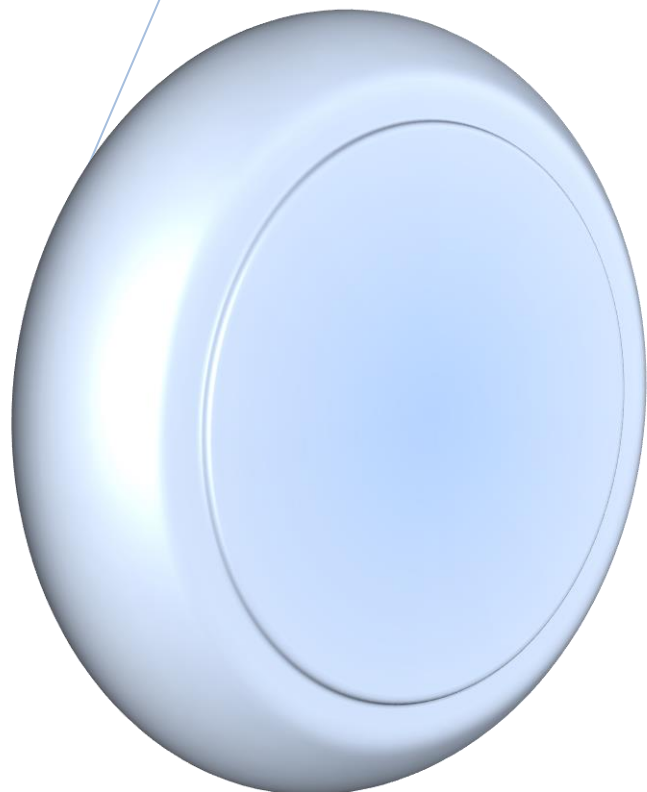


Apunte Clase: Simulación por Eventos Discretos

Ingeniería UCC



Contenido

Contenido	1
1 INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN.....	2
2 QUE ES UN EVENTO DISCRETO Y CÓMO TRABAJA EN UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN	6
3 INTRODUCCIÓN A LOS ELEMENTOS DE LA SIMULACIÓN	9
4 PROFUNDIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SIMUL8.....	25
4.1 Propiedades de los elementos	25
WORK ENTRY POINT (WEP)	25
STORAGE AREA (BUFFER)	30
WORK CENTER.....	32
WORK EXIT POINT (WExP).....	35
RESOURCES	37

1 INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN

1.1 Que es simulación

Simular es el proceso de construir y utilizar un modelo virtual que represente la realidad, con el objetivo de verificar el impacto que tienen algunas variables sobre ésta.

La simulación de Eventos Discretos es la creación de un modelo computacional basado en un sistema o proceso. Con un modelo se intenta representar de forma simple una parte de la realidad. Este curso pretende mostrar cómo se construyen modelos de simulación por computadora. La simulación contribuye a la toma de decisiones y a la comunicación de sus efectos. Permite comparar diferentes escenarios y, mediante ello, tomar una decisión después de considerar todos los ángulos posibles.

La simulación permite explorar un modelo electrónico del proyecto que se está gestionando, tanto el proyecto sea un hospital, un centro administrativo, una fábrica, o cualquier otra cosa. El tipo de modelo que se construye es siempre “time-based” (basado en tiempos), y toma en cuenta todos los recursos y restricciones involucradas, y la forma en que todos ellos interactúan a medida que el tiempo pasa.

Esto significa que el modelo puede representar la realidad, esto es, algo que se pruebe en el modelo se comportará de la misma manera en que se comportará en la organización real. Con la simulación se pueden probar rápidamente ideas a una fracción de costos que probándolas en la organización real.

Simul8 es una de las tantas herramientas de simulación existentes en el mercado. El mismo permite mostrar flujos de trabajo, un evento a la vez, gráficamente a través de un sistema; así como también todas sus interacciones claves con recursos y equipamientos. Permite visualizar cómo interactúan los diferentes elementos que forman parte del sistema o proceso para luego proceder a su análisis. Simul8 es una herramienta de simulación muy apropiada para los que se inician en la construcción de modelos ya que no se necesita grandes conocimientos de informática y de estadísticas, permite trabajar con gráficos animados y posteriormente extraer los resultados para su análisis.

El Simul8 es compatible con:

- Visio
- Autocad
- Excel
- Visual Basic

1.2 Ventajas de la simulación

El modelo de simulación puede representar la realidad, esto es, algo que se pruebe en el modelo se comportará de la misma manera en que se comportará en la organización real. Con la simulación se pueden probar rápidamente ideas a una fracción de costos que probándolas en la organización real.

Por ello la simulación permite ahorrar tiempo y dinero, pero fundamentalmente tomar decisiones óptimas basadas en un análisis crítico antes que el tradicional método de prueba y error.

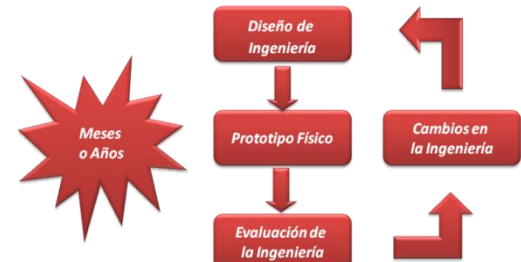
Otro aspecto importante es que las simulaciones en una fábrica de bienes físicos, por ejemplo una empresa automotriz, pueden incluir maquetas físicas, así como pruebas de funcionamientos y otras situaciones experimentales para tomar algunas decisiones, pues hay un producto tangible, en cambio, las empresas de servicios en las cuales sus productos no son materializables, históricamente han sido forzadas a implementar cambios para probar sus efectos, la creación del modelo digital permite en este tipo de organizaciones la validación de la toma de decisiones antes de la implementación de las mismas.

Sumarizando, la simulación nos permite realizar pruebas, analizar resultados de diferentes alternativas, sin la necesidad de la construcción real del modelo ni la interferencia en la operativa y actividad diaria de una organización. Trabajando sin riesgos, a bajo costo y en una fracción del tiempo más pequeña que la que se habría requerido con otras formas de implementación de cambios. Es decir, permite responder muy satisfactoriamente a preguntas del tipo “que ocurriría si realizamos este cambio en...”, contribuyendo a la reducción del riesgo inherente a la toma de decisiones.

Algunos inconvenientes:

Existe el riesgo de tomar malas decisiones basadas en modelos de simulación que no han sido validados y verificados adecuadamente.

Ingeniería Tradicional



Ingeniería Digital



1.3 Puntos críticos

Las primeras etapas, relevar datos, crear el modelo, demandan la mayor parte del trabajo, tiempo y costos; sin obtener hasta el momento resultados. Sin embargo todo lo invertido se recupera ampliamente una vez validado el modelo cuando de manera muy sencilla se logran introducir cambios al sistema y obtener resultados de forma inmediata y sin ningún costo.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que un modelo que pase las pruebas de validación no garantiza que los resultados obtenidos del mismo sean óptimos. Esto se debe a que la simulación sólo permite comparar alternativas, pero no nos brinda la información acerca de cuál es la mejor o si existen otras mejores aún.

1.4 Etapas en la simulación



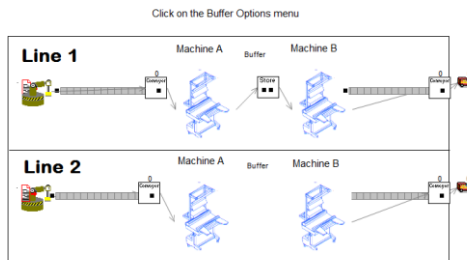
1.5 Aplicaciones

- Validación de flujos de procesos y definición de lay out.
- Análisis de escenarios y alternativas de innovaciones.
- Validación de la elección de sistemas complejos de flujos de materiales.
- Reducción de costos y riesgos de inversión.
- Maximización de la utilización de máquinas y equipos.
- Reducción o reasignación de tareas a operarios.
- Reducción de inventarios.
- Planificación de la producción y su validación.
- Nivelación de la producción.

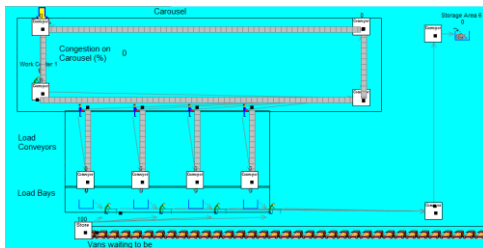
- Análisis de escenarios de capacidades productivas.
- Justificación de inversiones de capital.
- Mejora de la productividad.
- Etc.

Aplicaciones empresariales:

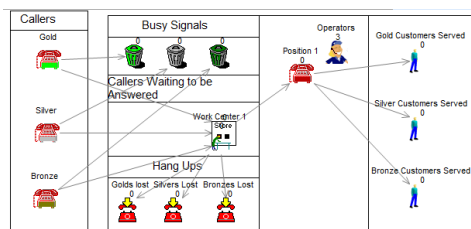
- **Procesos de fabricación:** fue una de las primeras aéreas beneficiadas con estas técnicas. La simulación se emplea tanto para el diseño como para la ayuda a la toma de decisiones operacionales.



- **Logística y transporte:** la simulación contribuye de forma significativa a la mejora de los procesos logísticos en general. Dentro de esta área, se incluye tanto una cadena completa de suministros como la gestión de inventarios de un almacén.



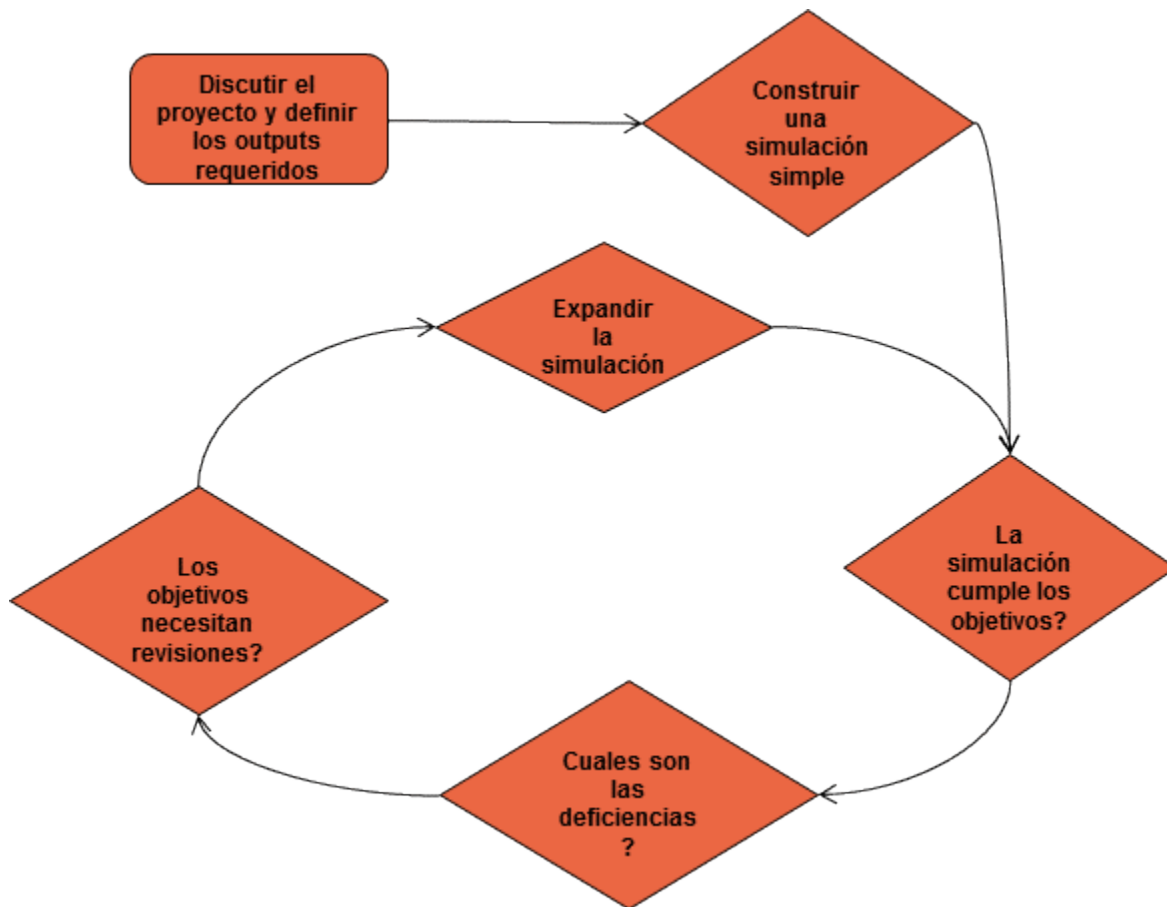
- **Sanidad:** se emplea tanto para la mejora de un departamento hospitalario, como en la logística asociada a los transplantes o a la coordinación médica de un a región.
- **Negocios (Business Processing):** simulación de los procesos administrativos y de negocio de una empresa. En esta área están teniendo mucho auge los juegos de empresas en los que mediante simulación de los efectos de las decisiones que se van tomando se puede entrenar a managers y directivos.



