

AVANCES INTRODUCIDOS EN LA CAPACIDAD DEL SIMULADOR DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS SIMUTERM (SIMUSOL).

Dolores Alfa de Saravia; Luis Saravia y Diego Saravia.

INENCO

Universidad Nacional de Salta – CONICET

Buenos Aires 177, 4400, Salta, Argentina

Fax: 54-387-4255489, e-mail: saravia@unsa.edu.ar

RESUMEN : Los autores presentaron en las reuniones del 2000 y 2001 un nuevo programa de simulación térmica de sistemas solares, el *SIMUTERM*, basado en el uso de dos programas: el *Sceptre* que normalmente calcula la evolución temporal de un circuito eléctrico y el *Dia* que permite dibujar los diagramas que generan el archivo de entrada al *Sceptre*. Este simulador ha estado operativo durante el último año, siendo utilizado para simular y diseñar varios sistemas solares en el INENCO. Su uso ha sugerido la introducción de varios cambios y agregados que aumentan en forma importante la facilidad de descripción de los sistemas a simular. El principal ha sido el dar al programa la capacidad de crear y almacenar modelos de partes importantes de circuitos de manera que ellos puedan ser introducidos en forma directa en otras simulaciones sin necesidad de que se deban describir nuevamente. De esta forma es posible crear una almacén de modelos tipos que pueden ser utilizados en diversas simulaciones, acelerando el proceso de armado de un nuevo circuito. Aquí se explica cómo crear, almacenar y volver a usar estos modelos. También se han introducido algunos cambios que simplifican la tarea de dibujar el circuito. Por ejemplo, los nodos del circuito deben colocarse únicamente si se requiere graficar su temperatura. De lo contrario se pueden omitir y el programa los introduce automáticamente con una notación propia. Dado que se ha comprobado que el simulador permite estudiar, además de circuitos térmicos, otros tales como los eléctricos, los de flujo de fluidos en cañerías y ductos o los circuitos con aire húmedo, se decidió cambiar el nombre del simulador, que originalmente era *SIMUTERM*, al de *SIMUSOL*; es decir, pensar en el mismo como un simulador general de sistemas solares. El *SIMUSOL* trabaja en el entorno del Linux. En el 2000 se introdujo una versión de este sistema operativo, el *UTUTO*, que funciona desde un disco compacto en el ambiente del Windows de Microsoft, lo que permite trabajar con el simulador sin tener que alterar la instalación de la que se dispone. Se ha preparado una nueva versión del *UTUTO*, que ahora está muy ampliado al haberse podido aumentar al doble la capacidad del disco compacto en el cual se distribuye. La nueva versión, que se explica en este trabajo, permite introducir nuevos programas en la instalación que se realice, por lo que ahora se puede mantener al *SIMUSOL* a medida que se sigue progresando en su desarrollo.

INTRODUCCIÓN

El *SIMUTERM*, presentado en las dos reuniones de trabajo anteriores (Saravia et al., 2000, 2001), es un programa de simulación térmica de sistemas solares basado en el uso de dos programas que corren en el entorno de Linux: el *Sceptre*, diseñado originalmente para el cálculo de circuitos eléctricos en estado transitorio, y el *Dia* que permite entrar los circuitos en forma gráfica. Los mismos se han adaptado mediante agregados preparados en el lenguaje *Perl*. Este simulador se ha utilizado con éxito en los diferentes trabajos que se han llevado a cabo en el INENCO en ese periodo y su uso ha sugerido agregar otras capacidades que aumentan en forma importante las posibilidades del mismo, por lo que se ha decidido explicar las mismas mediante este trabajo.

En primer lugar se ha dotado al programa de la capacidad para crear y almacenar modelos de partes importantes de los circuitos térmicos que pueden repetirse en distintas simulaciones. Habitualmente ellas corresponden a partes de equipos solares que se utilizan con distintos propósitos. Un ejemplo típico es el circuito que simula el funcionamiento de una pared construida de un cierto material con características específicas de área, espesor y propiedades del material, que puede utilizarse repetidas veces en la simulación de un edificio solar. La existencia de los modelos permitirá en el futuro ir creando bases de datos compuesta por modelos, que podrán atender las necesidades de simulación mas comunes en forma rápida. Una de las primeras en instalarse será la que corresponda a la simulación de edificios, que puede encararse en forma modular.

