

Introducción al modelado de fiabilidad y disponibilidad

Tutorial de Depentool

1. Objetivo

Con este tutorial el alumno debe aprender a manejar la herramienta DependTool para predecir la fiabilidad de instalaciones y equipos informáticos. Para ello se resolverá un problema mínimo, consistente en el modelado y predicción de la fiabilidad de un multiprocesador elemental.

2. Modelado y predicción de la fiabilidad de un multiprocesador

Se dispone de un multiprocesador tolerante a fallos, compuesto por dos procesadores y tres módulos de memoria que son accesibles por cualquiera de los procesadores. El multiprocesador se mantiene operativo si funciona al menos un procesador y un módulo de memoria.

La fiabilidad del multiprocesador se modela usando un diagrama de bloques serie-paralelo, tal como se indica en la figura 1.

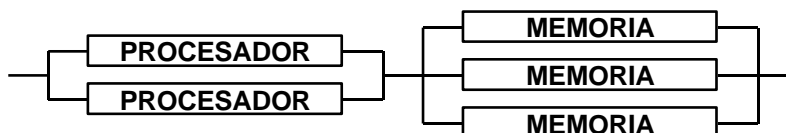


Figura 1: Diagrama de fiabilidad de un multiprocesador elemental

El diagrama contiene dos subsistemas en serie:

- El primer subsistema consiste de 2 componentes (los procesadores) en paralelo.
- El segundo subsistema consiste de 3 componentes (las memorias) en paralelo.

Se suponen conocidas las distribuciones del tiempo hasta el fallo para los procesadores, F_p , y las memorias, F_m , que siguen una ley exponencial, tal como se indica en las dos fórmulas siguientes:

$$F_p(t) = 1 - e^{-0.00139t}$$

$$F_m(t) = 1 - e^{-0.00764t}$$




donde t , es el tiempo expresado en días.

3. Modelado y evaluación con DependTool

La herramienta DependTool (Dependability Tool) es una aplicación desarrollada en Java que permite resolver diagramas serie-paralelo para obtener dos parámetros relacionados con la garantía de funcionamiento: la fiabilidad y la disponibilidad. El funcionamiento es muy sencillo: se introduce el modelo en la herramienta, incluyendo los datos, y a continuación se resuelve.


3.1 Creación del modelo

Al ejecutar la herramienta aparece una pantalla como la que se muestra en la figura 2, pero con el área de dibujo vacía. La pantalla se divide en dos secciones principales:

- A la izquierda se muestra una representación del modelo utilizando un árbol en el que se indica con un icono el tipo de los nodos (paralelo , serie  o simple ). Esta representación es muy útil para navegar rápidamente por el modelo y modificar el nombre de los bloques.
- A la derecha se muestra un nivel del modelo. El nivel mostrado se indica en el árbol de la izquierda con una estrella (en la figura 2 estamos en el nivel más alto).

Por supuesto, además de estas dos secciones, la ventana tiene un título, una barra de menú y una barra de herramientas con botones para, entre otras cosas, deshacer y rehacer.

Los bloques de tipo paralelo o serie son bloques expansibles, que en su interior estarán formados de otros bloques, lo que se indica con una doble línea en su representación en la parte derecha. Los bloques simples no son expansibles y tendrán que tener sus parámetros (tasa de fallos, tasa de reparaciones, MTTF, etc.) para poder resolver el modelo.

Para añadir un bloque en un nivel hay que situarse en él y, desde el menú *Elementos* o desde la barra de herramientas, añadir el tipo deseado. En el ejemplo que estamos desarrollando, en el nivel más alto tenemos en serie dos bloques compuestos a su vez de elementos en paralelo. Para añadir estos bloques, pulsar dos veces sobre el icono de la barra de herramientas correspondiente a “Añadir bloque paralelo” . A continuación, cambiar el nombre de los bloques, bien desde el árbol de la izquierda o bien pulsando con el botón derecho en el bloque del área derecha, para que sean “Procesadores” y “Memoria” como los mostrados en la figura. Cambiar también el nombre del nodo raíz a “Multiprocesadores”.

El resultado de las operaciones de edición anteriores es el mostrado en la figura 2.