1.6 Consejos para Simular

Antes de empezar a construir una simulación vale la pena realizar un paso atrás y pensar sobre lo que se va a simular y por qué.

Profesionales de simulación pasan mucho tiempo en el inicio de un proyecto para comprender cuáles son los problemas y formular maneras de ponerlos en una simulación. El proceso que atraviesan se puede resumir así:



2 QUE ES UN EVENTO DISCRETO Y CÓMO TRABAJA EN UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Generalmente cuando se aprende a realizar modelos de simulación se comienza con las características de los elementos propios del software que se use. El objetivo de esta sección es entender brevemente cuáles son los fundamentos que utilizan los software de simulación para su configuración. Esto es importante porque el modelador puede incurrir a errores si no sabe interpretar la lógica que utiliza el software de simulación en la creación de los modelos.

Como resultado, se aprenderá a ser más efectivo en la construcción, verificación y uso de modelos de simulación de eventos discretos.

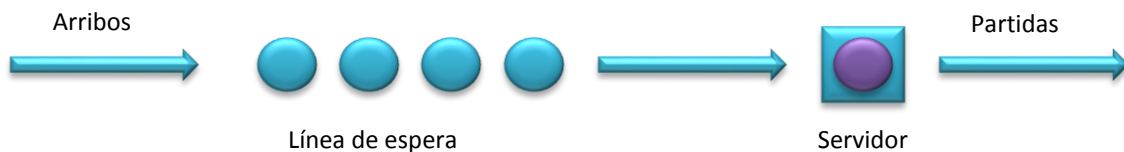
2.1 Aspectos de la Simulación de Eventos Discretos.

2.1.1 Vista Global del Flujo de Transacción (Transaction-Flow World View)

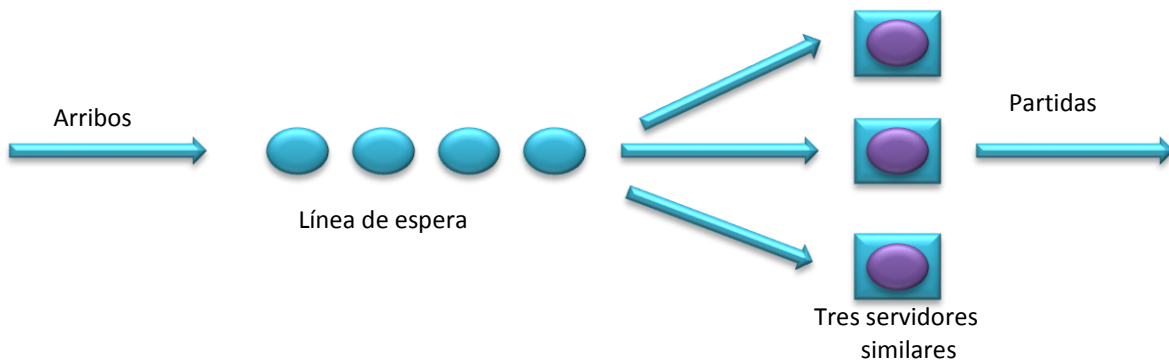
La vista global del flujo de transacción provee frecuentemente la base para la simulación de eventos discretos. En esta vista, un sistema consiste en el tráfico de unidades discretas que compite cada uno con otras unidades por el uso limitado de recursos mientras fluyen de un punto a otro en el sistema. El tráfico de unidades es llamado algunas veces como “transacciones”.

Algunos ejemplos:

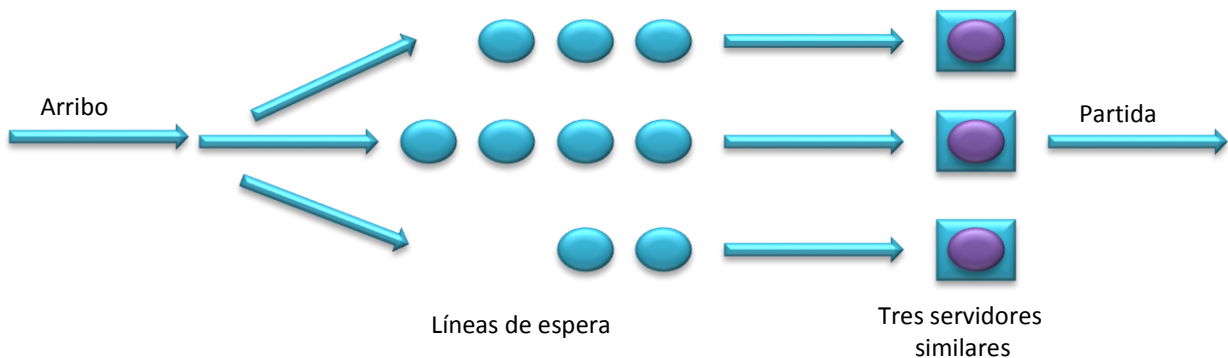
- One-line, one-server system, donde las unidades de tráfico se representa con círculos, el cuadrado es el recurso limitado. La línea de espera para el servicio es llamado queue. La combinación de estos elementos se denomina “queuing system”



- One-line, multiple-server system, como el caso de cajeros en un banco.



- Multiple-line, multiple-server system, es el caso de supermercados por ejemplo.

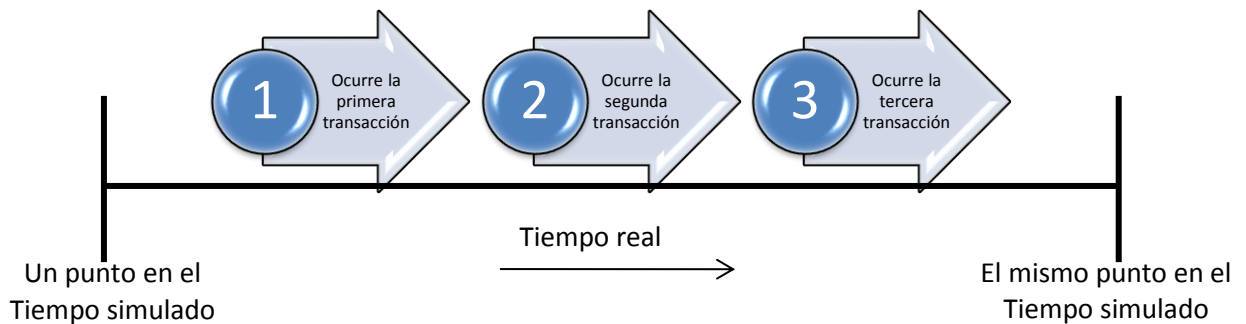


Como se observa, son numerosos los sistemas de flujo de transacciones. Se pueden encontrar en manufactura, salud, transporte, comunicación, etc.

2.1.2 Naturaleza de un evento discreto.

Un sistema de evento discreto es aquel en donde el estado de un sistema cambia solamente en forma discreta (punto por punto en un conjunto de puntos de tiempo), posiblemente en forma aleatoria, conocido como “events time”. Un evento es un cambio en el estado del sistema. Por ejemplo, suponemos que una pieza termina de ser procesada y está disponible en un buffer. Este es un cambio de estado y por lo tanto un evento discreto. Luego, otra máquina toma esta pieza para realizar una operación. Aquí ocurre otro cambio de estado. Un reloj en una simulación registra los puntos de tiempo en el cual ocurre un evento discreto. El software de simulación de evento discreto provee de un reloj y su valor es determinado automáticamente. El valor del reloj avanza durante la simulación sólo cuando se registran puntos de tiempos discretos, es decir cuando ocurre un evento.

Frecuentemente se dan casos en que dos o más eventos ocurren en el mismo tiempo. En estos casos, el valor del reloj de la simulación permanece fijo mientras los eventos de idénticos tiempos se llevan a cabo uno después del otro. El tiempo real transcurre mientras el software trabaja para actualizar los estados en ese punto de tiempo simulado.

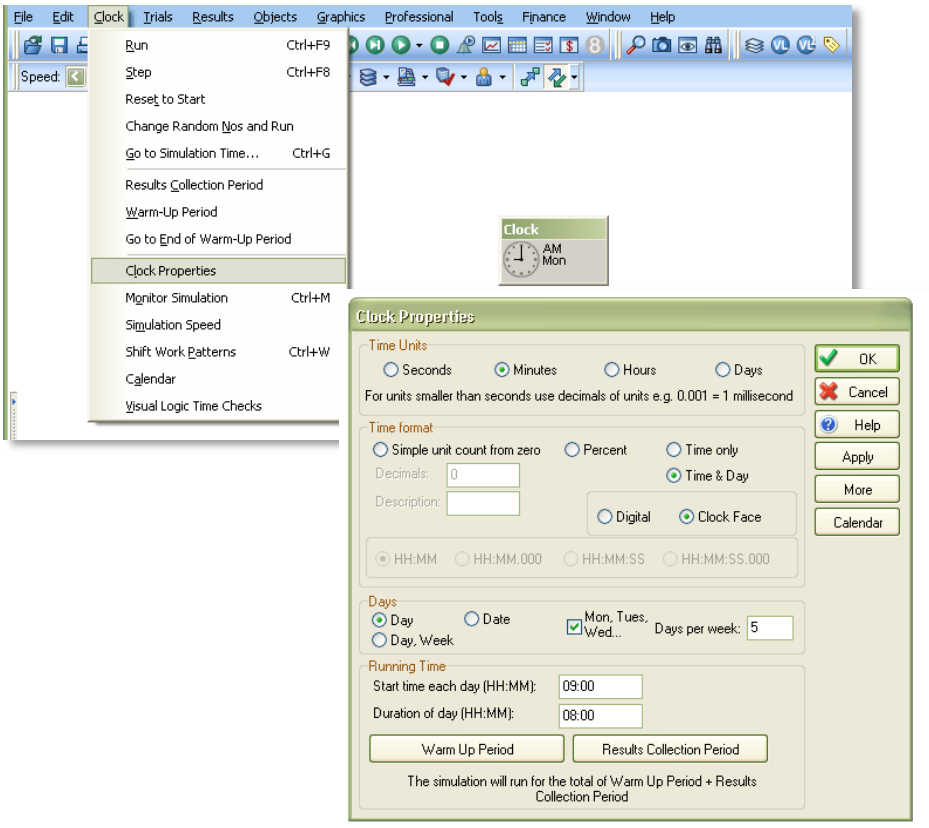


Hay casos en que se debe tener en cuenta la secuencia en que ocurren los eventos ya que pueden ser lógicamente dependientes entre sí. En otros casos los eventos pueden ocurrir en forma independiente pero en el mismo punto de tiempo de simulación.

