

Módulo 4

Aliaga, Tomás Bekerman, Anastasia Dominguez Scattareggia, Ana Paula
Fernandez Herrero, Juan Ignacio Landgrebe, Andrés Pablo

2025-06-10

Simulación por eventos discretos y gemelos digitales

Modelo de Simulación de Colas en un Buffet Universitario

Este informe describe la simulación de un sistema de atención utilizando el software SIMUL8, aplicado a un ejemplo práctico ambientado en el buffet de la facultad de ingeniería. A través de este ejercicio, se representan procesos operativos mediante elementos del simulador, con el objetivo de analizar el flujo de clientes, recursos involucrados y eficiencia general del sistema.

Simbología Utilizada

En SIMUL8, se emplean distintos símbolos para representar los componentes del sistema:

- **Entry Point:** Punto de entrada al sistema (por ejemplo, las escaleras del buffet).
- **Storage:** Área de almacenamiento temporal.
- **Work Center:** Centro de trabajo o de procesamiento.
- **Exit Point:** Punto de salida del sistema.
- **Resource:** Recursos asignados (por ejemplo, cocineros).
- **Unir / Ver / No ver flechas:** Herramientas para gestionar las conexiones y el flujo visual.



Imagen 1

Configuración Inicial de la Simulación

El entorno del simulador traduce dimensiones espaciales a una escala determinada (píxeles equivalentes a metros/kilómetros), y calcula tiempos de desplazamiento con base en la velocidad media de una persona.



Imagen 2

Para configurar los tiempos del sistema:

1. Hacer doble clic en **Clock**.
2. Modificar el **Running time**, que representa la apertura y duración operativa del buffet.

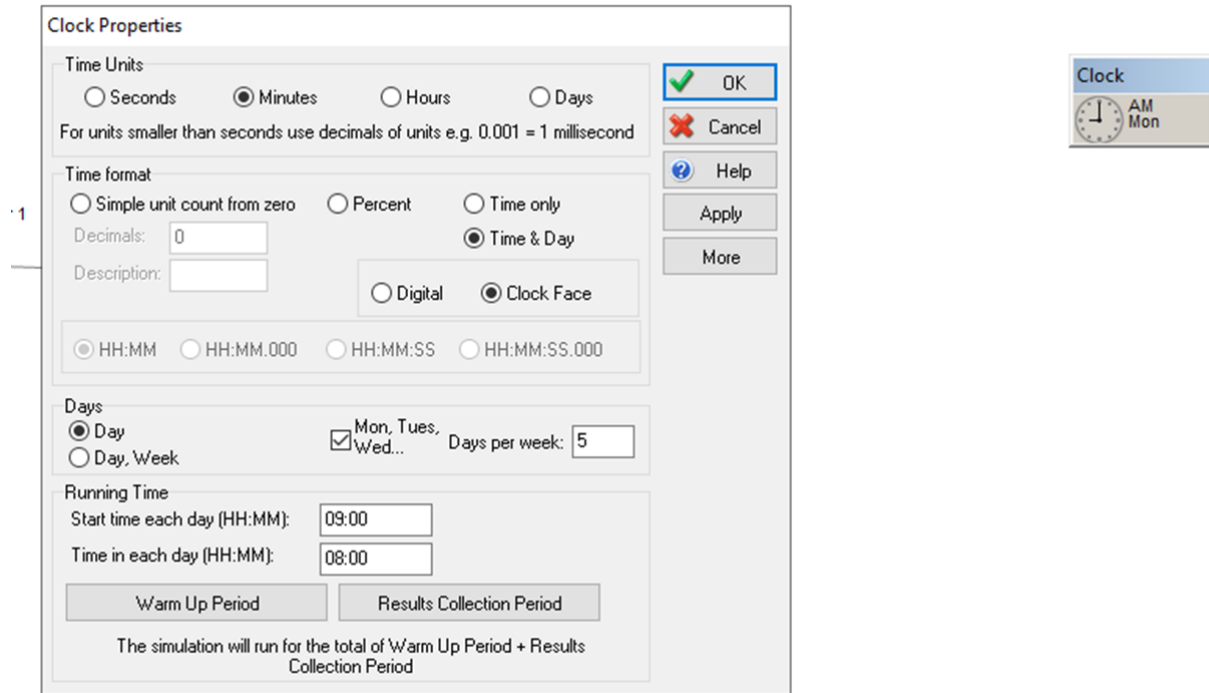


Imagen 3

Una vez ajustado, se puede ejecutar la simulación. Los resultados se visualizan en “RESULTS – Time View”, donde se presentan los tiempos de espera y otros indicadores clave.