Figura 2: Interface del generador de modelos

Para continuar el desarrollo del modelo de fiabilidad del multiprocesador hay que expandir cada uno de los dos bloques. Para expandir un bloque debemos situarnos en él y hacer doble clic.

Para continuar realizando el ejemplo, introducir en el bloque Procesadores un bloque de tipo simple con el botón de la barra de herramientas correspondiente (🌟). Cambiarle el nombre a CPU. Darle a continuación el valor 0,00139 al parámetro lambda de esta CPU pinchando con el botón derecho del ratón sobre el bloque y escogiendo la opción **Definir bloque**. Se supondrá que la segunda CPU es siempre igual a la primera, por lo que para crearla vamos a hacerlo a través de una copia especial: pincha con el botón derecho sobre la CPU y escoge copiar; a continuación pincha sobre la superficie en blanco del área derecha y escoge la opción **Pegado especial**. Deberías obtener un diagrama como el siguiente:

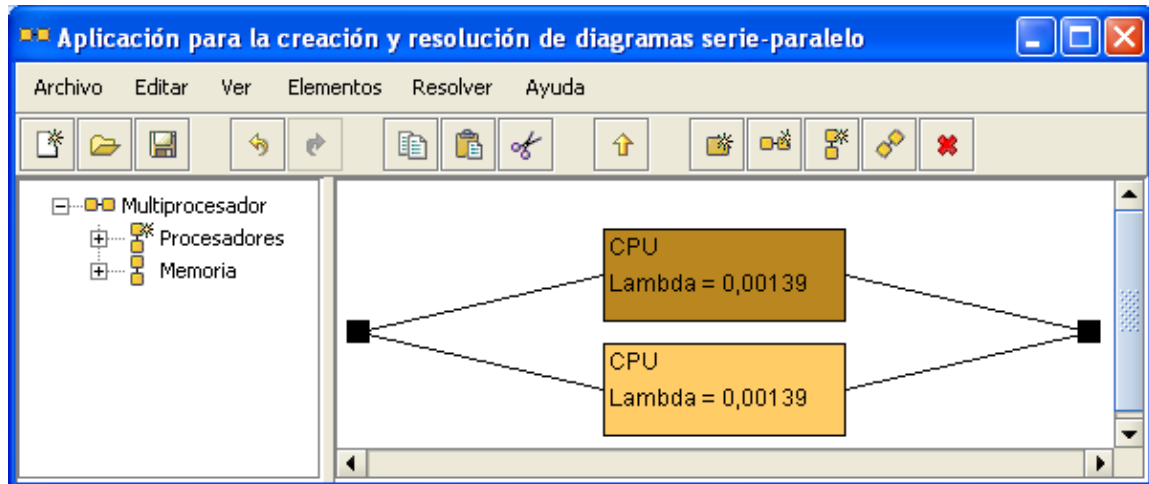


Figura 3: Diagrama de fiabilidad de los procesadores

La diferencia entre un pegado especial y un pegado normal es que el primero crea un enlace al elemento original; por lo tanto, si cambiamos alguno de los parámetros del elemento original también se cambiará en el copiado y viceversa. Esto es muy útil para situaciones en las que tenemos muchos elementos similares.

Trabajando de manera similar, crea el diagrama del bloque **Memoria** con 3 bloques llamados **Módulo memoria** con parámetro tasa de fallos $\lambda=0.00764$. El resultado se muestra en la figura 4.