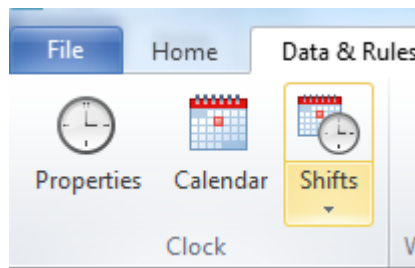
3 INTRODUCCIÓN A LOS ELEMENTOS DE LA SIMULACIÓN

3.1 Control de la simulación- Clock

En la barra de menú general de SIMUL8 se encuentra el comando “Clock”. Como se observa en la figura, se despliega una serie de comandos que nos permiten controlar el período de tiempo en que se realiza la simulación.



En la nueva versión:



3.2 Clock Properties

Haciendo click en “Clock Properties” se despliega la solapa para la configuración del clock.

Donde:

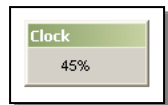
Time Units: Acá se define la unidad de tiempo que se utilizará en el modelo de simulación. Podemos seleccionar como unidades de tiempo: días, horas, minutos o segundos. Por ejemplo si tuviese un modelo de simulación que utiliza una Distribución Fija y el tiempo es 10, la interpretación de 10 está definida por las unidades seleccionadas. Así, si el reloj está determinado en horas, entonces, se consideran 10 horas.

Time Format: A través de esta opción se establece el formato con el cual es mostrado el reloj en la simulación.

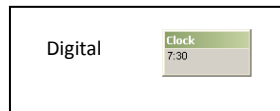
- Simple unit count from zero. Podemos configurar la cantidad de decimales y agregar una descripción.



- Percent



- Time Only, con las opciones de Clock Face o Digital



- Time & Day

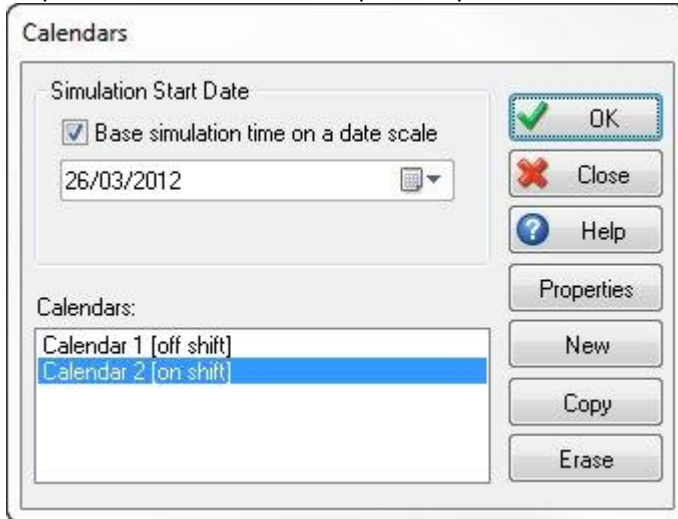


Days: A través de esta opción, no solo se modifica el formato del reloj sino también el número de días por semana que se corren en el modelo.

Running Time: Running time se utiliza para establecer la hora de comienzo y el número de horas por día.

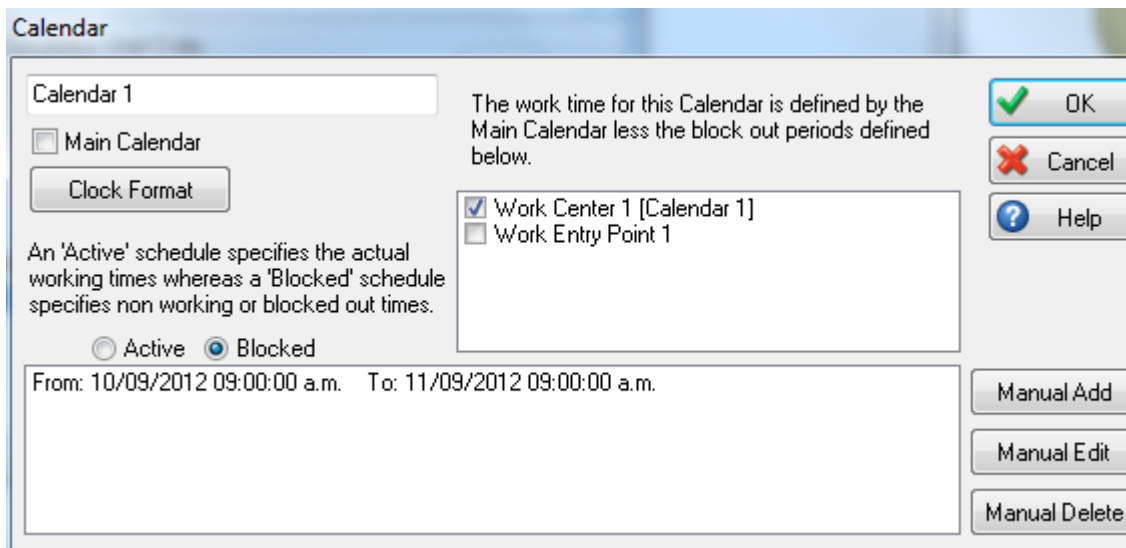
3.3 Calendarios

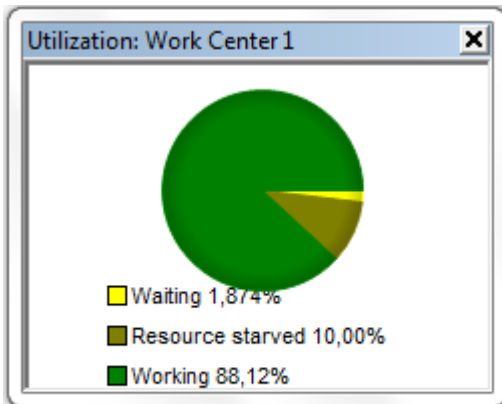
Se puede definir una fecha específica para iniciar la simulación:



También es posible definir un calendario para “Blockear” ó “Activar” ciertas actividades dentro de la simulación.

Si en el calendario se especifica un tiempo “Blocked” a una actividad, la misma no trabajará en ese periodo.

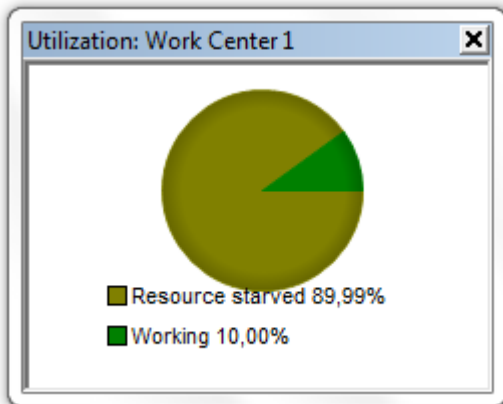




Si en el calendario se especifica un tiempo Activo a una actividad, la misma solo trabajará en ese periodo. (En las versiones anteriores solo se puede Block out un periodo para una o varias actividades).

The "Calendar" dialog box is shown with the following details:

- Title:** Calendar
- Calendar Name:** Calendar 1
- Main Calendar:** ☐
- Clock Format:** [Button]
- Description:** The work time for this Calendar is defined by the Main Calendar and also the active time periods defined below.
- Active/Blocked:** ☒ Active, ☐ Blocked
- Time Period:** From: 10/09/2012 09:00:00 a.m. To: 11/09/2012 09:00:00 a.m.
- Work Center 1 [Calendar 1]:** ☒ (Selected)
- Work Entry Point 1:** ☐ (Not selected)
- Buttons:** OK, Cancel, Help, Manual Add, Manual Edit, Manual Delete.



Se pueden determinar Calendarios para eventos únicos o para eventos repetitivos.

Single Calendar Entry

☒ Single entry ☐ Recurring entry (advanced)

Start Date/Time: 07/09/2012 09:00:00 a.m.

End Date/Time: 07/09/2012 10:00:00 a.m.

OK Cancel Help

Recurring Calendar Entry

☐ Single entry ☒ Recurring entry (advanced)

Timing

Start: 09:00:00

Duration (minutes): 60

End: 10:00:00

Recurrence pattern

Daily Weekly Monthly Yearly

Recur every 1 week(s) on:

☒ Monday ☐ Tuesday ☐ Wednesday ☐ Thursday

☐ Friday ☐ Saturday ☐ Sunday

Range of recurrence

Start: ☒ Simulation Start Date 26/03/2012

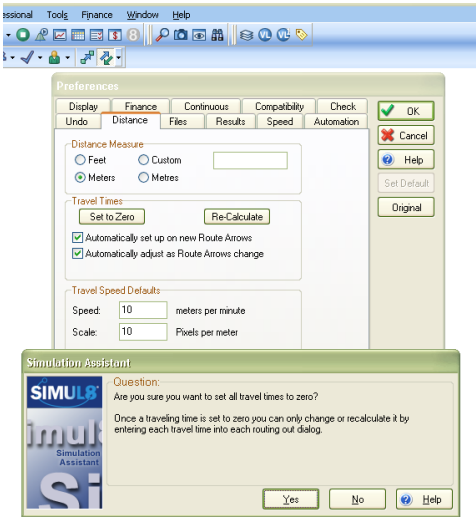
End: ☒ No end date: ☐ End after: 10 occurrences ☐ End by: 01/04/2012

OK Cancel Help

Probar distintas combinaciones de uso del calendario en el simulador.

3.4 Tiempo de viaje

SIMUL8 está diseñado para imitar el layout de una fábrica u otra organización, por esto asume que las distancias entre Queues y Work Centres deberían estar reflejadas en el tiempo de viaje de los objetos. Simul8 toma como Standard lo siguiente:



- el tiempo de viaje desde cualquier Queue (buffer) hasta un Work centre es cero,
- el tiempo de viaje desde cualquier Work centre hasta otro Work centre es cero,
- el tiempo de viaje desde cualquier Work Centre hasta un Buffer ó Exit Point NO ES CERO y los relaciona según la distancia de la pantalla, es decir, según la longitud de la flecha.

Se puede consultar el tiempo de viaje de cada flecha de unión de elementos en la simulación a través del menú contextual de la flecha, en la opción Route Arrow Properties.

Se puede acceder a la opción Travel Times a través del menú Tools, opción Preferences, ó File – Preferences en las versiones más nuevas.

Los tiempos de viaje pueden ser personalizados presionando la opción **Set to Zero** y estableciendo que los tiempos serán establecidos vía Routing Out para cada Work Center.

3.5 Ventana de Simulación

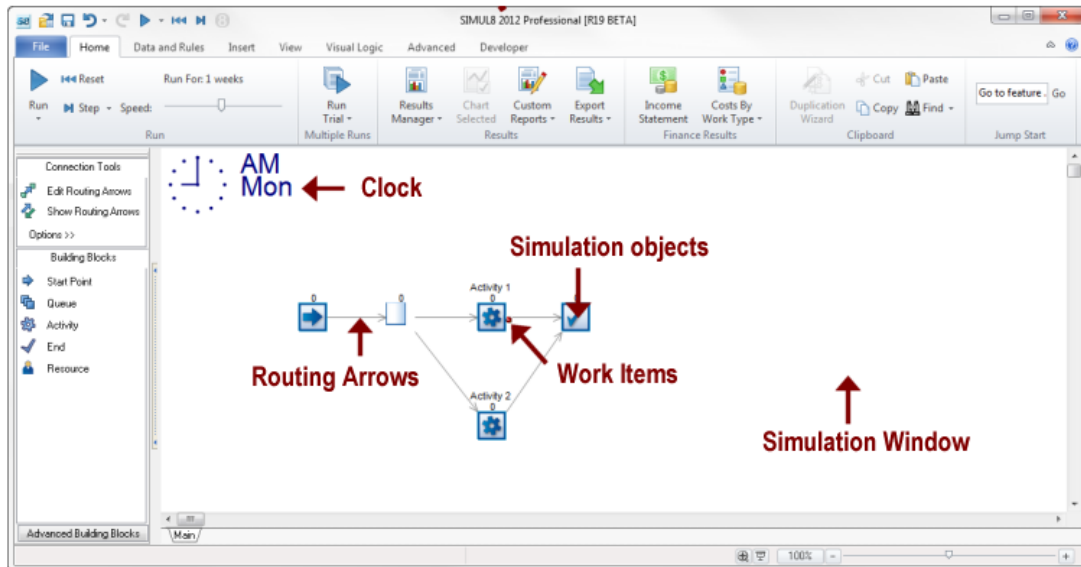
La Ventana de simulación es la representación principal del modelo de simulación en SIMUL8.