Otros cambios implican simplificar la tarea de dibujar el circuito. Esta es la tarea más larga en el proceso de preparar la simulación y, aunque el uso del *Dia* la simplifica mucho, estos cambios colaboran para que el proceso sea más rápido. A título de ejemplo, ya no es necesario colocar explícitamente todos los nodos del circuitos, a menos que se desee graficar la temperatura del nodo. Ahora, se pueden unir directamente las ramas del circuito y el programa se encarga de detectar los nodos, darles nombre e incorporarlos a la descripción que luego se introduce en el *Sceptre* para el cálculo final.

Cabe destacar que en esta nueva versión se ha cambiado el nombre del programa general, de SIMUTERM a SIMUSOL. Esto se ha decidido porque la experiencia de uso indica que resulta útil para simulaciones muy diversas, como ser el flujo de líquidos en un circuito hidráulico, el cálculo de sistemas compuestos de temperatura y humedad, cálculos de sistemas con convección natural, etc. El programa ha trascendido la sola simulación de sistemas térmicos para estudiar diversos aspectos de los equipos solares.

En las próximas secciones se describirán los cambios efectuados con ejemplos que ilustran su uso.

LOS MODELOS EN EL SIMUSOL.

En muchos casos existen partes de un circuito utilizado en la simulación de un sistema que pueden utilizarse en otras simulaciones y que se caracterizan por tener unos pocos nodos de contacto con el resto del circuito. En el Sceptre es posible aislar esa parte del resto y guardarla como un “modelo” para ser utilizada en otras simulaciones. Un ejemplo de esta situación en las aplicaciones donde se ha usado originalmente el Sceptre son por ej. El modelo de un transistor o un circuito integrado, los que seguramente se utilizarán en circuitos diversos.

Esta idea es de interés también en el caso de circuitos térmicos.

Un ejemplo de modelo térmico en condiciones similares son las paredes que se utilizan en la simulación de edificios, donde ésta aparece como una sucesión de nodos a los que se conectan resistencias térmicas y acumuladores. Esta pared, que puede tener unos cuantos nodos, se conecta al resto del circuito únicamente a través de los dos nodos extremos.

Otro ejemplo, que será utilizado como tal en el resto de este trabajo, es un colector plano que se corta en secciones, a lo largo de las cuales va circulando el fluido que se calienta. Cada sección se representa con un nodo de temperatura que pierde calor a través de la cubierta, que gana energía a través de la radiación incidente y al cual entra y sale el fluido llevándose el calor absorbido. En este caso tenemos como puntos de conexión con el resto, la entrada y salida de fluido y la temperatura ambiente hacia la cual pierde calor.

El hecho de poder guardar estos circuitos térmicos como modelos ahorra mucho trabajo ya que no será necesario volver a recrearlos en detalle en cada caso, a lo sumo habrá que cambiar algunos valores. Esta posibilidad ha sido trasladada al SIMUSOL, de manera que a través del programa que genera los dibujos del circuito, el Dia, se pueda generar el modelo y guardarlo para su uso posterior. Si bien se utilizará la idea de modelos usada en el Sceptre, no se utilizará la mecánica adoptada por ese programa, sino que se ha desarrollado una mecánica propia incorporada directamente en el SIMUSOL. Los archivos tipo “.d” que el SIMUSOL genera para que el Sceptre realice el cálculo no contendrán la descripción del modelo en la forma en que lo hace el Sceptre, sino que directamente integrarán los circuitos que representan al modelo en el contexto central del archivo.