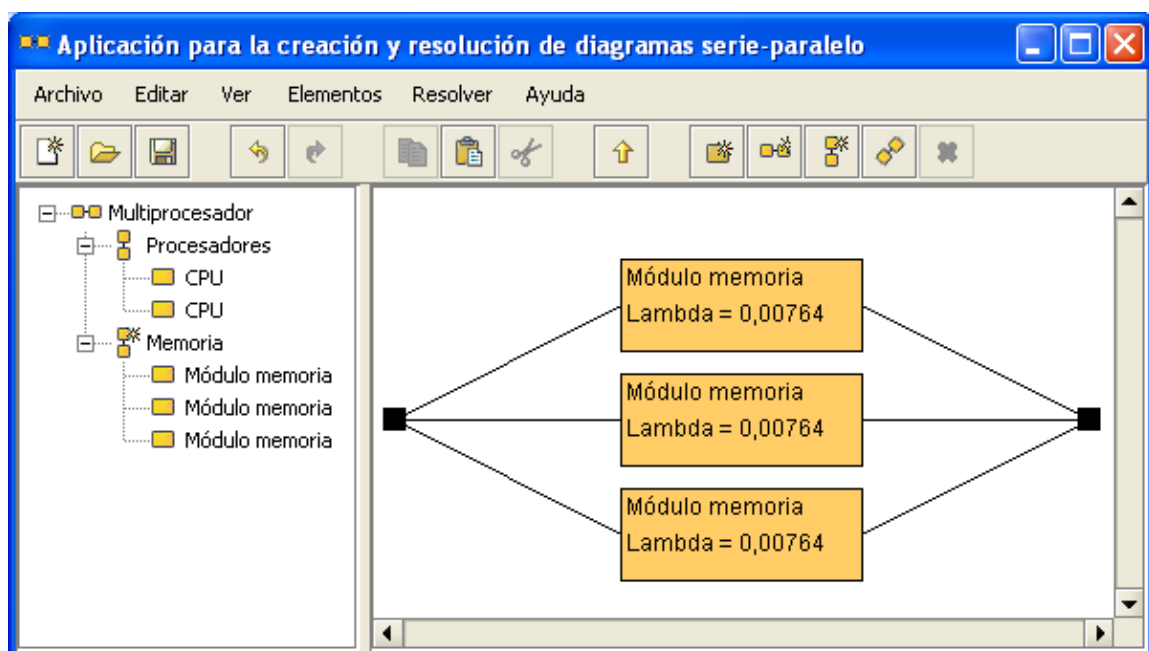


Figura 4: Diagrama de fiabilidad de las memorias

Antes de seguir, guarda el modelo generado mediante la opción **Archivo->Guardar** dándole como nombre **Multiprocesador.wil**.

3.2 Evaluación de un modelo no reparable

Para resolver el modelo, lo primero es escoger para qué elementos vamos a calcular resultados. Para ello, dirígete al menú **Resolver->Opciones** que te mostrará un cuadro de diálogo como el siguiente:

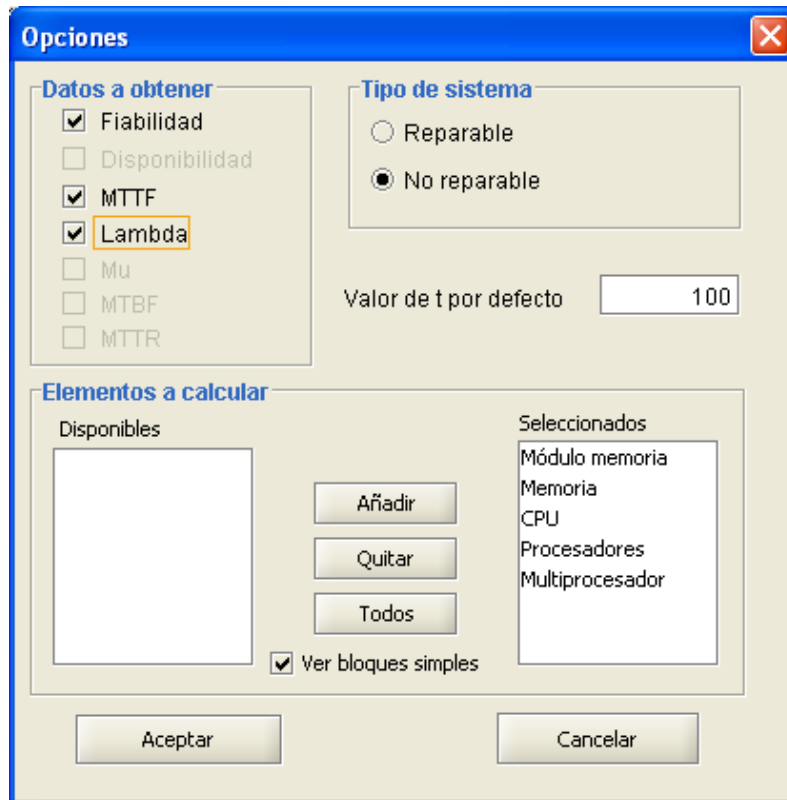


Figura 5: Opciones de resolución

En este diálogo se puede escoger, en primer lugar, qué datos se desea obtener. Cuando se considera el sistema no reparable, sólo se pueden seleccionar tres (fiabilidad, MTTF y lambda), ya que el resto no tienen sentido. Si se escoge el tipo de sistemas reparable, se podrán seleccionar todos los parámetros disponibles, pero se debería haber introducido el valor para el MTTR o, alternativamente, la tasa de fallos (μ) o el MTBF. En este caso vamos a considerar el sistema no reparable y vamos a calcular todos los parámetros posibles.