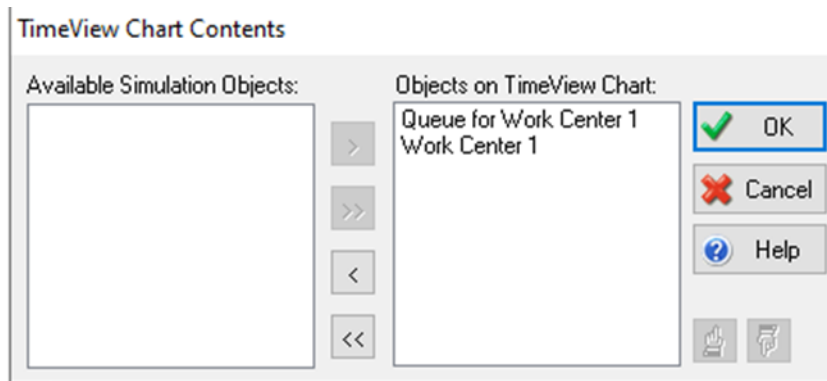


Imagen 4

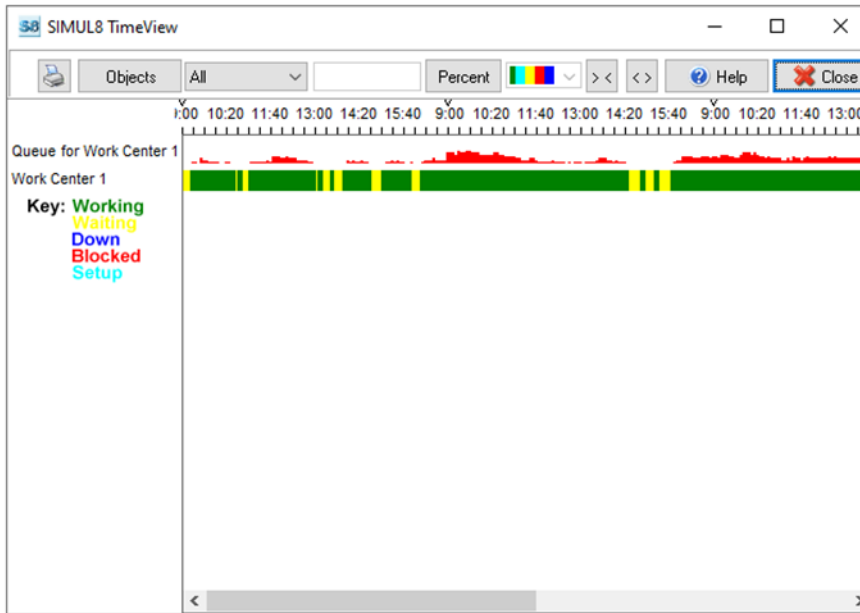


Imagen 5

Indicadores Visuales

- Rojo: tiempos de espera
- Amarillo: tiempo en proceso
- Verde: tiempo de disponibilidad

Estrategias para Mejorar los Tiempos de Espera

Para mejorar los tiempos de espera en una simulación con SIMUL8, es fundamental identificar los cuellos de botella y actuar sobre ellos. Una estrategia efectiva es aumentar los recursos disponibles, como agregar más cocineros o empleados, y utilizar reglas de distribución eficientes como enviar a los clientes a la fila más corta. También se puede reducir el tiempo de procesamiento ajustando duraciones o agregando estaciones de trabajo en paralelo. Ampliar la capacidad de espera y ejecutar múltiples pruebas permite analizar escenarios y encontrar configuraciones óptimas. Finalmente, es clave evaluar el impacto económico de cada cambio mediante el módulo financiero del simulador.

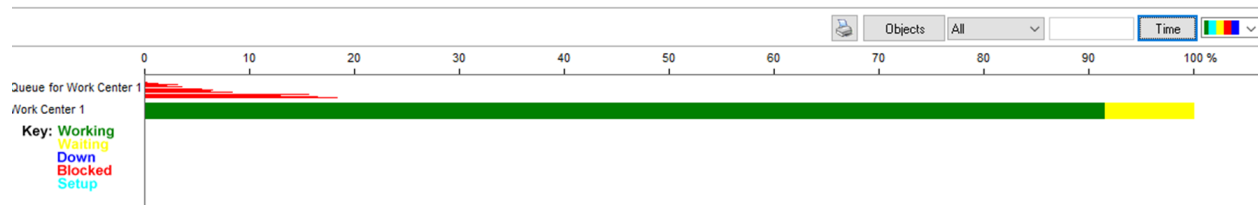


Imagen 6

La gráfica muestra que el Work Center 1 se encuentra altamente utilizado, trabajando activamente durante la mayor parte del tiempo (área verde), con solo breves momentos de inactividad (amarillo). La presencia de algunas barras rojas en la cola indica que, aunque de forma puntual, hubo unidades esperando para ser atendidas. Esto sugiere un buen equilibrio entre la demanda y la capacidad del recurso, aunque podrían evaluarse mejoras si se desea reducir aún más los tiempos de espera.

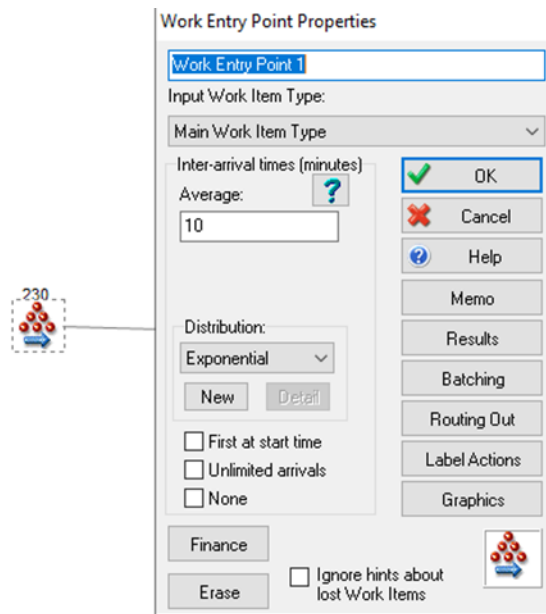
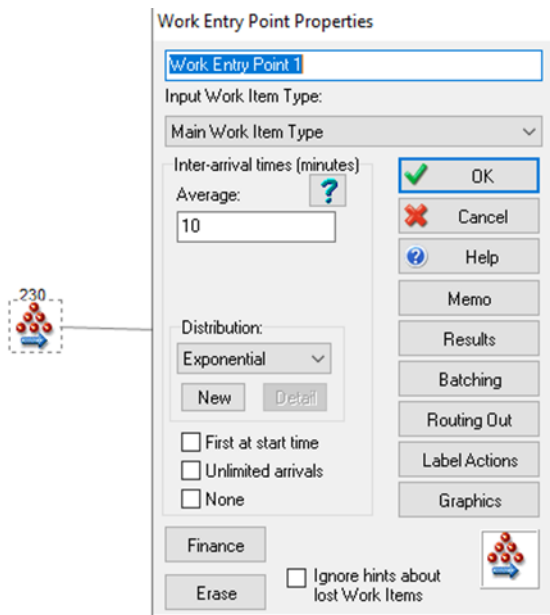


Imagen 7

La ventana de configuración del “Work Entry Point” en SIMUL8 permite definir cómo ingresan las unidades al sistema. En este caso, se configura para que llegue una unidad cada 10 minutos en promedio, siguiendo una distribución exponencial, lo que simula una llegada aleatoria y realista de personas, como en un buffet universitario. Además, se pueden activar opciones como el ingreso inmediato al iniciar la simulación o permitir llegadas ilimitadas. Esta herramienta es clave para controlar el flujo de entrada y analizar cómo influye en la carga del sistema y los tiempos de espera.