A continuación se explicará cómo se introduce un modelo mediante el uso del Dia. Para ello se usará el siguiente ejemplo. El circuito es un colector solar plano con un absorbedor debajo del cual corre el fluido que extrae la energía recogida lamiéndolo uniformemente. El mismo se muestra esquemáticamente en la figura 1. El absorbedor intercambia energía por convección y radiación con la cubierta mientras que ésta intercambia convectivamente con el aire ambiente.

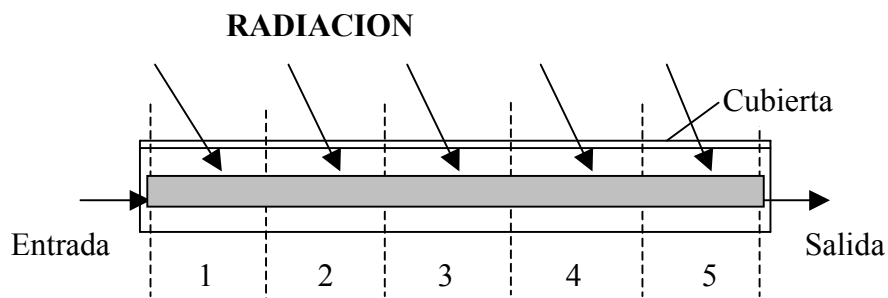


Fig. 1.- Muestra un corte esquemático del colector plano dividido en 5 partes de igual Longitud y la radiación incidente sobre cada una.

El colector se fracciona a lo largo en 5 partes. En el modelo se asumirá que cada parte tiene una cierta temperatura que aparecerá como un nodo. Simultáneamente se colocan nodos en la cubierta. El absorbedor intercambia calor con la cubierta y ésta con el exterior. La radiación llega a cada nodo del absorbedor. Un flujo de fluido va pasando a través del colector de nodo a nodo, mientras que la radiación llega a cada nodo del absorbedor calentando el fluido que pasa a lo largo. Se supone que cierta cantidad de fluido puede estar acumulado en cada nodo. Esto ocurre, por ejemplo, en algunos colectores de agua de tipo habitualmente conocidos con el nombre de “shallow ponds”.

El procedimiento diseñado consiste en dibujar la parte del circuito que interesa directamente en el Día en forma similar a la que se dibuja un circuito habitual, pero la información necesaria se entra con dos recuadros diferentes.

La figura 2 muestra el circuito que define el modelo. Como se aprecia, el circuito hace contacto con el resto del circuito mediante tres nodos de temperatura, llamados a, b y c, que corresponden a la entrada y salida del fluido y a la temperatura ambiente. Esto se representa esquemáticamente con un dibujo resumido que se muestra encima del dibujo completo. Un nuevo símbolo, que se toma del recuadro principal del Día donde se encuentra con todos los otros, representa al modelo:

