la imagen trazada dentro de la ventana en un archivo de gráficos en el formato deseado por el usuario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y G.

Print Ctrl-I: Manda a impresión la imagen trazada dentro de la ventana de este Escenario Gráfico. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl e I.

Save Configurations: Graba en un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Load Configurations: Lee de un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Print Configurations: Imprime los valores de los parámetros y la configuración actual de la ventana.

Close Ctrl-X: Cierra el Escenario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y X.

Menú Edit: Se usa para la transferencia de valores de parámetros entre dos o más ventanas de Escenarios Gráficos.

Copy Ctrl-C: Permite copiar los valores de los parámetros para almacenarlos en un buffer de memoria. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y C.

Paste Ctrl-V: Transfiere los valores de los parámetros almacenados en el buffer para hacer cálculos en la ventana de Escenarios Gráficos activa. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y V.

Menú **Calculations:** Con este menú se pueden realizar los diferentes cálculos que nos permiten analizar la dinámica del sistema en este Escenario Gráfico. Es posible calcular:

Circle: Traza las iteraciones de la función de la circunferencia en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Rotation Number: Calcula el número de rotación de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Synchronization: Calcula la sincronización de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Lyapunov Exponent: Calcula el exponente de Lyapunov de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Stop Calculation Ctrl+Alt+C: Detiene los cálculos. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl, Alt y C.

Menú **Window:** Este menú tiene una única opción que permite borrar los gráficos de este Escenario:

Erase: Limpia la ventana del Escenario.

Menú **Configure:** Este menú permite configurar los valores de los parámetros del sistema, así como los valores para realizar un gráfico en este Escenario.

Parameters: Permite editar los valores para seleccionar un rango y un dominio donde sea visualizada la dinámica del sistema en este Escenario.

View: Permite seleccionar de entre las siguientes curvas y marcas propias de este escenario las que se deseen trazar, así como configurar el color en que serán trazadas. Estas curvas son:

Orbits: Traza las marcas que indican las iteraciones de las funciones de la circunferencia en la circunferencia.

Circumference: Traza la circunferencia.

Background: Se refiere al color del fondo de la ventana.

Cualquiera de estas curvas será trazada si, en la caja de diálogo que aparece al activar la opción *View*, el botón que aparece del lado izquierdo del nombre de cada una de estas curvas es seleccionado. Los colores con que serán trazadas se eligen activando el botón *Color* que aparece del lado derecho del nombre de cada curva, con lo que aparece una paleta de colores que es estándar en el sistema operativo Windows.

Calculate: Configura las condiciones iniciales y la dirección de integración para obtener las sucesiones de tiempos de disparos del sistema.

Initial Condition: Selecciona la condición inicial a partir de la cual será calculada la sucesión de iteraciones de la función de la circunferencia en la circunferencia.

Number of Iterations: Indica el número de iteraciones de la función de la circunferencia en la circunferencia que serán realizadas cada vez que el usuario pida hacer iteraciones.

Integration Type: Presenta opciones para calcular la dirección de la dinámica:

Forward: Permite analizar la dinámica directa o la evolución del sistema en la dirección positiva del tiempo.

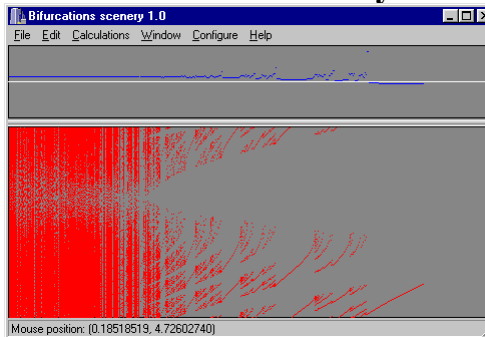
Backward: Permite analizar la dinámica inversa o la evolución del sistema en la dirección negativa del tiempo.

Menú **Help:** Este menú contiene opciones de ayuda para el Escenario Gráfico e información acerca del programa **Integrate and Fire Systems**. Las opciones son:

Circle: Presenta una pantalla con la ayuda para manejar el Escenario Gráfico de la circunferencia.

About: Presenta una pantalla con información acerca de los autores del programa **Integrate and Fire Systems**.

5. Bifurcations Scenery



Desde este Escenario Gráfico se puede analizar la dinámica del sistema mediante estudio de las bifurcaciones que tiene el comportamiento cualitativo de las funciones de la circunferencia en la circunferencia generadas por los disparos de las curvas integrales de la ecuación diferencial al llegar al umbral de disparos. El control de las acciones de este Escenario es mediante un conjunto de menús cuyas opciones se describen en seguida:

Conjunto de Menús: Los cambios en la configuración de este escenario se hacen mediante varios menús.

Menú **File**
Menú **Edit**
Menú **Calculations**
Menú **Window**
Menú **Configure**
Menú **Help**

A continuación estos son descritos.

Menú File: Permite la manipulación de varios tipos de archivos relacionados con este escenario. Las opciones de este menú son:

Save Window in BMP Format Ctrl-G: Permite salvar la imagen trazada dentro de la ventana en un archivo de gráficos en el formato deseado por el usuario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y G.

Print Ctrl-I: Manda a impresión la imagen trazada dentro de la ventana de este Escenario Gráfico. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl e I.

Save Configurations: Graba en un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Load Configurations: Lee de un archivo los datos necesarios para volver a trazar los cálculos realizados.

Print Configurations: Imprime los valores de los parámetros y la configuración actual de la ventana.

Close Ctrl-X: Cierra el Escenario. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y X.

Menú Edit: Se usa para la transferencia de valores de parámetros entre dos o más ventanas de Escenarios Gráficos.