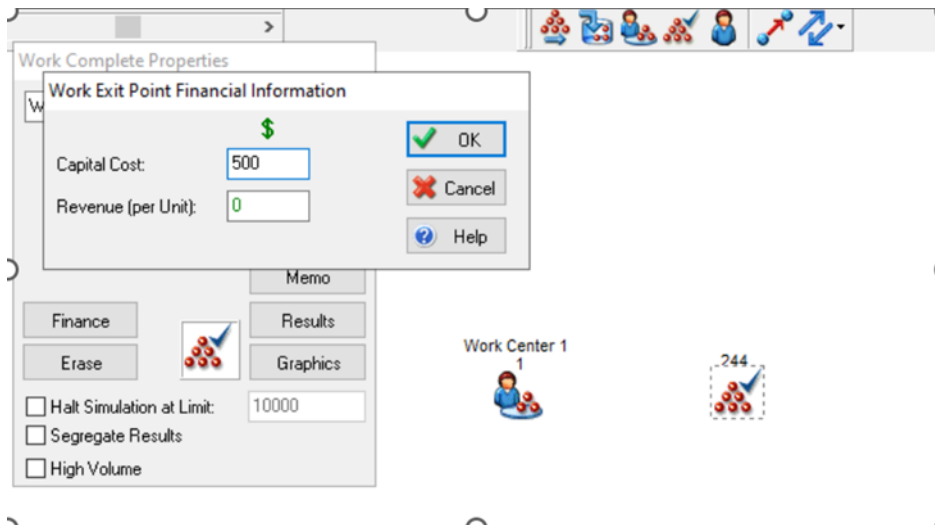


Imagen 8

Esta imagen muestra la configuración financiera del punto de salida (Work Exit Point) en SIMUL8, donde se asigna un costo de \$500 por cada unidad que finaliza su recorrido en el sistema, sin registrar ingresos en ese punto. Esta configuración permite simular el costo operativo asociado a cada atención completada, como los recursos utilizados en un buffet universitario, y resulta útil para analizar la rentabilidad general del proceso cuando se compara con los ingresos definidos en otros componentes del modelo.

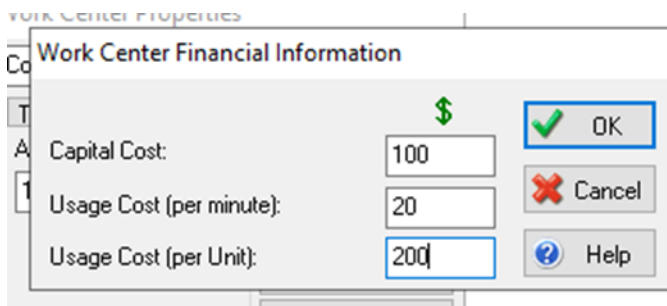


Imagen 9

La imagen muestra la configuración financiera del centro de trabajo correspondiente a la cocina, donde se asigna un costo fijo de \$100 (capital cost), un costo variable de \$20 por minuto de uso (representando, por ejemplo, el consumo de gas), y un costo adicional de \$200 por cada unidad procesada, que podría reflejar el sueldo del cocinero o los insumos utilizados. Esta configuración permite estimar con mayor precisión el costo operativo total del proceso de preparación de alimentos en el sistema.

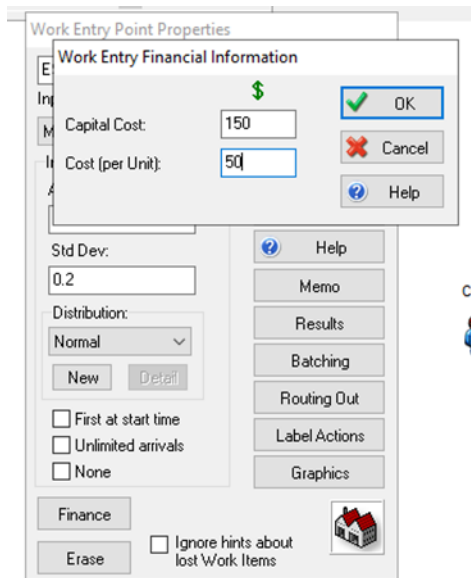


Imagen 10

La imagen ilustra la configuración financiera del punto de entrada , destacando dos conceptos clave: la amortización y el costo por uso. El valor de \$150 como *Capital Cost* representa la amortización, es decir, el costo fijo inicial relacionado con la infraestructura o instalación del punto de ingreso. Por otro lado, el campo *Cost per Unit*, configurado en \$50, refleja el costo por uso, correspondiente al gasto que implica cada unidad que entra al sistema. Esta separación permite modelar con mayor precisión los costos fijos y variables desde el inicio del proceso.



SIMUL8 - Income Statement

Cocina 1

Costs	\$ 157.448.49
Revenue	\$ 1.098.000.00
Profit	\$ 940.551.51

Imagen 11

La imagen muestra la sección de Finance – Income Statement donde se visualizan los resultados financieros del sistema simulado tras realizar mejoras operativas. En el resumen, se indica que los costos totales ascendieron a \$157.448,49, mientras que los ingresos alcanzaron \$1.098.000, generando así una ganancia (Profit) de \$940.551,51. Esto refleja un rendimiento altamente positivo tras optimizar condiciones del modelo, como tiempos de espera o asignación de recursos. Además, el gráfico inferior muestra un alto nivel de eficiencia en el centro de trabajo “Cocina 1”, con la mayor parte del tiempo dedicada a tareas activas (color verde), lo que confirma que las mejoras implementadas impactaron favorablemente en la productividad y rentabilidad del sistema.