La ventana se mantiene actualizada para que se pueda ver lo que sucede en el modelo en cada corrida de la simulación.

Permite tener una visión sistémica del modelo, pudiendo observar factores claves, deficiencias, oportunidades de mejora, etc.

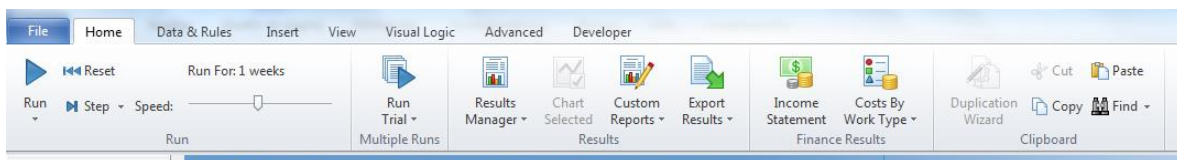
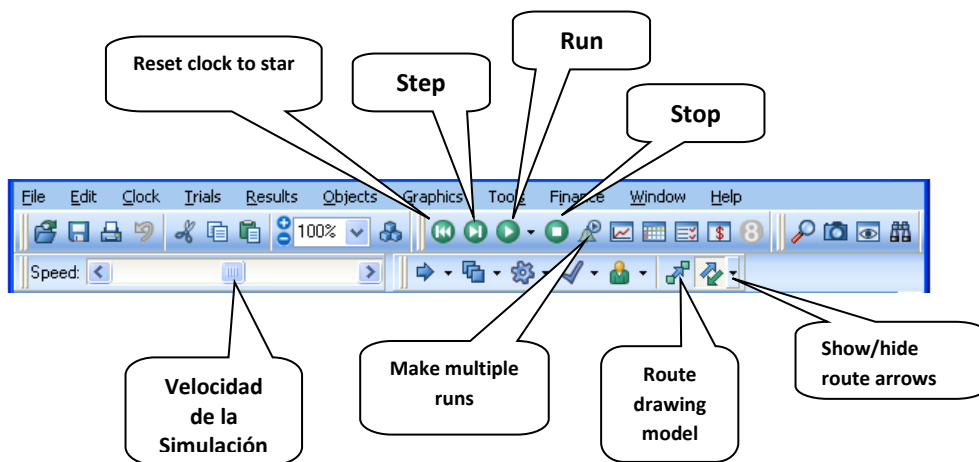
Todos los iconos en la ventana de simulación representan un objeto del modelo, aunque también es posible crear íconos que representan ventanas secundarias a fin de definir diferentes niveles dentro del mismo modelo de simulación.

Para inspeccionar los parámetros detallados de cualquier objeto en la pantalla, o para observar el interior de cualquiera de las sub-ventanas, simplemente haga clic en el objeto.



(Versión 2012)

3.6 Menú Básico



Reset clock to star: Permite reiniciar el reloj hasta el inicio de la simulación.

Step: Permite avanzar el reloj hasta el próximo evento.

Run: Permite ejecutar la simulación a la velocidad indicada.

Stop: Permite para el reloj.

Make multiple runs: Permite correr varias simulaciones rápidamente sin que se muestre en la ventana.

Barra de Velocidad: Permite ajustar la velocidad a la se ejecuta la simulación.

Route Drawing Model: Permite vincular los objetos de la simulación.

Show/Hide Route Arrows: Permite visualizar en la ventana las flechas que vinculan los elementos de la simulación.

3.7 Work Item y objetos de SIMUL8

- **Work Item**

Los elementos que fluyen en la simulación se denominan Work Item.

Ingresan a la simulación por medio de un Work Entry Point o bien pueden estar almacenados en los Storage Area, a su vez, éstos pueden ser modificados por los Work Center.

A cada Work Item puede colocársele “etiquetas” (Labels) para diferenciar productos, grado de proceso, colores, modelos, etc.

Hay una imagen estándar que se utiliza para mostrar un Work Item en la pantalla (bolas), sin embargo cada Work Item Type puede tener su propia imagen por defecto, y a su vez es posible que algunos Work Item tengan sus propias imágenes individuales que pueden cambiar a medida que fluyen a través de Work Center.

Algunos ejemplos de Work Item son:

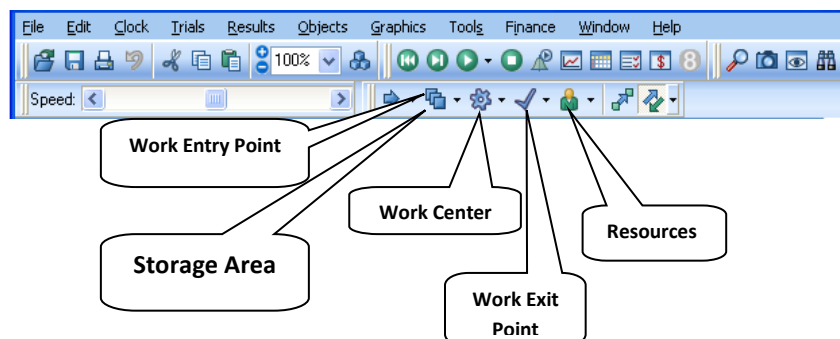
Los pacientes en un hospital

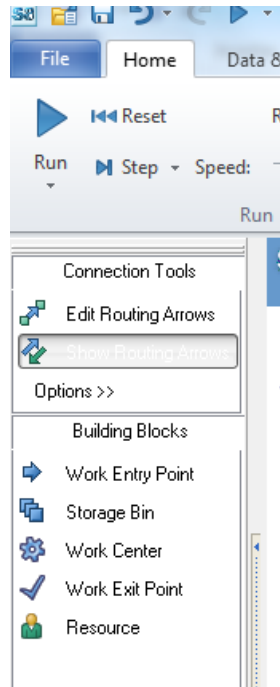
Las facturas en un departamento de cuentas

Los Productos en una fábrica

Las llamadas en un Call Center

SIMUL8 presenta 5 herramientas básicas, las cuales, por su generalidad, o bien por combinación de algunas de ellas, permiten representar todos los elementos que pueden encontrarse en un proceso, sea éste de cualquier tipo.





- **Work Entry Points**

El Work Entry Point es el lugar donde ingresan los ítems de trabajo a la simulación. Pueden existir tantos Work Entry Point como se requiera, las cuales pueden ser controladas para que sigan un patrón determinado o una distribución probabilística particular.

Algunos ejemplos:

- Ingreso de Materia Prima en una fábrica
- Ingreso de Pedidos en un almacén
- Ingreso de llamadas en un Call Center
- Ingreso de pacientes en un hospital

- **Storage Area**

Aquí los ítems son almacenados mientras esperan que los Resource o los Work Center estén disponibles.

Pueden mostrarse como una imagen fija, una cola o bien un tanque.

En los Storage Area, puede definirse un tiempo de “caducidad” para los Work Item, pudiendo por ejemplo vencerse los productos de una fábrica o personas cansarse de esperar en un cola y decidir no tomar el servicio.

Algunos ejemplos:

- Cola de espera en un supermercado
- Almacén en una fábrica
- Llamadas en espera en un Call Center

- **Work Centers**

El Work Center es el lugar donde se le realiza un trabajo al Work Item o bien se lo redirecciona hacia otro elemento de la simulación o bien se le cambian los parámetros al Work Item (label, imagen, etc.).

Este trabajo por lo general toma tiempo y puede requerir la disponibilidad de recursos para ello. En un Work Center el Work Item puede ser transformado de alguna manera, y luego de que el trabajo este terminado, puede enviar los Work Item a otro objeto o a varios objetos de la simulación, en función de las reglas de ruteo que se establezcan.

Algunos ejemplos:

- Máquina en una fábrica
- Consultorio en un Hospital
- Un puesto de trabajo
- Un punto de decisión

- **Resources**

Son elementos necesarios para realizar un trabajo en el Work Center.

Normalmente son utilizados cuando 2 o más Work Center comparten un recurso, o para colaborar en las lógicas del modelo.

Puede definirse entonces, como aquello que hace posible que el trabajo tenga lugar o como aquello que actúa como una restricción.

Los elementos clave que deben tenerse en cuenta para tomar la decisión en torno a la definición del recurso están vinculados a lo siguiente:

Escasez: debe o no estar siempre presente y actuará por lo tanto como una restricción en el modelo.

Por ejemplo, si una pieza simple de un equipo es requerida en dos puntos diferentes del proceso pero puede estar presente sólo en uno de ellos, entonces probablemente es un recurso.

Solo presente en ciertos momentos del día. Por ejemplo, personal que trabaja en un turno de trabajo.

Algunos ejemplos:

- Operario que trabaja en varias máquinas
- Médico de guardia que atiende en varios consultorios
- Herramienta que se comparte entre varios puestos de trabajo

- **Work Exit Points**

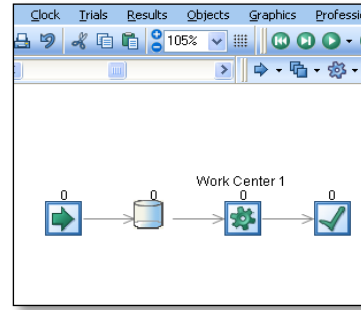
Es el lugar por donde los Work Item una vez procesados salen de la simulación.

Cada vez que un Work Item sale del sistema por un Work Exit Point se registra el tiempo total que estuvo en la simulación.





Pueden existir tantas como se necesiten.

Algunos ejemplos:



- Productos terminados en una fábrica
- Desperdicios en una fábrica
- Clientes satisfechos o no satisfechos
- Pacientes dados de alta en un hospital



Primer Ejemplo

- 1) Clic en el icono  Work Entry Point y clic en la ventana de trabajo para introducir el objeto en la simulación.
- 2) Clic en el icono  Storage Are y luego clic en la ventana.
- 3) Clic en el icono  Work Center y clic en la ventana.
- 4) Picar el icono  Work Exit Point y clic en la ventana.

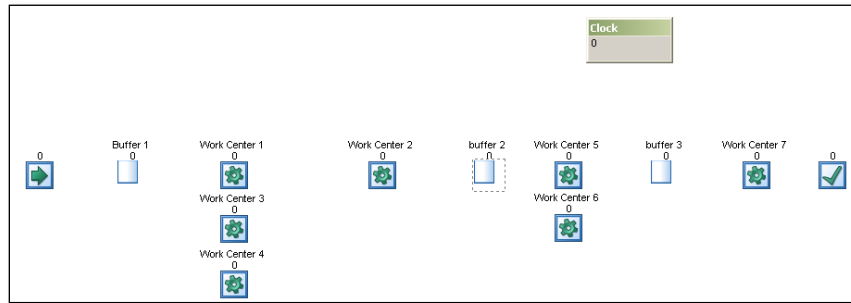
Una vez que se tienen todos los elementos en la ventana, el paso siguiente será vincularlos (por defecto, el software ya creó una vinculación, si esto no ocurriera o la secuencia creada por defecto no es la requerida se procede según el paso N° 5).