En el diálogo también se puede seleccionar sobre qué elementos calcular los parámetros anteriores. En este caso nos interesa realizarlo sobre todos, así que activa la casilla de selección **Ver bloques simples** y pulsa el botón **Todos**.

Para realizar los cálculos, escoge la opción **Resolver->Obtener resultados**. Te presentará un cuadro de diálogo como el siguiente:

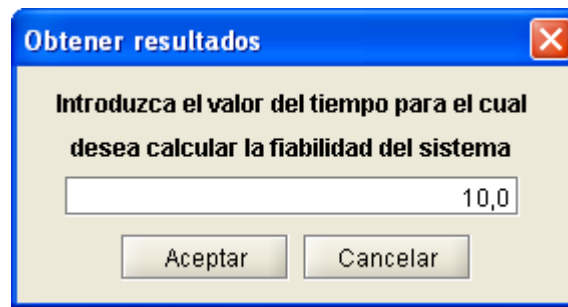


Figura 6: Intervalo de cálculo de la fiabilidad

En este cuadro de diálogo se pregunta el intervalo de tiempo t para el cual se desea calcular la fiabilidad del sistema, expresado en las unidades en las que esté el modelo (la herramienta no utiliza un unidad por defecto, sino que supone que todos los datos introducidos están en las mismas unidades). Por defecto pone el valor que se seleccione en la casilla correspondiente del cuadro de diálogo **Opciones** mostrado en la figura 5. En este ejemplo se desea conocer la probabilidad de que el multiprocesador y sus bloques constitutivos (procesadores y memorias) funcionen ininterrumpidamente durante 10 días. Por tanto se debe evaluar la fiabilidad de estos elementos para un periodo de 10 días.

Tras pulsar **Aceptar** se obtendrán los resultados en una ventana como esta:

| Bloque | Fiabilidad | Tasa de fallos | MTTF |
|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| Módulo memoria | 0.92644555421217 | 0.00764 | 130.89005235602093 |
| Memoria | 0.9996020515819288 | 0.0041672727272727 | 239.9650959860384 |
| CPU | 0.9861961589479402 | 0.00139 | 719.4244604316547 |
| Procesadores | 0.9998094539722094 | 9.266666666666667E-4 | 1079.136690647482 |
| Multiprocesador | 0.9994115813816286 | 0.005093939393939394 | 196.31171921475314 |

Figura 8: Resultados sobre la fiabilidad del equipo

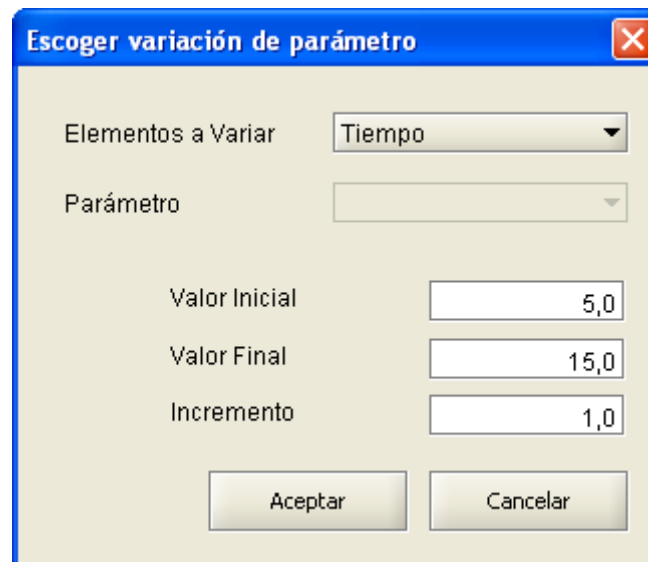
Mediante el botón “Crear gráfico” la herramienta permite dibujar los datos de la tabla, pero sin posibilidad de modificar el gráfico generado. Para mayor flexibilidad se pueden exportar los datos a un fichero o copiar al portapapeles para luego representarlos en Excel o utilizarlos en cualquier tipo de documentación. Fíjate también que para incluir diagramas de bloques en la documentación no hace falta que captures la pantalla, sino que puedes utilizar **Archivo->Exportar->Diagrama**, bien al portapapeles, bien a un archivo con formato *.jpg*.