Imagen 12

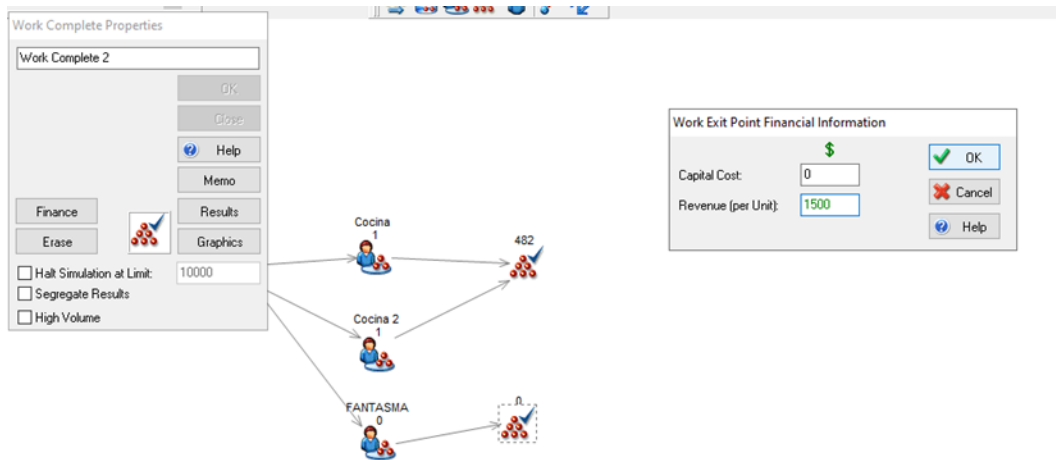


Imagen 13

Aca podemos notar que a pesar de haber incorporado dos cocinas en el sistema, persiste la ineficiencia, evidenciada por acumulación de unidades en espera. Para reflejar el impacto negativo de esta falla operativa, se introduce una penalización económica en el modelo mediante una unidad de salida alternativa (representada por un “fantasma”), que simboliza a los clientes que abandonan el sistema y se dirigen a otra facultad. En esta salida se establece un costo por unidad de \$1500, el cual representa la pérdida económica asociada a cada cliente que no es atendido. Esta penalización permite cuantificar el costo de la ineficiencia y sirve como incentivo para optimizar aún más los recursos del sistema.

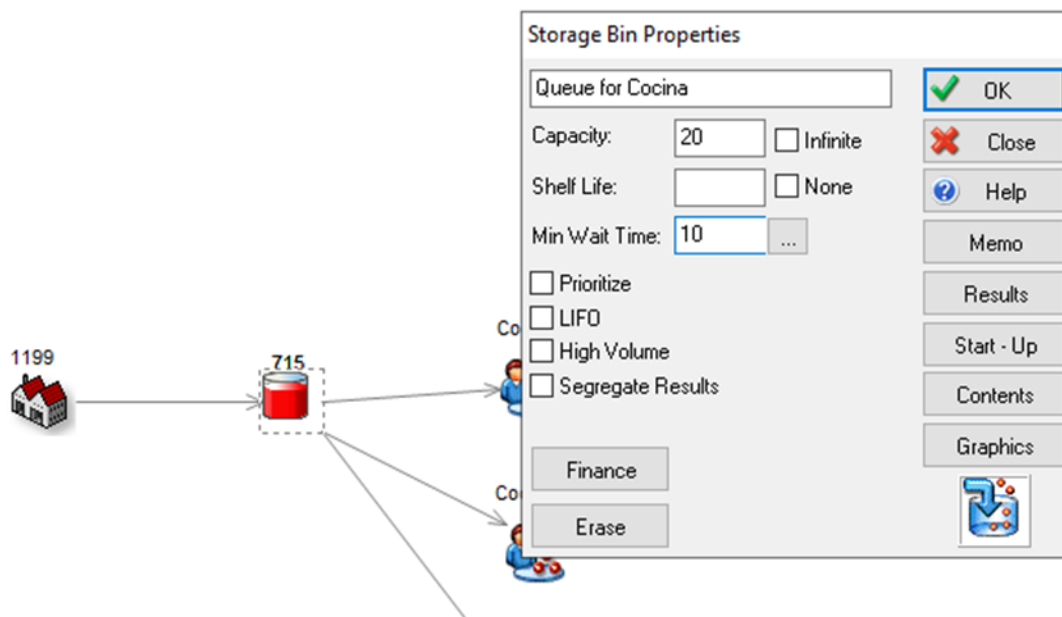


Imagen 14

En esta imagen podemos ver la configuración de la cola de la cocina. En la ventana de propiedades se puede definir la capacidad máxima de personas que pueden esperar (en este caso, 20) y el tiempo mínimo de espera permitido (aquí configurado en 10 unidades de tiempo). Estas opciones permiten controlar cuántas unidades pueden acumularse y cuánto están dispuestas a esperar antes de abandonar o avanzar. Según la nota del

modelo, se decide eliminar la capacidad, dejando la cola sin límite para analizar mejor el comportamiento del sistema bajo condiciones sin restricciones, lo cual es útil para identificar cuellos de botella o evaluar la necesidad de más recursos.