- 5) Picar  Route Drawing Model, al posicionarse en la ventana, aparece un flecha negra, hacer clic en el objeto de inicio de la secuencia y arrastrar el Mouse hasta el siguiente elemento (la flecha se ensancha) al soltar el botón del Mouse, la relación queda establecida y puede observarse una flecha gris entre los objetos. Para eliminar esta vinculación, se procede de la misma manera, en el mismo sentido que se empleo para crearla.
- 6) El paso final será correr la Simulación , clic en Run 

3.8 Control de la simulación - Warm Up period

Veamos el siguiente ejemplo:

Apunte Clase: Simulación por Eventos Discretos



Donde:

- Clock, Time units: minutes
- Clock, Time Format: simple unit count from zero
- Results Collection Period: 2400
- WEP, Inter arrival time: 7, exponential
- WC 1, 3 y 4, timing: Erlang, 3 average, 6 K
- WC 2, timing: Normal, 2.75, std dev 0,5
- Buffer 2, capacity: 25
- WC 5 y 6, timing: 10, average
- Buffer 3, capacity: 20
- WC 7, timing: 10, average

Sin activar el warm up period, observemos en diferentes números aleatorios como varía el primer buffer del modelo.

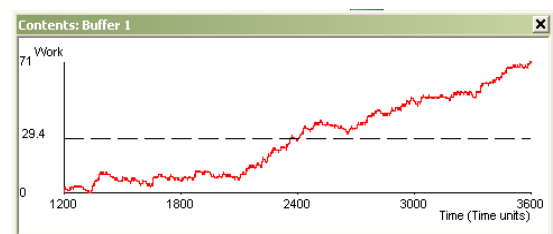
Hacemos Clock / Run en el modelo a una velocidad media y observemos que pasa con el gráfico del buffer 1.

Ahora usamos Clock / Change random Nos and Run y repetimos esta secuencia varias veces donde se verán diversos escenarios con diferentes números aleatorios.

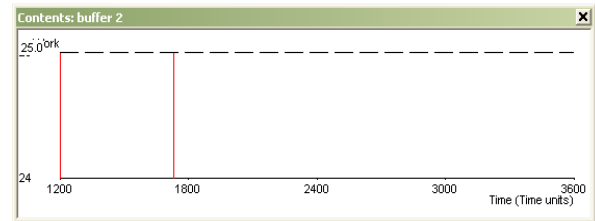
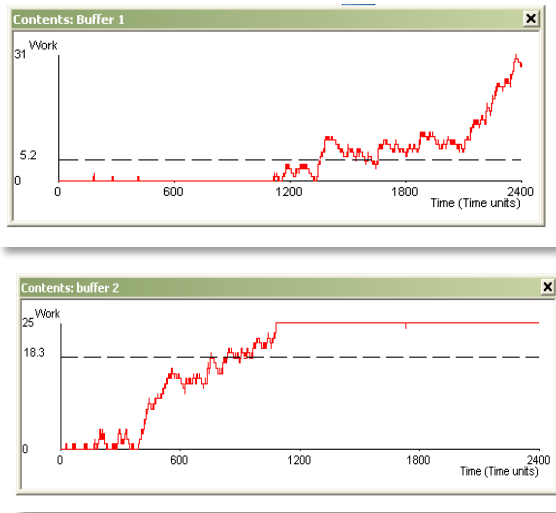
Deberías observar que:

- En cada nuevo set de números aleatorios se produce un gráfico diferente.
- En general, porque la simulación comienza sin piezas en el sistema, el promedio de objetos en el inicio del gráfico del buffer es menor que el promedio de objetos en el final del gráfico del buffer.
- Si tenemos en cuenta un período de transición inicial en los resultados, el promedio general del buffer 1 tiende a bajar.

El “warm up-period” se podría definir como el período de tiempo que el modelo necesita para operar en condiciones normales. Cuando un modelo comienza por primera vez, probablemente tenga muy poco trabajo en el sistema, y se requiere entonces de un tiempo para que los buffers tengan un nivel normal de trabajo.

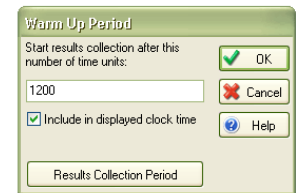


El período de tiempo que se necesita para que el modelo trabaje en condiciones normales, podría estimarse observando el contenido de los buffers.



El warm up-period puede omitirse en la recolección de los resultados. Se puede configurar desde el Clock Properties o desde el menú Clock/warm up-period.

Para nuestro ejemplo, podemos tomar un tiempo de 1200 minutos.



El modelo va a ignorar cualquier resultado recolectado durante el warm up-period, y comenzará el período de recolección de resultados cuando termina el mismo.

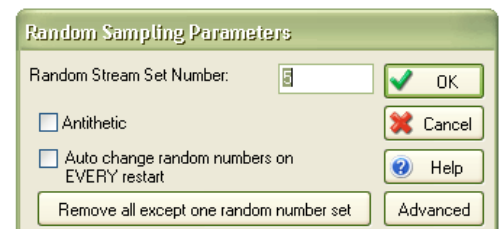
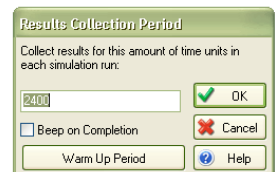
Como resultado de esto observamos que el tiempo de corrida del modelo se eleva.

3.9 Variaciones entre diferentes corridas

Frecuentemente, en estudios de simulación, nos interesa cuantificar la variación que existe día a día, semana a semana o mes a mes. El **result collection period** comúnmente es elegido para reflejar un período apropiado de operación.

Para investigar la variación de un período a otro, se requiere un número de repetidas corridas del mismo modelo de simulación para igual período de tiempo pero con diferentes rangos de números aleatorios. En el ejemplo en que venimos trabajando, vamos a realizar 5 réplicas de corridas de manera manual usando **Trials / Random Sampling**.

(**Advanced –Random Sampling** en versiones nuevas).



Hacemos correr la simulación usando el Random Stream Set Number del 1 al 5 y vamos anotando los resultados de trabajos realizados. Para el cálculo del promedio de y la desviación estándar usamos el Excel.

Réplicas	Número de trabajos realizados
1	
2	
3	
4	
5	
Promedio	
Desviación estándar	

La desviación estándar (S) es la medida de la variabilidad del throughput para un período determinado, y en aproximadamente el 95% de los períodos tienen un rango de throughput igual al promedio $\pm 2 S$. Esto te permite calcular el rango en lugar de calcularlo exactamente basado en los resultados de las diferentes corridas.

Lo anterior significa:

Promedio: _____ S: _____, estimamos que el 95% de los períodos de trabajo va a tener un throughput entre _____ y _____.

Si realizamos más corridas vamos a obtener una mejor estimación para el promedio y la desviación estándar.

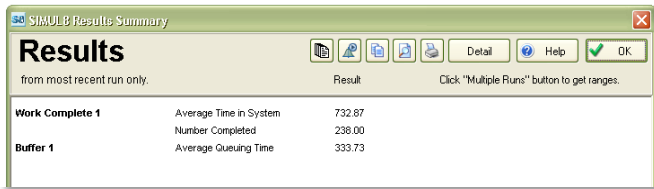
3.10 Trials (múltiples corridas de simulación)

SIMUL8 utiliza el término TRIAL (experimento) para múltiples corridas de una simulación ejecutadas con los mismos datos para todos los parámetros pero con diferentes números aleatorios. Un TRIAL da resultados más redondeadas y mejora la exactitud de las medidas de desempeño propuestos (resultados). El propósito del uso de TRIALS es comprobar la fiabilidad de los resultados.

Apunte Clase: Simulación por Eventos Discretos

Antes de utilizar el TRIAL debemos configurar el “Results Summary” para coleccionar los “Indicadores de Performance Claves” (Key Performance Indicators – KPIs). Los resultados que nos interesan son

el tiempo promedio en el sistema y la cantidad de trabajo completados en la simulación.



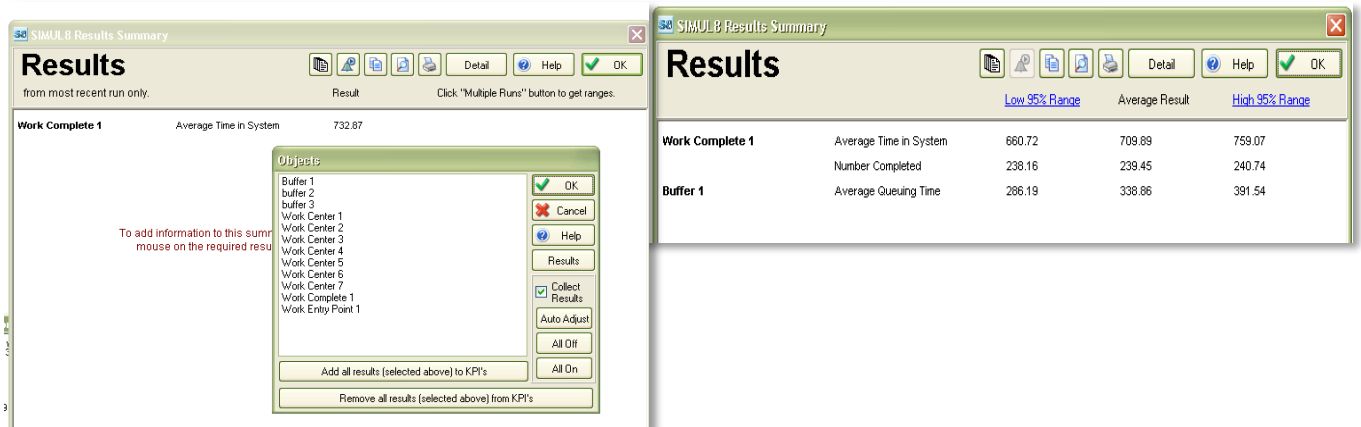
Result	Value
Work Complete 1	Average Time in System: 732.87
	Number Completed: 238.00
Buffer 1	Average Queuing Time: 333.73

En el ejemplo en que venimos trabajando, accedemos desde el menú a **Results/KPI's**. Por default, en el KPI's

observamos el tiempo promedio en el sistema de los trabajos completados. Haciendo click en Details, observamos un listado de todos los objetos que se encuentran en el modelo.

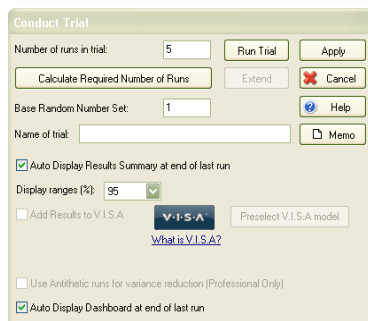
Seleccionamos el elemento “work complete 1” y hacemos click en results y agregamos el valor de trabajos completados.

De la misma forma seleccionamos el valor del tiempo promedio en el buffer 1 (Average Queuing Time).