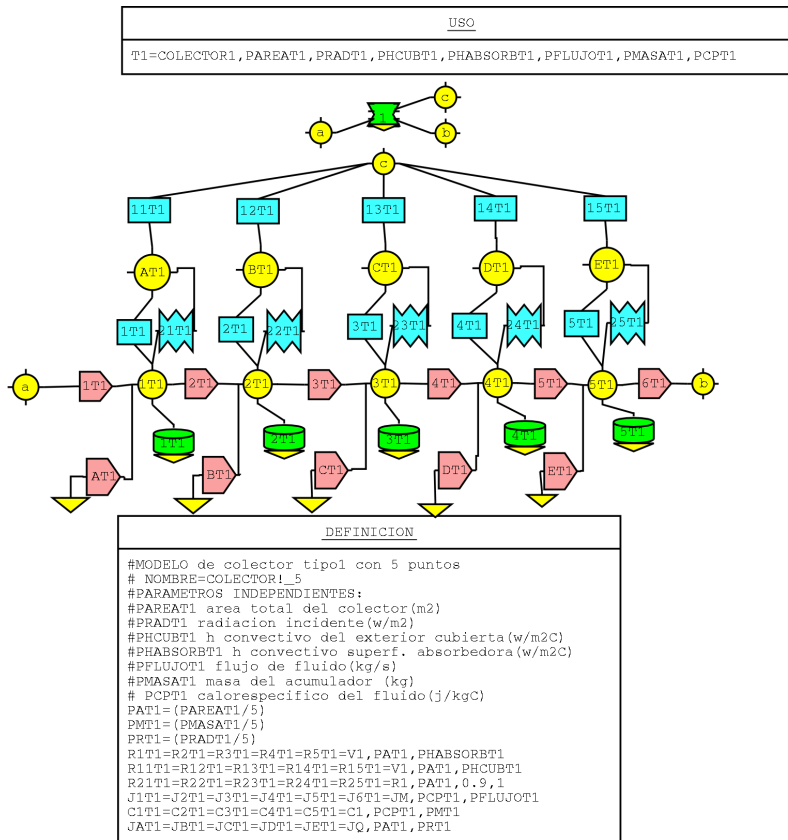


Fig. 2.- Muestra la definición del modelo "colector1" realizada través del programa Día.

Dos cuadros muestran los datos que deben darse:

- 1) El cuadro llamado "USO" muestra el renglón que luego deberá usarse para identificar el modelo cuando se lo use en un circuito completo. En primer lugar va en la expresión el nombre que se le asigna dentro de la descripción final, en el ejemplo T1. Luego va el nombre del modelo. Finalmente se colocan, separados por comas, los nombres de los parámetros necesarios para definir el modelo. T1 es el nombre "lógico" del modelo adentro del circuito. Como se aprecia en el dibujo del modelo, todos los elementos del mismo deben terminar su nombre con estos dos símbolos. De esta manera, cuando el modelo se integre al circuito general, los elementos que forman el modelo podrán distinguirse del resto, identificándose con la terminación T1. los parámetros necesarios en el ejemplo para definir completamente el colector son el área del colector (PAREAT1), la radiación que se dará como una table donde la radiación es función del tiempo, hora a hora, los coeficientes convectivos de cubierta (PHCUBT1) y de absorbedor-cubierta (PHABSORBT1), el flujo de fluido (PFLUJOT1), la masa de fluido contenida en el colector (PMASAT1) y el calor específico del fluido (PCPT1).
- 2) El cuadro llamado "DEFINICIÓN" contiene las definiciones de los elementos térmicos usados en la generación del modelo. Primero se colocan los comentarios que se consideren necesarios para identificar los parámetros necesarios y las unidades en que deben darse sus valores. Luego se definen uno por uno cada uno de los elementos que se coloca en el circuito adjunto como función de los parámetros.

Cumplida la etapa de definir el modelo, se pasa a la etapa de integrarlo dentro del circuito mayor que lo utiliza. En este ejemplo el circuito es muy sencillo y consiste simplemente en conectar una temperatura fija a la entrada, dada por la fuente de temperatura fija identificada por un 1, y en descargar el flujo de salida a tierra. Finalmente, se coloca

una temperatura ambiente constante designada mediante un 2 en el tercer nodo. El circuito completo, como se dibuja en el Día, se ve en la figura 3.

En este circuito completo se agregan los cuadros habituales para cualquier circuito común. Ellos suministran información sobre la definición de los componentes del circuito, el tiempo de cálculo, los valores iniciales en los acumuladores y los resultados que se van a graficar como función del tiempo. En particular se encuentra el renglón donde se suministran el nombre identificatorio del modelo, en este caso Colector1, el nombre lógico, en este caso T1, y los valores de los parámetros. Estos pueden ser números o tablas, como se ilustra en el ejemplo o eventualmente una fórmula dependiente de otros parámetros. En particular, el nombre lógico asignado al modelo, T1, en la definición puede ser distinto del que se usa en la definición del modelo. Podría colocarse T2 o T3 u otro siempre que empiece con T. De esta forma, el modelo puede usarse varias veces en la misma simulación, diferenciándose a través del nombre lógico usado en cada uno. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en la simulación de un edificio donde un modelo de paredes debe usarse varias veces, con distintos parámetros.