También se puede especificar un bucle en el que se resuelve el modelo múltiples veces. Como variable índice del bucle se puede usar:

1. El valor de un parámetro del modelo, o bien...
2. El periodo de tiempo para el que se desea calcular la fiabilidad.

Con cualquiera de las dos posibilidades anteriores, se puede variar la variable índice incrementándola sucesivamente desde un valor inicial a un valor final.

Por ejemplo, para evaluar la fiabilidad del multiprocesador, para tiempos ininterrumpidos de servicio de entre 5 y 15 días con incrementos de 1 día en 1 día, se usa la opción **Resolver->Variar parámetros**, tal como se muestra en las figuras 7 y 8.



Escoger variación de parámetro

Elementos a Variar: Tiempo

Parámetro:

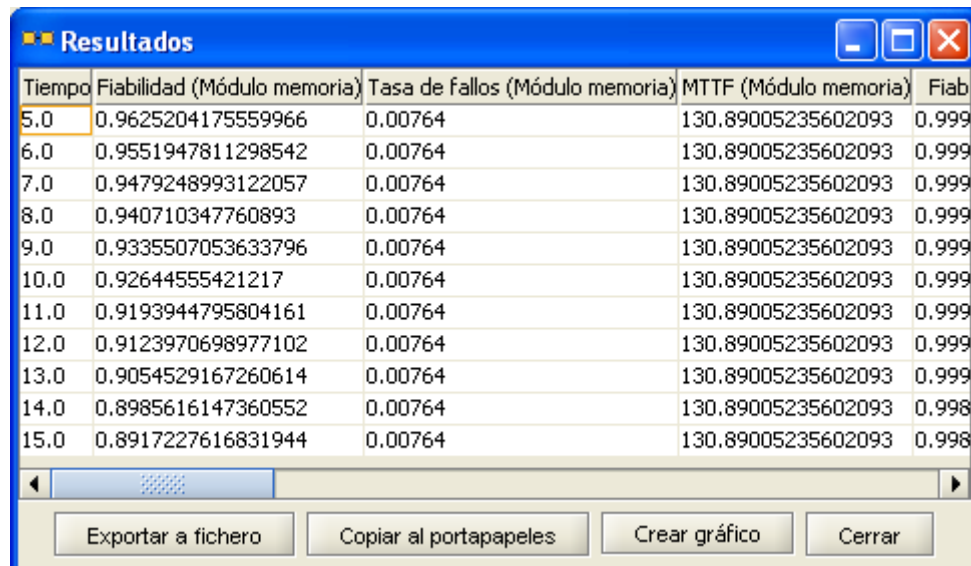
Valor Inicial: 5,0

Valor Final: 15,0

Incremento: 1,0

Aceptar Cancelar

Figura 7: Especificación de incrementos del período de tiempo



Resultados

| Tiempo | Fiabilidad (Módulo memoria) | Tasa de fallos (Módulo memoria) | MTTF (Módulo memoria) | Fiab |
|--------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------|
| 5.0 | 0.9625204175559966 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.999 |
| 6.0 | 0.9551947811298542 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.999 |
| 7.0 | 0.9479248993122057 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.999 |
| 8.0 | 0.940710347760893 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.999 |
| 9.0 | 0.9335507053633796 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.999 |
| 10.0 | 0.92644555421217 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.999 |
| 11.0 | 0.9193944795804161 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.999 |
| 12.0 | 0.9123970698977102 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.999 |
| 13.0 | 0.9054529167260614 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.999 |
| 14.0 | 0.8985616147360552 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.998 |
| 15.0 | 0.8917227616831944 | 0.00764 | 130.89005235602093 | 0.998 |