		Low 95% Range	Average Result	High 95% Range
Work Complete 1	Average Time in System	660.72	709.89	759.07
	Number Completed	238.16	239.45	240.74
Buffer 1	Average Queuing Time	286.19	338.86	391.54

Ahora corremos un **Trial** en donde el de números **Trial**. El Results mostrando los límites de confianz



Conduct Trial

Number of runs in trial: 5

Calculate Required Number of Runs

Base Random Number Set: 1

Name of trial:

☒ Auto Display Results Summary at end of last run

Display ranges (%): 95

☐ Add Results to V.I.S.A. [What is V.I.S.A?](#)

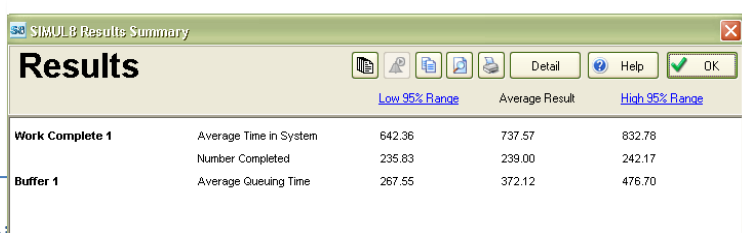
☐ Use Antithetic runs for variance reduction (Professional Only)

☒ Auto Display Dashboard at end of last run

Buttons: Run Trial, Apply, Extend, Cancel, Help, Memo

trial de 5 corridas usando **Trial/Conduct** número de corridas Trial es de 5 y conjunto aleatorios base de 1. Hacemos click en **Run** summary aparece automáticamente resultados promedios y valores en los

Realizamos el mismo procedimiento pero cambiando ahora la cantidad de número de corridas a 20. Deberíamos observar un mejoramiento en la precisión cuando el número de corridas aumenta (se reduce el intervalo de confianza).



		Low 95% Range	Average Result	High 95% Range
Work Complete 1	Average Time in System	642.36	737.57	832.78
	Number Completed	235.83	239.00	242.17
Buffer 1	Average Queuing Time	267.55	372.12	476.70

2.1 Usando el Excel para analizar los resultados

Cuando realizamos un “Conduct Trial”, SIMUL8 no te permite acceder automáticamente al resultado del trial para cada corrida individual de la simulación. Siguiendo con el ejemplo, en el “Results Summary” hacemos click en el ícono “Copy the Results to Clipboard”



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Simulation Object	Performance Measure	Run 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	Work Complete 1	Average Time in System	726	827	625	767	733	766	713	464	734	721	715	807	858	655	572	647	760	857	56
3		Number Completed	240	243	237	237	238	238	225	239	244	243	241	240	235	236	241	244	238	240	2
4	Buffer 1	Average Queuing Time	362	487	263	414	304	443	342	107	376	313	420	466	511	262	165	281	371	454	2
5																					
6																					
7																					

Podemos cambiar los arribos de trabajos y hacer el conduct trial y comparar los diferentes resultados.

4 PROFUNDIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SIMUL8

4.1 Propiedades de los elementos

WORK ENTRY POINT (WEP)

Control de Tiempo: El tiempo especificado es el tiempo entre arribos de cada Work items.

Su variabilidad puede ser introducida seleccionando una probabilidad: desplegar la lista en la opción Distribution.

Botones de control

OK: Acepta cualquier cambio realizado y cierra el cuadro de diálogo.

Cancel: No se guardan los cambios y cierra el cuadro de diálogo.

Help: Habilita el menú de ayuda.

Memo: Se pueden realizar notas para dejar referencias o explicar algo.

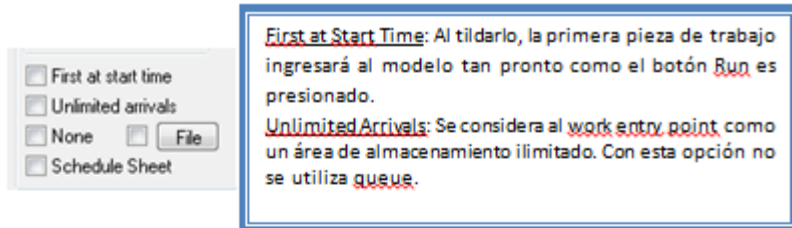
Results: Informa acerca de la performance del objeto durante una simulación determinada.

Batching: Da la cantidad de work items que ingresarán, de acuerdo a una ley dada.

Routing Out: opciones para la salida de los WI.

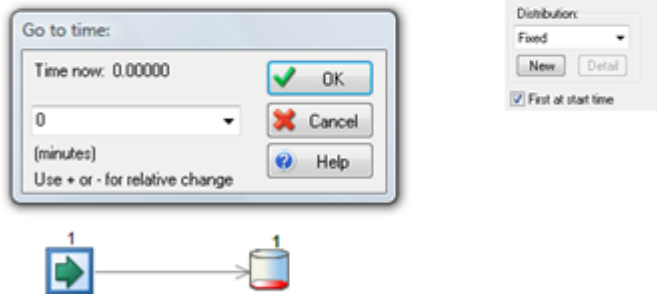
Label Actions: permite adicionar Labels al Work item.

Graphics: Función gráfica que permite



First at start time

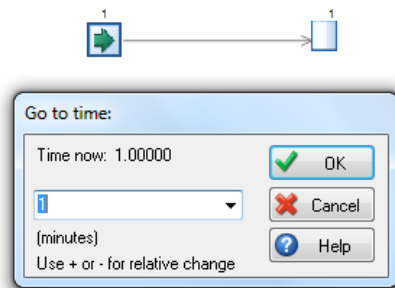
Tildando esta opción se observa cómo se inicia la simulación con una pieza en el tiempo de simulación cero.



Probar el ejemplo en Simul8.

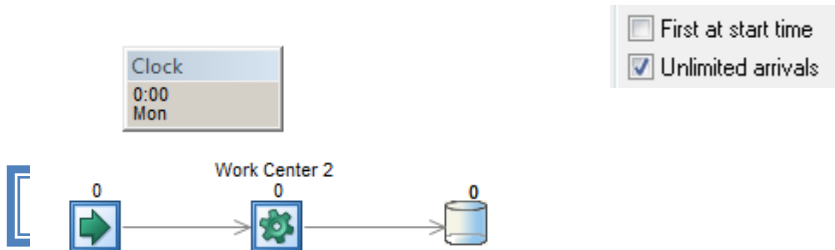
Destilando la poción se observa como el primer ingreso se genera recién en el tiempo 1 (inter-arrival time seteado en el WEP).

0:01



Unlimited arrival

Se tilda esta opción si el trabajo debe ingresar a la simulación exactamente cuando es requerido, por ejemplo, cuando el Work Center al cual alimenta está disponible. En este caso, el WEP no debe alimentar objetos pasivos como ser Storage Area.

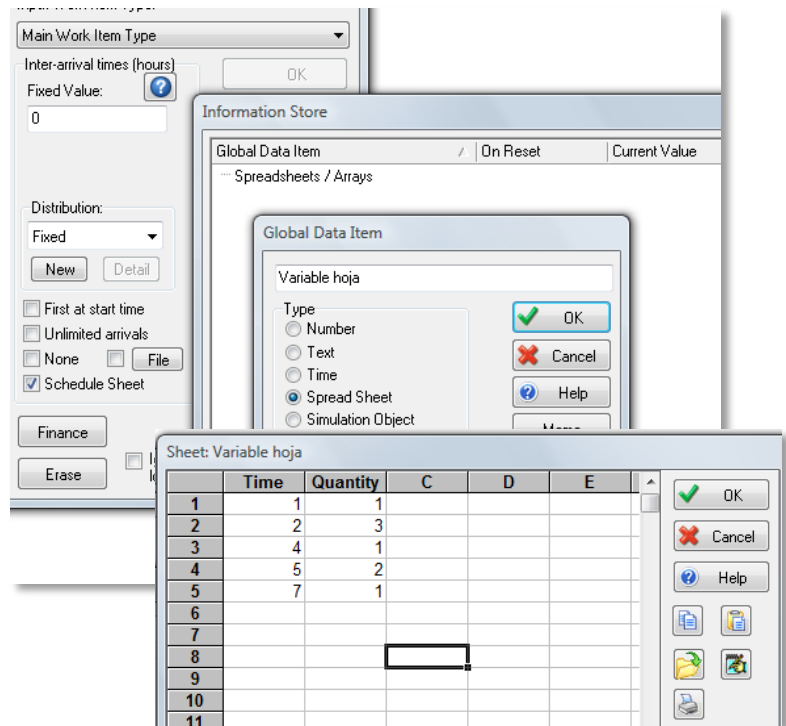
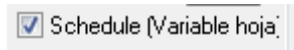


None

Sin arribos automáticos.

Schedule sheet

Controla los arribos desde una lista en una hoja de cálculo. Es un "Global data ítem" del Information Store (tema que se verá en el curso intermedio).

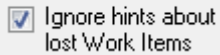


File

Define los arribos a partir de los datos cargados en un archivo tipo csv. (No abordado en esta etapa).

Ignore hints about lost Work Item

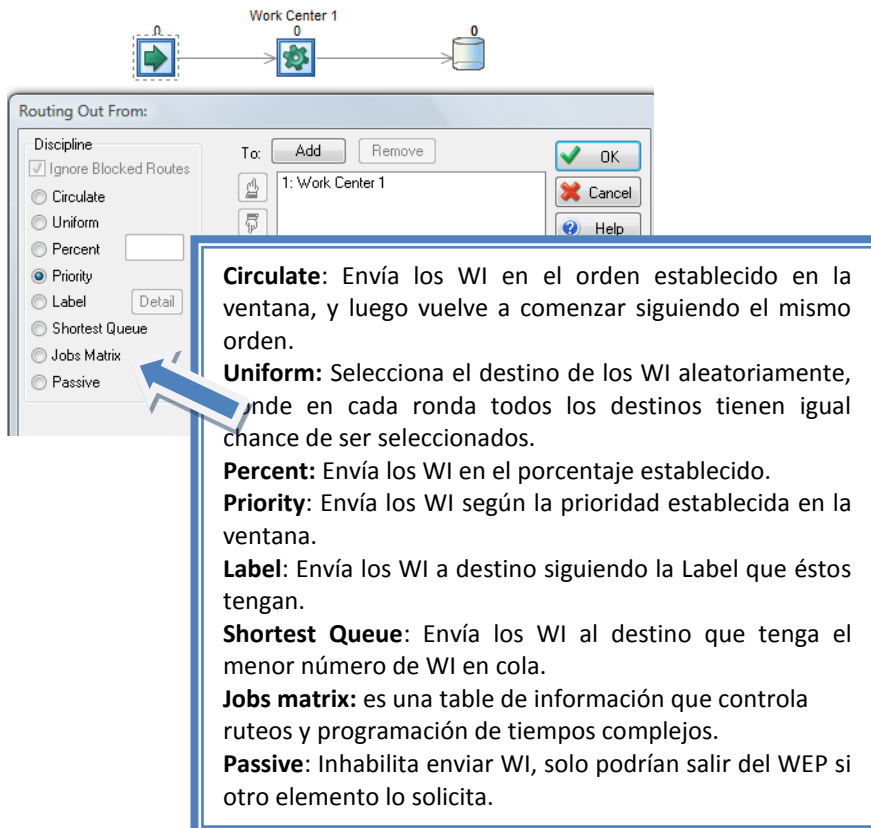
Permite activar/desactivar el mensaje de advertencia de Simul8 cuando piensa que se ha cometido un error y se ha bloqueado el WEP.



Routing out

Las rutas disponibles son:

- Circulate (the default)
- Uniform
- Percent
- Priority
- Label
- Shortest Queue
- Jobs Matrix
- Passive



Circulate: Envía los WI en el orden establecido en la ventana, y luego vuelve a comenzar siguiendo el mismo orden.

Uniform: Selecciona el destino de los WI aleatoriamente, donde en cada ronda todos los destinos tienen igual chance de ser seleccionados.

Percent: Envía los WI en el porcentaje establecido.

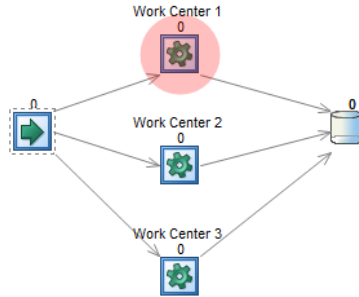
Priority: Envía los WI según la prioridad establecida en la ventana.