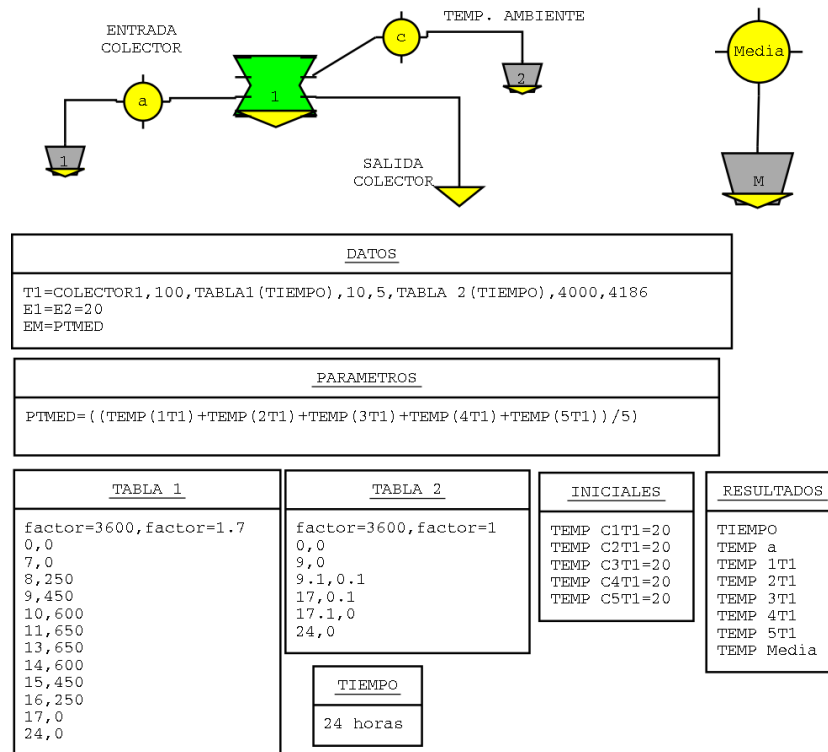


Fig. 3.- Muestra el circuito principal donde se utiliza el modelo definido en la figura 2.

El primer renglón del cuadro DATOS define el modelo que se está usando, que no es otro que el "COLECTOR1". Allí se indica la identificación interna, T1. Esta designación no tiene porque coincidir con la usada en la definición del modelo. El SIMUSOL tomará esta designación y la colocará al final de cada nombre de los elementos utilizados por el modelo. Luego de la palabra colector se dan los valores de los parámetros, 100 m² para el área del colector, 10 y 5 vatios/m². para los coeficientes convectivos y 4000 para la masa total del fluido. la radiación es variable a lo largo del día por lo que se da en una tabla. Debe apreciarse que los valores de radiación de la tabla se multiplican por el factor 1.7 para obtener los valores usados. El tiempo se multiplica por 3600 debido a que la tabla está dada en horas y el Sceptre usa segundos. El flujo también es variable, pasando de 0 a 0.1kg/s al aparecer el sol y vuelve a 0 cerca de la caída del sol, ya que a esa hora la temperatura del agua decae rápidamente y ya no conviene circular agua.

Para llevar a cabo el cálculo se llamará al programa simusol indicando no sólo el archivo donde está el programa general, sino también el nombre de los archivos que contengan los modelos. La expresión sería:

>> simusol archmodelo1 archmodelo2 archgeneral

El programa buscará los archivos de los modelos en el directorio en que se está trabajando. Puede definirse una librería de modelos en un directorio especial. En ese caso si el simusol no encuentra el archivo del modelo en el directorio de trabajo, lo buscará en las librerías de modelos existentes.

La figura 4 muestra el resultado del cálculo. Allí se dan las temperaturas de los 5 puntos en que se dividió el absorbedor y el valor medio de estas temperaturas. Como se aprecia, la temperatura de salida llega a un valor pico

cerca de las 15 horas, unas 2 y 1/2 horas después del pico de radiación. Este colector está dando un flujo de agua tibia a la salida de 360 kg/hora y además quedan en el mismo 4000 kg de agua, que para aprovechar será necesario bombear desde el colector a un acumulador, evitando que se enfríen en el mismo colector, como muestra el cálculo.