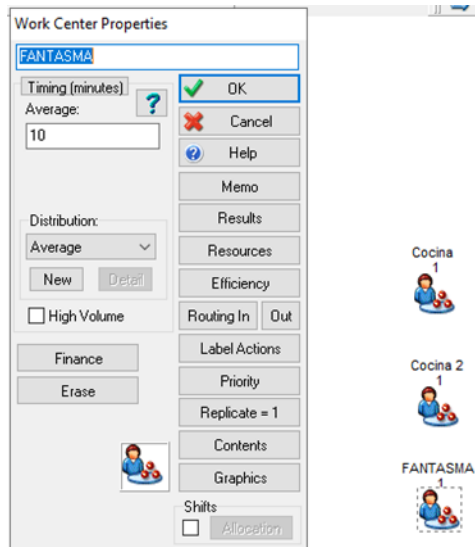


Imagen 15

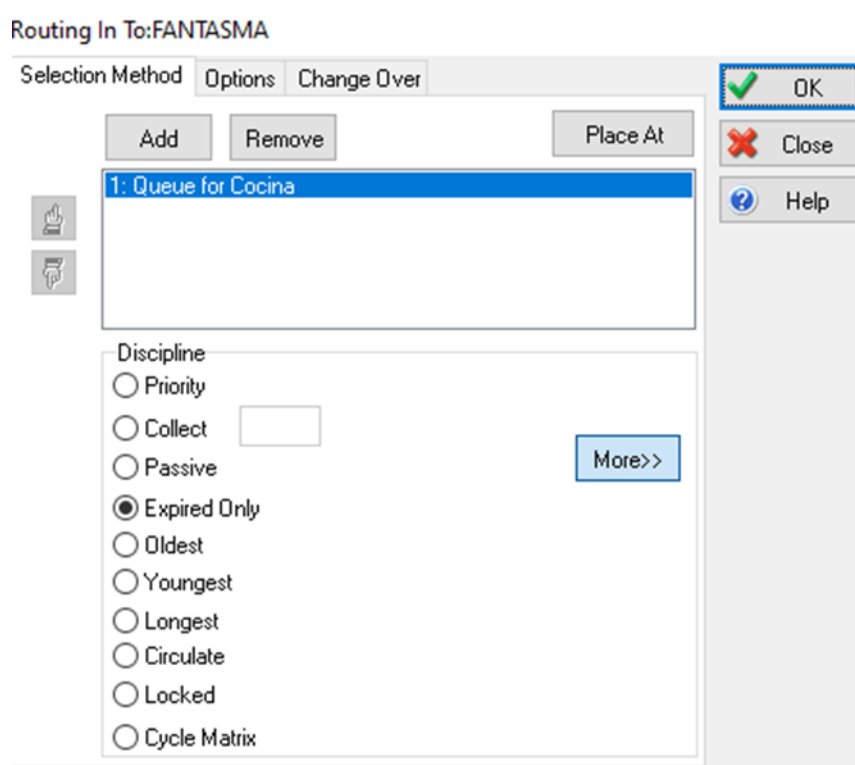


Imagen 16

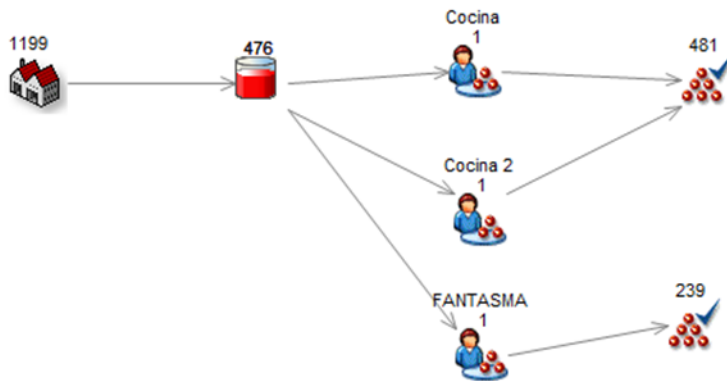


Imagen 17

Ahora vemos el centro de trabajo llamado “FANTASMA”, que representa a los clientes que abandonan el sistema sin ser atendidos, simulando una pérdida para el buffet. Se define un tiempo promedio de procesamiento de 10 minutos y se ajusta el enrutamiento para que las unidades vayan hacia este centro solo si han expirado en la cola, es decir, si superaron su tiempo de espera permitido. Esto permite cuantificar el impacto de la insatisfacción del cliente y aplicar penalizaciones asociadas. Finalmente, mediante la opción TRIALS – CONDUCT TRIALS, se configura la simulación con un nivel de confianza del 95%, lo cual permite al sistema determinar automáticamente la cantidad de repeticiones necesarias para obtener resultados estadísticamente confiables.