Label: Envía los WI a destino siguiendo la Label que éstos tengan.

Shortest Queue: Envía los WI al destino que tenga el menor número de WI en cola.

Jobs matrix: es una table de información que controla ruteos y programación de tiempos complejos.

Passive: Inhabilita enviar WI, solo podrían salir del WEP si otro elemento lo solicita.

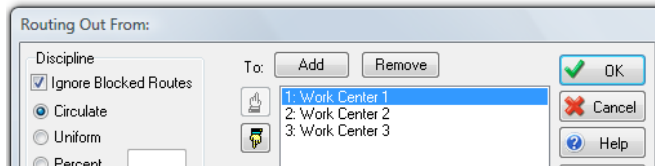


Tiempos:

WEP: 1 fixed

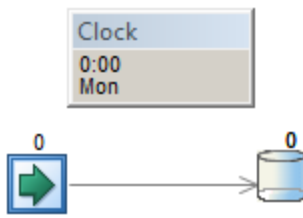
WC: 1 fixed

Probar el ejemplo en Simul8.

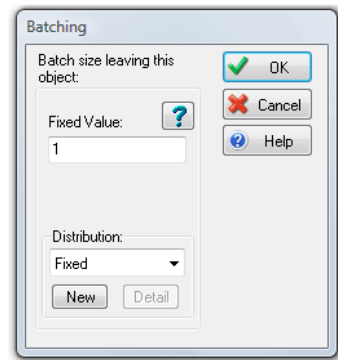


Batching

EL número de batch que deja este objeto puede ser fijo o puede tener una distribución de números asignada. Por defecto, el tamaño del batch dejando este objeto es siempre igual a 1 (valor fijo).

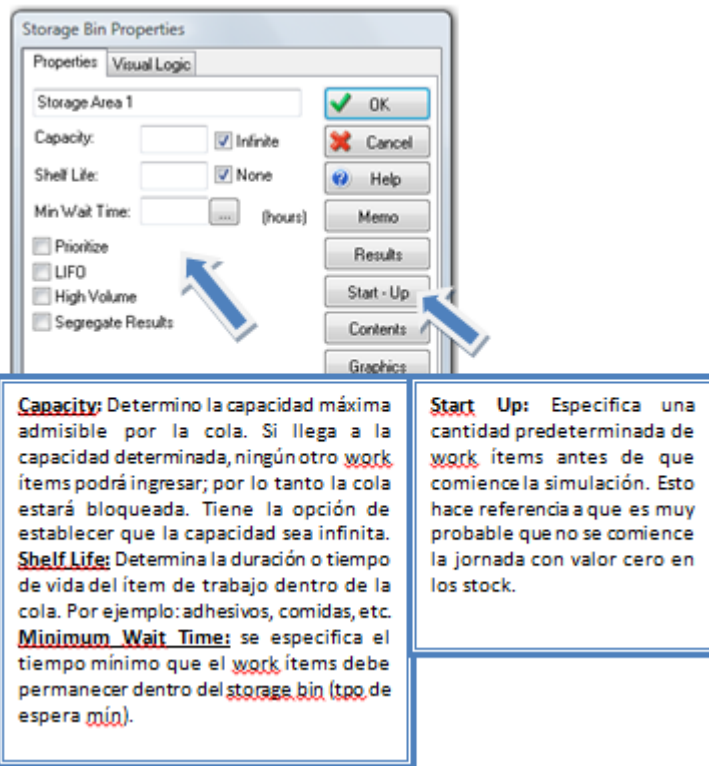


... el ejemplo en Simul8.



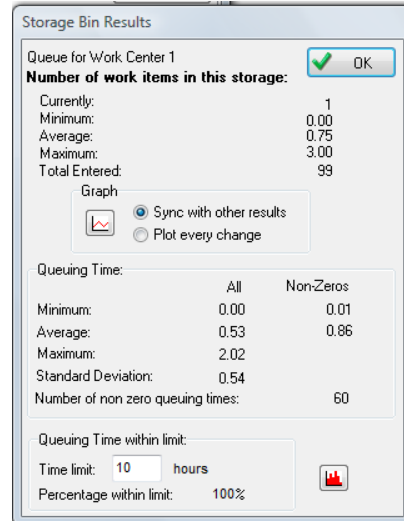
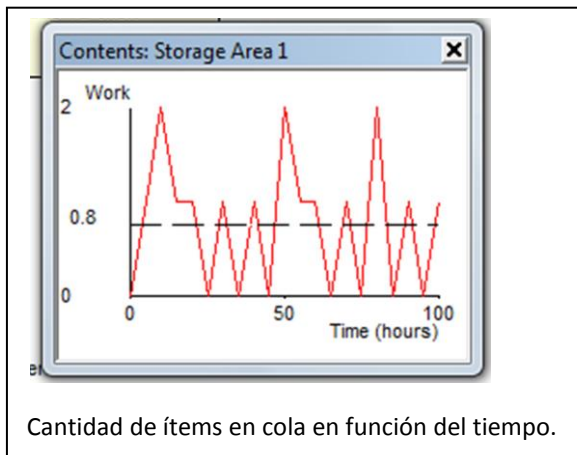
STORAGE AREA (BUFFER)

El Storage Area (Queue) es un elemento pasivo dentro de la simulación ya que los ítems de trabajo esperan hasta que otro elemento relacionado los necesite.

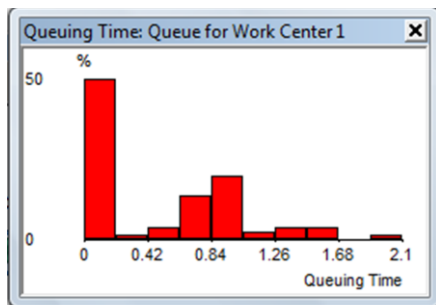


Resultado en Storage Area

En general te informa acerca de la cantidad de Work Items que pasaron por el Storage Area, la cantidad mínima, promedio y máxima de Items que presentó el Storage Area y el tiempo mínimo, promedio y máximo del ítem en el mismo (permanencia en cola).



En este gráfico se muestra el rango de tiempo de espera para una determinada cantidad de Work Items señalada en porcentaje. Podemos también especificar el tiempo límite para nuestro análisis.



WORK CENTER

Work Center

Timing: Es el tiempo que toma el Work Center para procesar cada ítem. Puede ser fijo o seguir una distribución.

Resources: Se especifican los Recursos que necesita el Work Center para realizar el trabajo.

Efficiency: Se expresa en porcentaje la disponibilidad del Work Center, esta información puede detallarse incorporando paradas, tiempo entre paradas, etc.

Routing In: Brinda las opciones de entrada de los Work Items al Work Center

Routing Out: Brinda las opciones de salida de los Work Items del Work Center.

Label Actions: Permite crear y modificar la Labels de los Work Items.

Priority: Si un Work Center requiere un recurso para comenzar a trabajar, la prioridad te permite especificar que tan importante es cada Work Center.

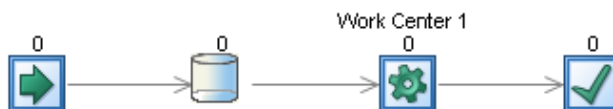
Replicate: Permite multiplicar el Work Center.

Timing

Permite colocar diferentes distribuciones estándares o bien crear nuevas para el tiempo de proceso del Work Item



Efficiency

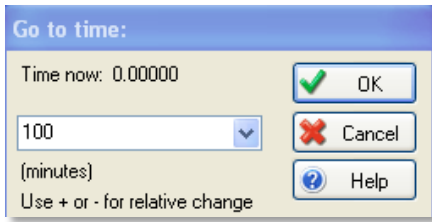


Datos:

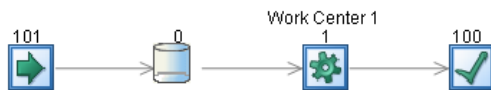
Tiempo WEP: 1 Fijo (Colocar First at start time)

Tiempo WC: 1 Fijo

Ir hasta el momento de la simulación = 100 min

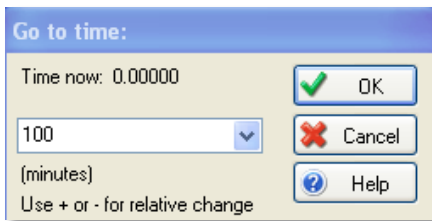


El WC proceso 100 Work Item a una eficiencia (por defecto) del 100%



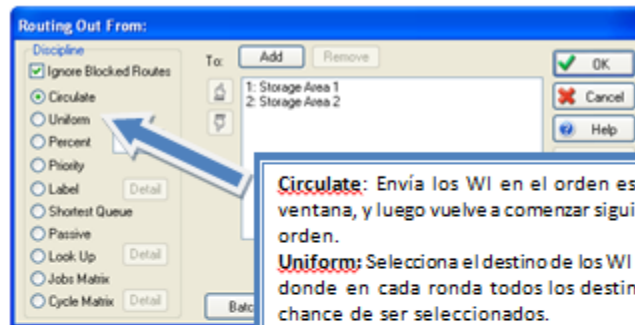
Colocar al WC una eficiencia del 85%

Nuevamente ir hasta el momento = 100 min



Se observa que el WC procesó 85 WI (Con Travel Times = 0).

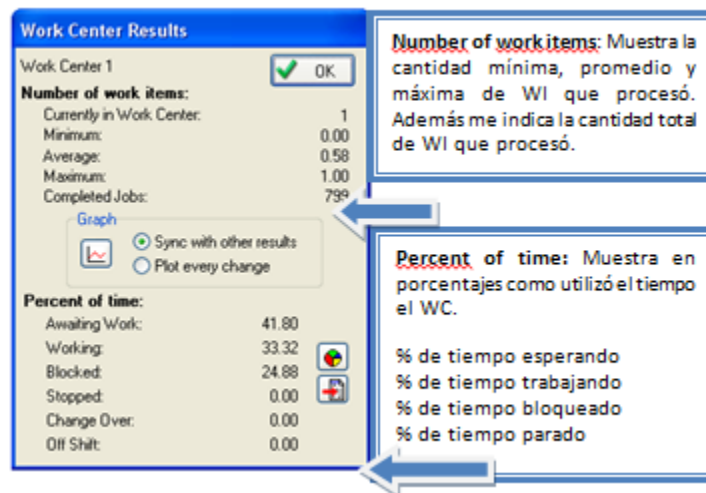
Routing Out



Circulate: Envía los WI en el orden establecido en la ventana, y luego vuelve a comenzar siguiendo el mismo orden.
Uniform: Selecciona el destino de los WI aleatoriamente, donde en cada ronda todos los destinos tienen igual chance de ser seleccionados.
Percent: Envía los WI en el porcentaje establecido.
Priority: Envía los WI según la prioridad establecida en la ventana.
Label: Envía los WI a destino siguiendo la Label que éstos tengan.
Shortest Queue: Envía los WI al destino que tenga el menor número de WI en cola.
Passive: Inhabilita enviar WI, solo podrían salir del WC si otro elemento lo solicita.

Probar ejemplos en Simul8.

WC Results

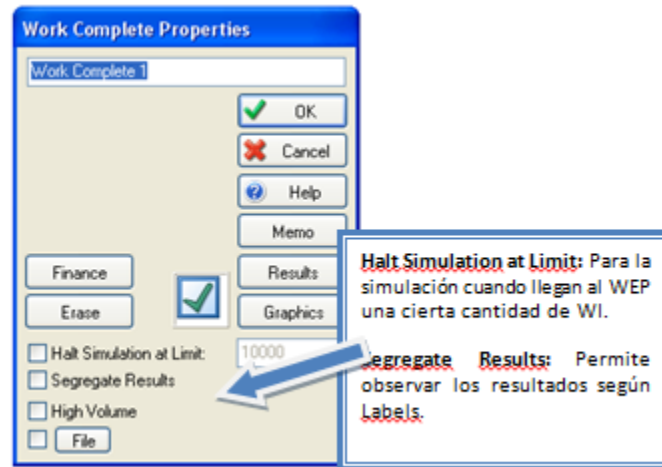


Number of work items: Muestra la cantidad mínima, promedio y máxima de WI que procesó. Además me indica la cantidad total de WI que procesó.