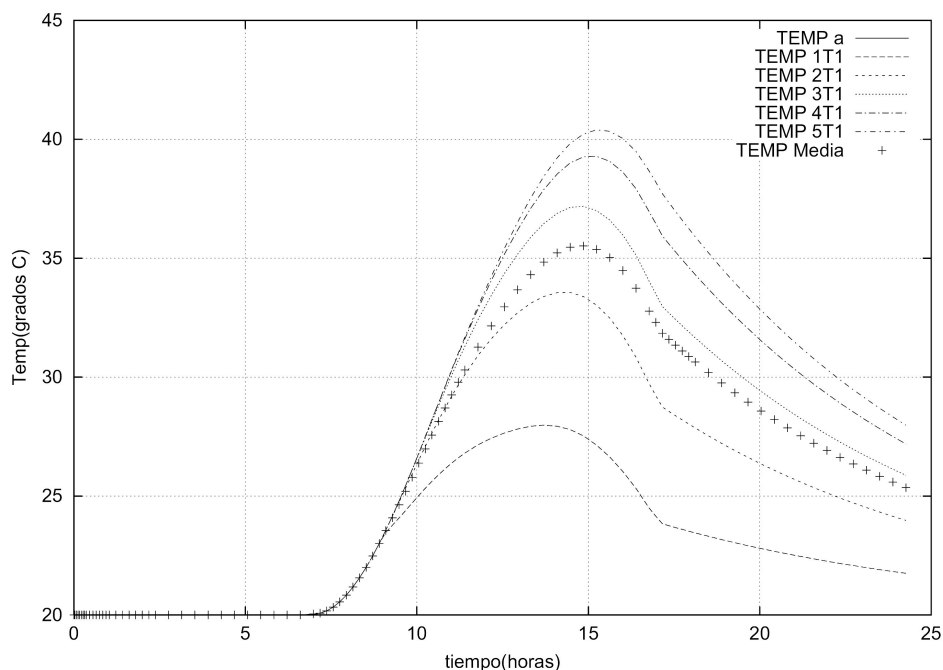


Fig. 4.- Muestra la gráfica de las temperaturas del fluido en cada sección y el valor medio de las mismas en la curva con el signo+.

OTROS CAMBIOS INTRODUCIDOS.

En el SIMUSOL se han incorporado otros cambios de menor entidad destinados a facilitar el armado gráfico del circuito. Entre ellos se pueden mencionar:

- 1) La forma clásica de dibujar el circuito consiste en colocar los nodos que representan las temperaturas del sistema solar y agregar entre los nodos los elementos que constituyen el sistema: resistencias térmicas, acumuladores, fuentes de temperatura, etc. Con el fin de abreviar el tiempo de graficación se ha eliminado la necesidad de colocación de los nodos a menos que se vaya a solicitar información sobre el valor de la temperatura correspondiente. Se unirán directamente las ramas y el programa identificará y agregará automáticamente los nodos necesarios con una notación propia.
- 2) En una primera versión, el SIMUSOL colocaba una fuente de corriente nula para medir la temperatura en los puntos donde la misma se solicitaba o era necesaria para los elementos, como es el caso de resistencias radiativas. Actualmente se ha mejorado este criterio y se colocan las fuentes de corriente sólo si no existe un condensador o fuente de temperatura colocados en el nodo de interés. La diferencia de tensión sobre cualquiera de ellos da la temperatura ya que siempre están conectados a masa.
- 3) Se ha introducido una notación compacta para indicar elementos que tienen igual valor. Basta poner los nombres de cada uno separados por un signo de igual, dando el valor común a todos ellos después del último signo de igual.
- 4) Se ha mejorado la notación de manera que ahora es posible que todas las indicaciones se refieran a términos térmicos en vez de una mezcla con notaciones eléctricas.
- 5) Los elementos básicos que son provistos con el SIMUSOL han sido descriptos mediante un gráfico generado en Dia-SIMUSOL. Se ha abierto la posibilidad de que el usuario también defina en la misma forma nuevos elementos simples.
- 6) Se han mejorado sustancialmente los mensajes de ayuda en el caso de errores cometidos en el armado del circuito, tanto en cantidad como en el detalle de la explicación.
- 7) En las tablas se ha agregado la posibilidad de usar un factor multiplicativo para cada columna de la tabla, lo que permite cambiar las escalas de los datos dados en la misma.