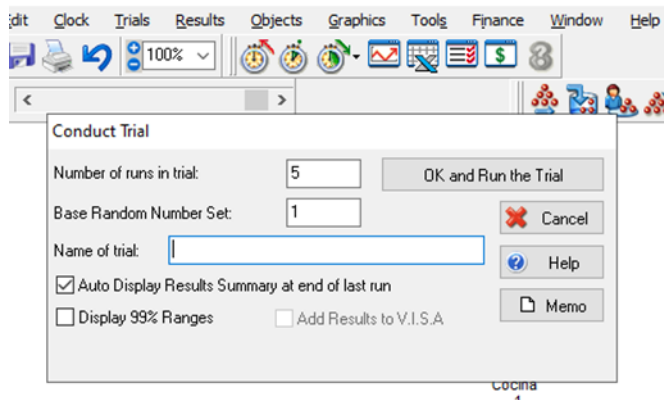


Imagen 18

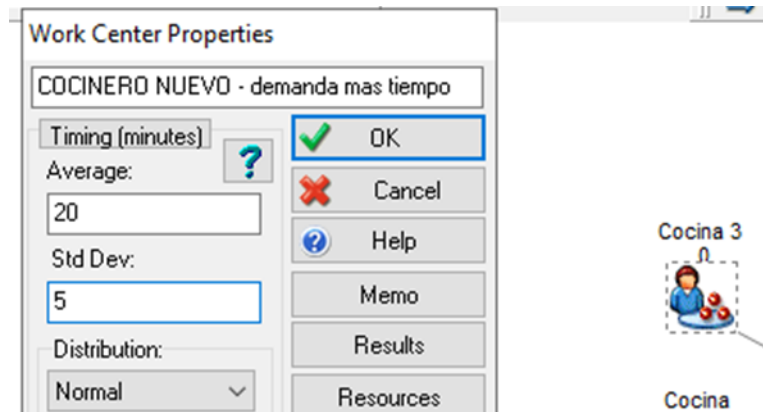


Imagen 19

Las imágenes muestran dos acciones clave realizadas para optimizar el modelo en SIMUL8. Primero, se utiliza la función Conduct Trial, configurando cinco repeticiones del experimento para obtener resultados más confiables, lo que permite observar cómo varía el comportamiento del sistema bajo condiciones similares. Luego, para evitar la acumulación de personas en la cola, se incorpora un nuevo cocinero con un tiempo promedio de procesamiento de 20 minutos y desviación estándar de 5. A este recurso adicional se le asigna la tarea de distribuir los pedidos de forma equitativa mediante la opción Routing Out – Circulate, lo que ayuda a balancear la carga entre los centros de trabajo y reducir los tiempos de espera.