Copy Ctrl-C: Permite copiar los valores de los parámetros para almacenarlos en un buffer de memoria. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y C.

Paste Ctrl-V: Transfiere los valores de los parámetros almacenados en el buffer para hacer cálculos en la ventana de Escenarios Gráficos activa. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl y V.

Menú **Calculations**: Con este menú se pueden realizar los diferentes cálculos que nos permiten analizar la dinámica del sistema en este Escenario Gráfico. Es posible calcular:

Bifurcations: Traza las bifurcaciones de la función de la circunferencia en la circunferencia usando los rangos de valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Rotation Number: Calcula el número de rotación de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Synchronization: Calcula la sincronización de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Lyapunov Exponent: Calcula el exponente de Lyapunov de las funciones en la circunferencia usando los valores de los parámetros actuales en este Escenario.

Stop Calculation Ctrl+Alt+C: Detiene los cálculos. Se consigue el mismo efecto presionando simultáneamente las teclas Ctrl, Alt y C.

Menú **Window**: Este menú tiene una única opción que permite borrar los gráficos de este Escenario:

Erase: Limpia la ventana del Escenario.

Menú **Configure**: Este menú permite configurar los valores de los parámetros del sistema, así como los valores para realizar un gráfico en este Escenario.

Parameters: Permite editar los valores para seleccionar un rango y un dominio donde sea visualizada la dinámica del sistema en este Escenario.

Dimensions Bifurcations: Permite editar los valores del rango de parámetros del sistema en este Escenario y el rango de las iteraciones para ilustrar las bifurcaciones.

Horizontal: Configura las dimensiones reales en el eje horizontal de la región donde se analiza el comportamiento de las bifurcaciones.

Maximum: Máximo valor del dominio de las bifurcaciones.

Minimum: Mínimo valor del dominio de las bifurcaciones.

Vertical: Configura las dimensiones reales en el eje vertical de la región donde se analiza el comportamiento de las bifurcaciones.

Maximum: Máximo valor del rango de las bifurcaciones.

Minimum: Mínimo valor del rango de las bifurcaciones.

Dimensions exp. Lyapunov: Permite editar los valores del rango para trazar en cada punto de los parámetros del sistema en este Escenario los exponentes de Lyapunov, que indican si la dinámica del sistema es periódica o ergódica.

Horizontal: Configura las dimensiones reales en el eje horizontal de la región donde se analiza el comportamiento de los exponentes de Lyapunov de las bifurcaciones.

Maximum: Máximo valor del dominio de los exponentes de Lyapunov de las bifurcaciones.

Minimum: Mínimo valor del dominio de los exponentes de Lyapunov de las bifurcaciones.

Vertical: Configura las dimensiones reales en el eje vertical de la región donde se analiza el comportamiento de los exponentes de Lyapunov de las bifurcaciones.

Maximum: Máximo valor del rango de los exponentes de Lyapunov de las bifurcaciones.

Minimum: Mínimo valor del rango de los exponentes de Lyapunov de las bifurcaciones.

View: Permite seleccionar de entre las siguientes curvas y marcas propias de este escenario las que se deseen trazar, así como configurar el color en que serán trazadas. Estas curvas son:

Bifurcations: Configuración gráfica para trazar los diagramas de bifurcaciones.

Lyapunov Exp: Configuración gráfica para trazar los diagramas de exponentes de Lyapunov en el Escenario de bifurcaciones.

Reference: Marca el eje horizontal que indica el valor constante cero en las gráficas de los exponentes de Lyapunov. Sirve como referencia para indicar en qué puntos de los parámetros los exponentes de Lyapunov son positivos, negativos o cero.

Background: Se refiere al color del fondo de la ventana.

Cualquiera de estas curvas será trazada si, en la caja de diálogo que aparece al activar la opción *View*, el botón que aparece del lado izquierdo del nombre de cada una de estas curvas es seleccionado. Los colores con que serán trazadas se eligen activando el botón *Color* que aparece del lado derecho del nombre de cada curva, con lo que aparece una paleta de colores que es estándar en el sistema operativo Windows.

Calculate: Configura las condiciones iniciales y la dirección de integración para obtener las sucesiones de tiempos de disparos del sistema.

Points to Calculate: Indica el número total de iteraciones de la función de la circunferencia en la circunferencia que serán realizadas para cada punto de la malla horizontal que indica en cuantos puntos será evaluado el parámetro que va variando.

Points to Draw: Número de puntos o iteraciones de la función fases de disparo de la circunferencia que serán trazados en la ventana del Escenario de bifurcaciones después de efectuar un número transitorio de iteraciones, dado por *Points to Calculate* - *Points to Draw*, de lo cual se deduce que *Points to Calculate* tiene que ser mayor que *Points to Draw*. Son estas iteraciones trazadas las que nos muestran los cambios cualitativos que tiene la dinámica del sistema al variar gradualmente uno de los parámetros y mantener constantes los demás.

Integration Type: Presenta opciones para calcular la dirección de la dinámica:

Forward: Permite analizar la dinámica directa o la evolución del sistema en la dirección positiva del tiempo.

Backward: Permite analizar la dinámica inversa o la evolución del sistema en la dirección negativa del tiempo.

Menú Help: Este menú contiene opciones de ayuda para el Escenario Gráfico e información acerca del programa Integrate and Fire Systems. Las opciones son:

Circle: Presenta una pantalla con la ayuda para manejar el Escenario Gráfico de la circunferencia.

About: Presenta una pantalla con información acerca de los autores del programa Integrate and Fire Systems.