Exportar a fichero Copiar al portapapeles Crear gráfico Cerrar

Figura 8: Evaluación para incrementos del tiempo

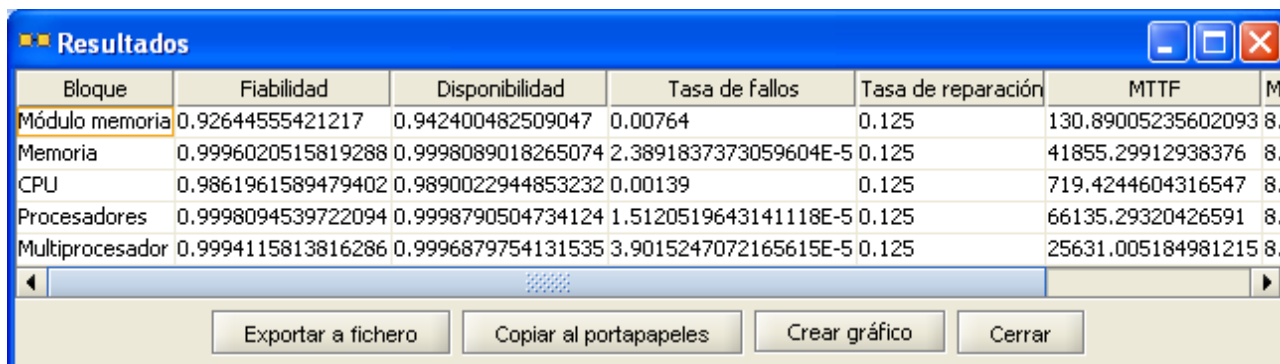
3.3 Evaluación de un modelo reparable

DependTool permite utilizar los diagramas de bloques serie-paralelo para modelar la disponibilidad **estacionaria** además de la fiabilidad. Para evaluar un modelo de disponibilidad es necesario, en primer lugar, introducir las tasas de reparaciones. Si se dejasen con el valor por defecto (cero), la disponibilidad estacionaria sería cero sin necesidad de resolver ninguna fórmula: un sistema que no es reparable en el infinito va a estar indisponible.

Añade una tasa de reparación para todos los componentes de 0.125 unidades de tiempo (recuerda que, como hiciste un copiado especial, con que lo cambies a una CPU, cambian todas las CPUs y lo mismo ocurre cuando cambias una memoria). Guarda el fichero para que se almacenen estos cambios.

Para poder obtener la disponibilidad, ir a **Resolver->Opciones** y escoger como tipo de sistema **Reparable**. Añadir en esa misma ventana como datos a obtener todos los parámetros y todos los bloques (incluidos los simples).

Obtén la ventana de resultados mediante la orden **Resolver->Obtener resultados** (Ctrl.+r) y poniendo 10 para el tiempo con el que calcular la fiabilidad. Deberías obtener una pantalla similar a esta:



| Bloque | Fiabilidad | Disponibilidad | Tasa de fallos | Tasa de reparación | MTTF | M |
|-----------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----|
| Módulo memoria | 0.92644555421217 | 0.942400482509047 | 0.00764 | 0.125 | 130.89005235602093 | 8. |
| Memoria | 0.9996020515819288 | 0.9998089018265074 | 2.3891837373059604E-5 | 0.125 | 41855.29912938376 | 8. |
| CPU | 0.9861961589479402 | 0.9890022944853232 | 0.00139 | 0.125 | 719.4244604316547 | 8. |
| Procesadores | 0.9998094539722094 | 0.9998790504734124 | 1.5120519643141118E-5 | 0.125 | 66135.29320426591 | 8. |
| Multiprocesador | 0.9994115813816286 | 0.9996879754131535 | 3.9015247072165615E-5 | 0.125 | 25631.005184981215 | 8. |

Exportar a fichero Copiar al portapapeles Crear gráfico Cerrar

Figura 9: Evaluación de un sistema reparable

Como puedes comprobar, con un sistema reparable se puede calcular también la fiabilidad. Compara los valores obtenidos esta vez con los que obtuviste para el sistema no reparable. Verás que el MTTF obtenido es distinto. Esto es lógico ya que en este nuevo cálculo DependTool está suponiendo que los componentes son reparables.