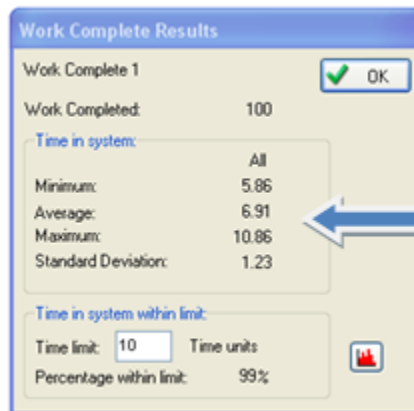
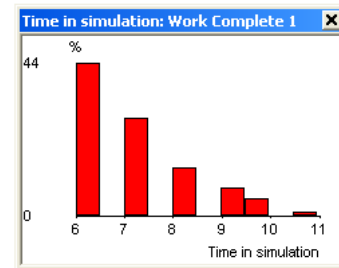
Percent of time: Muestra en porcentajes como utilizó el tiempo el WC.

% de tiempo esperando
 % de tiempo trabajando
 % de tiempo bloqueado
 % de tiempo parado

WORK EXIT POINT (WExP)

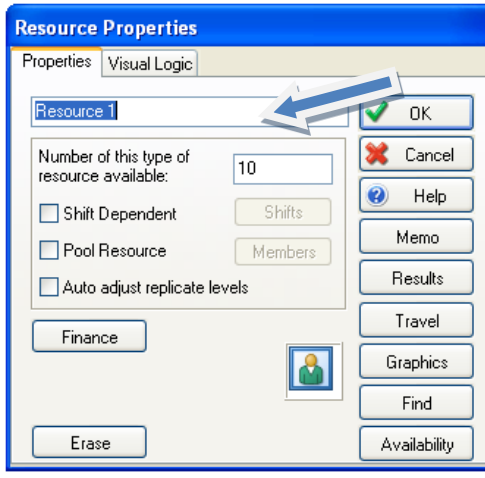


Results



Time in system: Muestra el tiempo mínimo, promedio, máximo y desviación estándar del tiempo que los WI estuvieron en el sistema.

RESOURCES



Resource Properties

Properties Visual Logic

Resource 1

Number of this type of resource available: 10

☐ Shift Dependent Shifts

☐ Pool Resource Members

☐ Auto adjust replicate levels

Finance

Erase

OK Cancel Help Memo Results Travel Graphics Find Availability

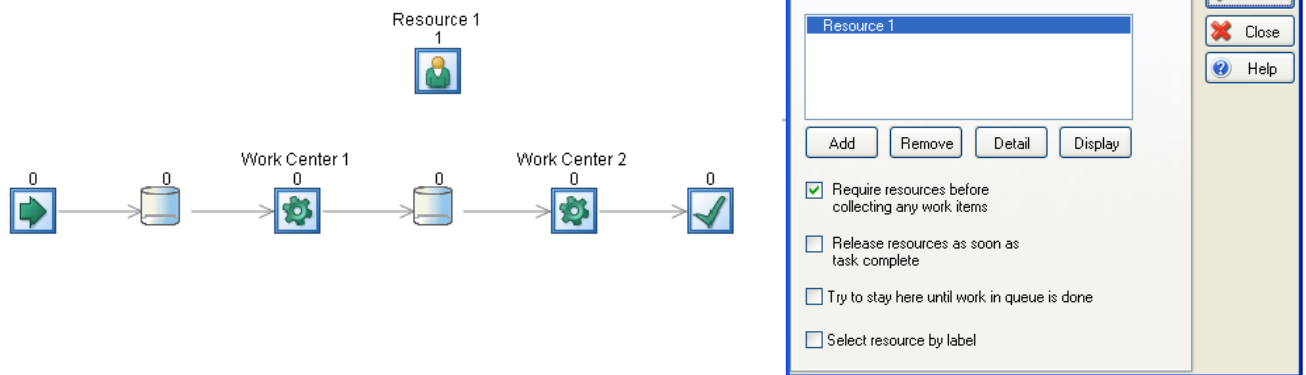
Number of this type of resource available: Se debe indicar la cantidad de recursos de este tipo disponible.

Travel: Permite establecer el tiempo de viaje del R entre los WC.

Find: Permite ubicar al R en ese instante.

Availability: Permite incorporar disponibilidad del recurso y ausencias.

Como asignar un recurso a un WC



En las propiedades del WC1, clic en Resource, luego en Add, se abrirá la ventana Resource Objects, donde se puede seleccionar el recurso que quiero asignar.

Una vez asignado el recurso, puedo establecer cuando necesito el recurso:

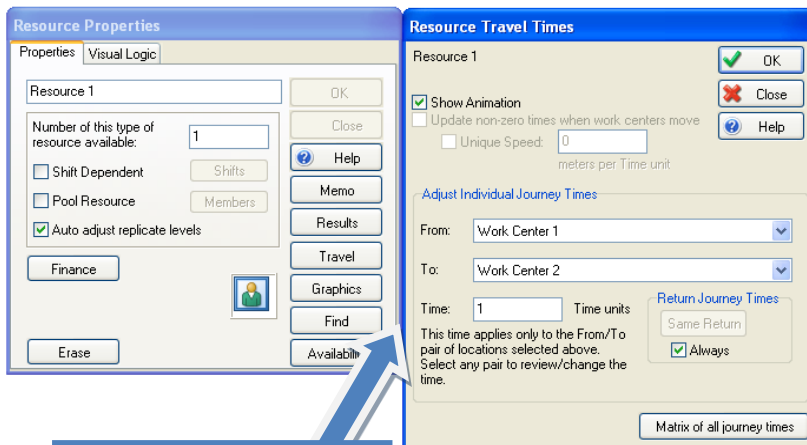
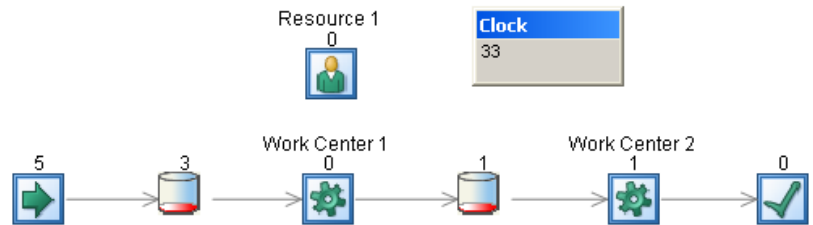
- **Requiere resources before collecting any work items:** Requiere que el R este en el WC para tomar el WI.
- **Release resource as soon as task complete:** Deja libre el R al terminar el trabajo.

- **Try to stay here until work in queue is done:** El R permanece en el WC hasta que los WI que se encuentren en cola se procesen.

Asignar el Recurso 1 a los dos WC,
probar paso a paso la simulación.

Travel

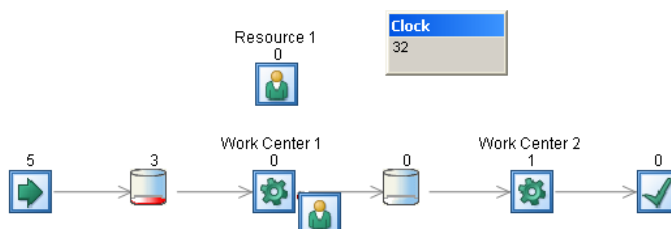
Tiempos: WEP, WC1 y WC2 Estándar



From: Desde
To: Hasta
Time: colocar el tiempo de viaje desde un WC a otro.

Correr la simulación paso a paso y observar.

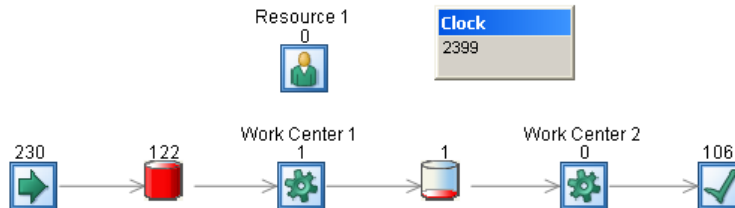
Se observa que en el momento 32 el Resource 1 sale del WC 1



Se observa que en el momento 33 (1 minuto después) el Resource 1 llega al WC 1, y éste comienza a trabajar

Availability

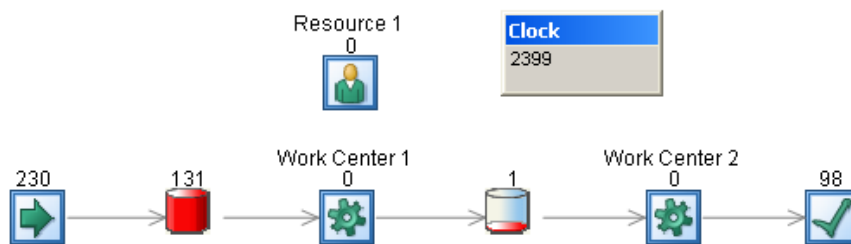
Siguiendo el ejemplo, con todos los parámetros estándares correr la simulación y observar el resultado:



Esta herramienta permite incorporar la disponibilidad del recurso:
Colocar al Resource 1 una disponibilidad del 90%

A screenshot of the 'Availability' dialog box. It has a title bar 'Availability'. Inside, there are two radio buttons: 'Auto' (selected) and 'Detailed'. To the right are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons. Below the radio buttons, there is a text field for 'Availability %' containing the value '90', and another text field for 'Average Absence Time' containing a question mark.

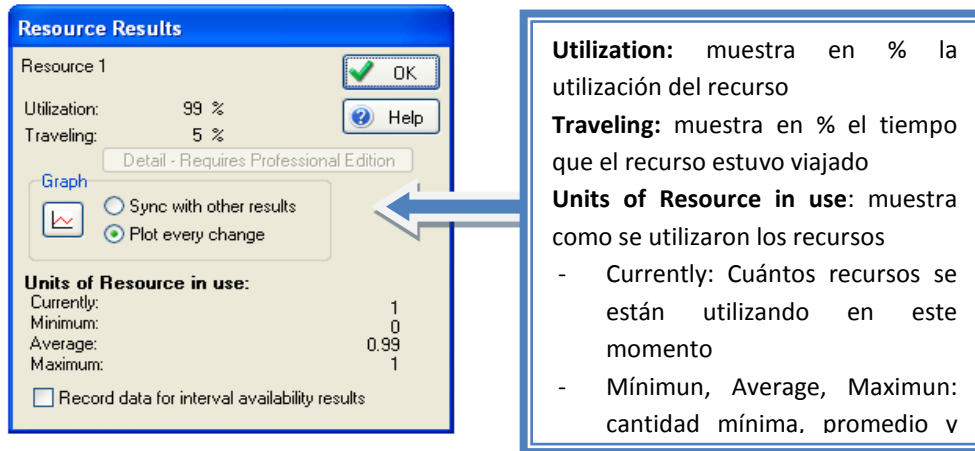
Correr la simulación y observar el resultado:



Se observa que con una disponibilidad de del 90% del Resource 1, el modelo proceso 98 WI en vez de 106 que realizaba con una disponibilidad del 100%

Results

Observar los resultados del Resource 1



Este gráfico muestra la cantidad de recursos utilizados en función del tiempo de la simulación.