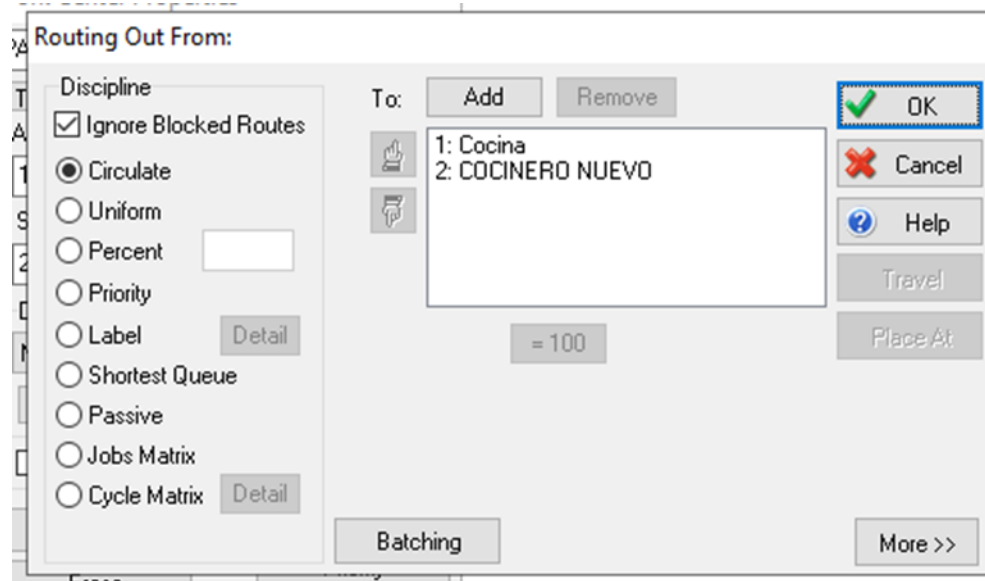


Imagen 20

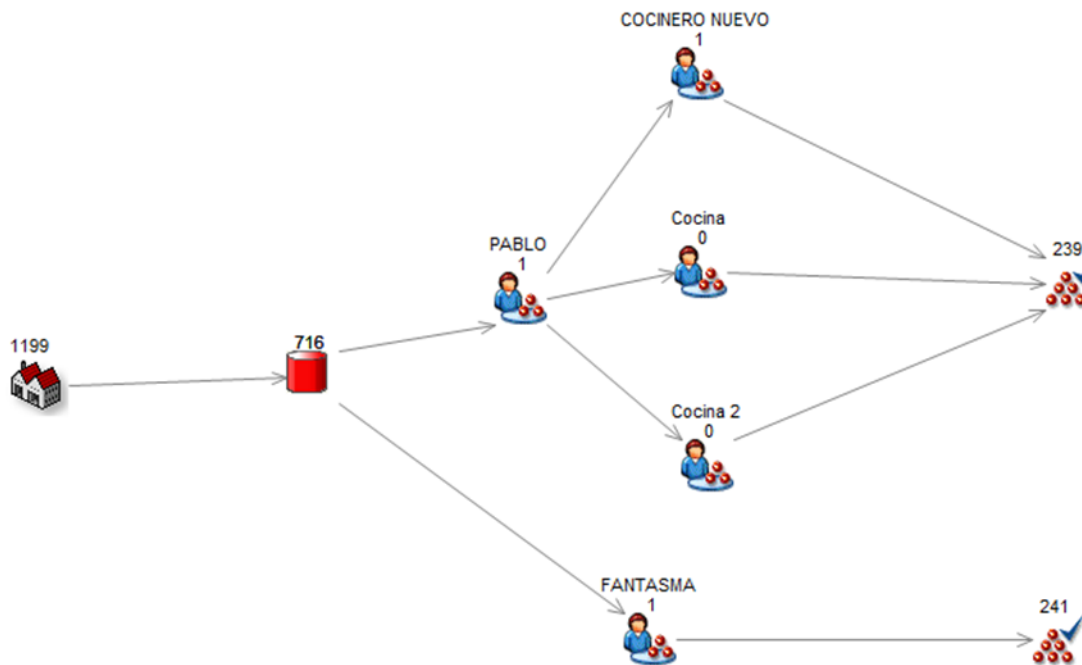


Imagen 21

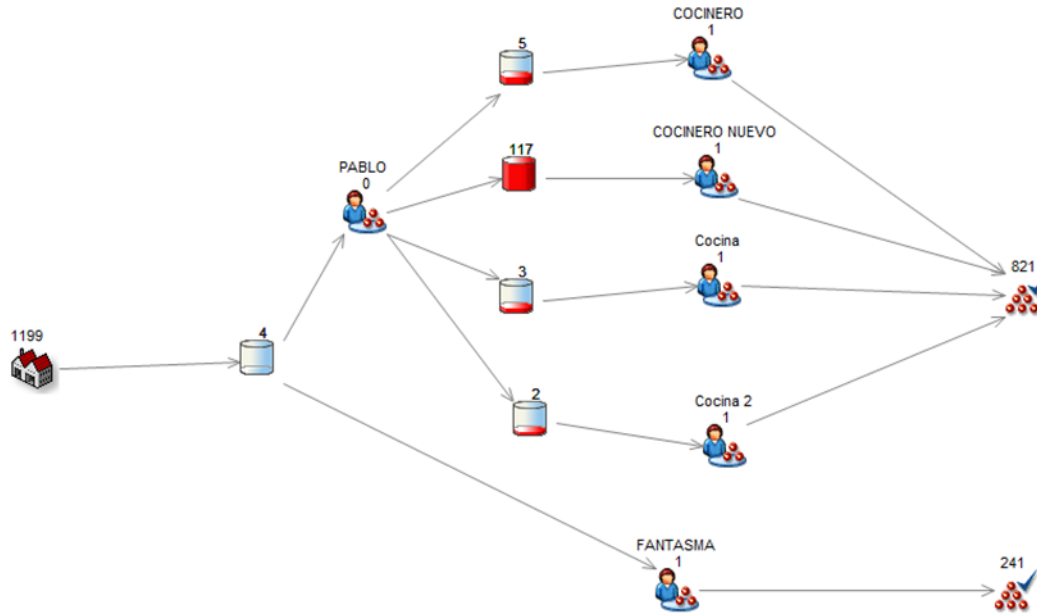


Imagen 22

Las imágenes muestran cómo se configura y ajusta el enrutamiento de pedidos en SIMUL8 para mejorar la distribución de la carga de trabajo entre cocinas. En la primera imagen se utiliza la opción “Circulate” en el menú de Routing Out, lo que permite enviar los pedidos de forma alternada entre la cocina original y un nuevo cocinero, ignorando rutas bloqueadas. Luego, en el modelo completo, se observa cómo el recurso llamado Pablo se encarga de dirigir los pedidos hacia la fila más corta entre varias cocinas, utilizando una lógica de balanceo de carga. Esta estrategia permite identificar qué centro se atrasa más y equilibrar automáticamente el flujo de trabajo, reduciendo tiempos de espera y mejorando la eficiencia general del sistema.