LA NUEVA VERSIÓN DEL UTUTO.

Ututo es un sistema GNU/Linux que funciona desde CD, prendiendo la máquina. No requiere modificar los discos duros y tiene un concepto minimalista de instalación y configuración. Ututo fue desarrollado específicamente para el uso y enseñanza del Sceptre, (Saravia y Saravia, 2000). Ahora es conocido como la primera distribución GNU/Linux de la Argentina, teniendo amplia difusión y habiendo encontrado otros usos.

Se acaba de terminar la preparación de una nueva versión del GNU/Linux Ututo, manteniendo la filosofía de la anterior. Tiene, entre otras, las siguientes mejoras:

Nueva versión del Sceptre compilada a partir de los códigos fuentes.

Inclusión del simulador SIMUSOL completo.

Compilador GCC 3.1

Núcleo Linux 2.4.19

Sistema DevFS y simpleinit

Discos con sistema reiserfs y ext3 además de los anteriores

Continuar el soporte de funcionamiento desde CD, pero agregando la posibilidad de instalación en disco duro y en este caso poder realizar upgrades y añadidos cuando se desee.

Versión 4 del sistema gráfico X

Configuración de sonido, redes, impresoras y mejoras en el video.

Dos entornos gráficos uno liviano Blackbox y el tradicional KDE versión 3

Todo el software contenido es libre además de gratis, y ha sido compilado de los paquetes tgz originales.

Contiene Mozilla 1.0 y OpenOffice 1.0

Con estos agregados la nueva versión es mucho más completa. Esto ha sido posible porque se ha utilizado un método de compresión que ha llevado la capacidad del CD al doble, es decir, 1.2GB.

La versión completa del SIMUSOL formará parte de la nueva versión del UTUTO, lo que permite instalar y hacer funcionar el SIMUSOL en máquinas con el sistema operativo Windows, sin alterar en absoluto el mismo. Como se ha indicado, ahora también es posible instalar upgrades, lo que permitirá seguir avanzando en el desarrollo del simulador dentro del mismo entorno y distribuir las nuevas versiones sin cambiar el UTUTO..

BIBLIOGRAFIA

Saravia, L. R. y Saravia, D. (2000). *Simulación de Sistemas Solares Térmicos con un Programa de Cálculo de Circuitos Eléctricos de Libre Disponibilidad*, AVERMA, Vol 4, No 2, 2000, pp 8.17.

Saravia, L.R. y Alía, D. (2001). *Un simulador de sistemas solares térmicos*, AVERMA, Vol 5, No., pp. 8.07-8.13

Saravia D. , (2000). www.ututo.org, página web del UTUTO.

ADVANCES INTRODUCED IN THE "SIMUTERM" THERMAL SOLAR SYSTEM SIMULATOR Dolores Alía de Saravia, Luis Saravia y Diego Saravia

ABSTRACT: In the past the authors have presented two articles (Saravia et al, 2000, 2001) describing a new solar system simulator, SIMUTERM, based in the use of two other programs : Sceptre and Dia. The simulator has been used for a year with good succes. Its use suggested the inclusion of several changes which improve the data input and open other perspectives of use. The main one has been the introduction of the notion of "model". In a model parts of a circuit which can be used in several simulation are stored separately in a data base and they are recalled when it is possible to use them in other programs. The name of the program has been changed from SIMUTERM to SIMUSOL because it has been used in the solution of problems which are not thermal. A new version of the operative system UTUTO , based in Linux, has been prepared to run the SIMUSOL. The capacity of the CD has been doubled allowing the inclusion of several new utilities.