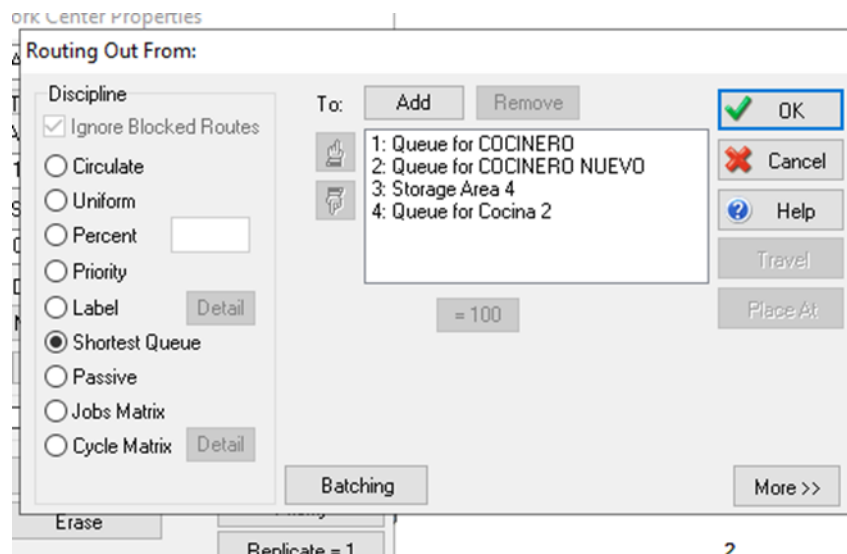


Imagen 23

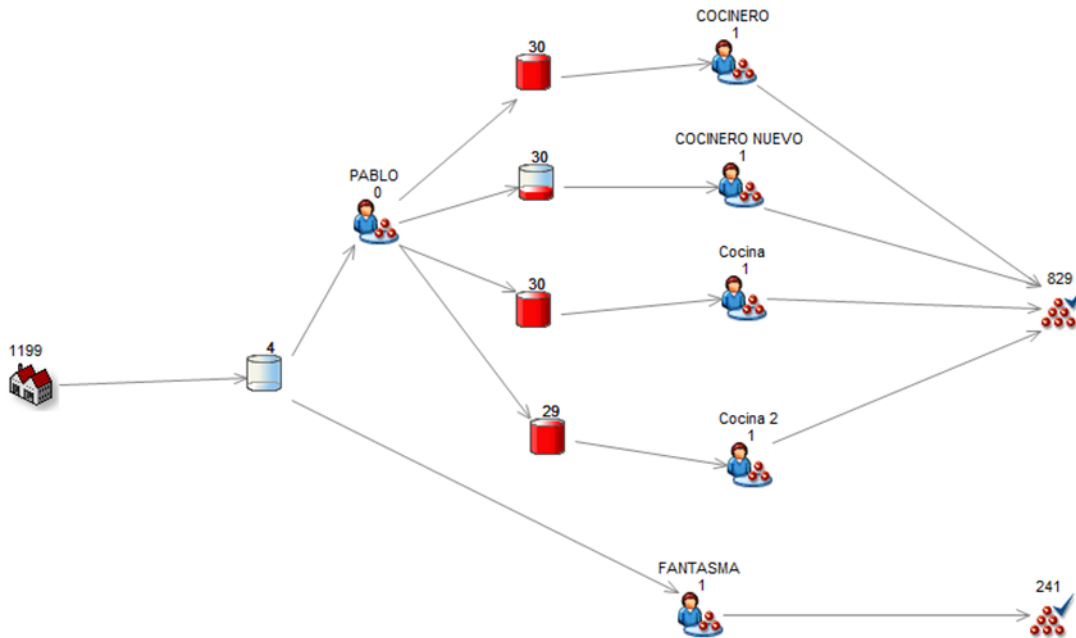


Imagen 24

Las imágenes muestran una configuración más avanzada del enrutamiento de pedidos , donde se utiliza la opción Shortest Queue para redirigir automáticamente las unidades al recurso con la menor cantidad de trabajo acumulado. En el cuadro de diálogo se observan múltiples destinos configurados, como las colas de diferentes cocineros y áreas de almacenamiento. En el modelo visual, se destaca cómo Pablo actúa como distribuidor central, dirigiendo los pedidos hacia las cocinas que tengan menor carga en tiempo real. Esta lógica mejora significativamente el equilibrio del sistema, reduce tiempos de espera y evita la acumulación en puntos específicos, optimizando así el desempeño global del proceso simulado.

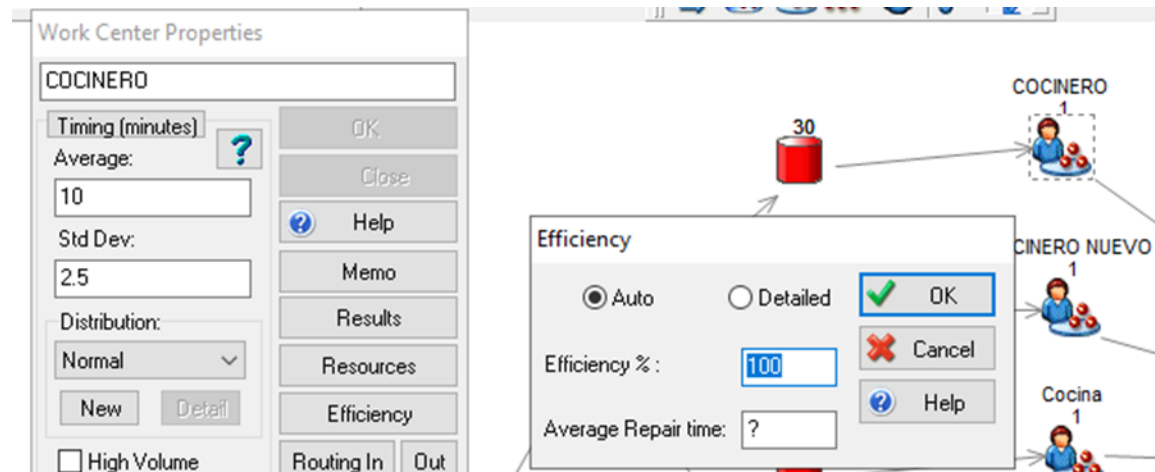


Imagen 25

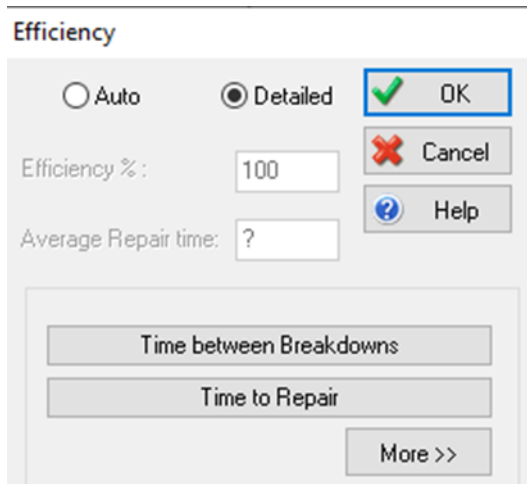


Imagen 26

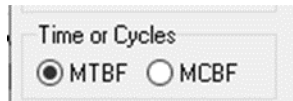


Imagen 27

La imagen muestra la configuración detallada de eficiencia y fallos en el centro de trabajo “COCINERO” dentro de SIMUL8. Se establece un tiempo promedio de procesamiento de 10 minutos con una desviación estándar de 2,5, y se activa el modo Detailed en la pestaña de eficiencia para personalizar el comportamiento del recurso. Se asigna un 100% de eficiencia operativa, pero se introduce la posibilidad de fallos configurando el parámetro Time Between Breakdowns en 3,96, lo que representa el tiempo medio entre fallas (*Mean Time Between Failures* o MTBF). Esta configuración permite simular interrupciones reales en el trabajo del cocinero, agregando mayor realismo y complejidad al análisis del rendimiento del sistema.

Stat Fit y relación con la simulación

Stat::Fit es una herramienta complementaria que se utiliza para ajustar datos reales a distribuciones estadísticas. Su función principal es encontrar la distribución de probabilidad que mejor representa los datos de tiempos de llegada, servicio, fallos, reparaciones, etc., en un sistema de simulación

Todo lo que trabajamos en este modelo —desde los tiempos de llegada de los estudiantes, el tiempo que tardan en ser atendidos, los fallos del cocinero, hasta los costos asociados por unidad o por minuto— puede ajustarse con distribuciones reales obtenidas desde Stat::Fit.

Por ejemplo:

- Cuando configuramos que llega un estudiante cada 10 minutos con distribución exponencial, si tuvieras datos reales de flujo de ingreso, podrías usar Stat::Fit para comprobar si realmente es exponencial o quizás es mejor usar una distribución normal o triangular.
- En la cocina, asignamos un tiempo promedio de 10 minutos con una desviación de 2,5. Si tuvieras los tiempos reales de preparación de pedidos, podrías ajustarlos con Stat::Fit y definir con precisión qué distribución representa ese proceso (por ejemplo, una Weibull asimétrica si los tiempos varían mucho).
- Cuando configuramos el parámetro Mean Time Between Failures (MTBF) en 3.96, podrías validarlo usando Stat::Fit si tuvieras datos reales de cuántas veces se rompe un recurso y cuánto tarda en repararse.