

# **Manual de Prácticas de Simulación**

Ingeniería en Sistemas Computacionales

M.I.I. Mayela Esther De Santiago Barragán

Instituto Tecnológico de La Laguna

Torreón. Coah.

## Objetivo General

El presente manual, contiene actividades que ayudan a los estudiantes en la construcción de modelos de simulación, tocando los principios y las técnicas básicas para el desarrollo de las mismas.

El objetivo es elaborar un Manual de Prácticas para la asignatura de Simulación de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales que proporcione al estudiante la habilidad y destreza para diseñar, implementar, administrar y mejorar sistemas integrados de abastecimiento producción y distribución de bienes y servicios de forma sustentable. Y al mismo tiempo cumplir con el objetivo del curso que nos dice que al concluir el mismo el estudiante adquirirá la competencia específica de: “Analizar, modelar, desarrollar y experimentar sistemas productivos y de servicios, reales o hipotéticos, a través de la simulación de eventos discretos, con el fin de conocerlos con claridad o mejorar su funcionamiento, aplicando herramientas matemáticas”.

Esta asignatura agrupa los conocimientos necesarios para modelar y simular sistemas discretos y lineales, abarcando desde la generación de números aleatorios, pasando por métodos para la generación de variables aleatorias, hasta la construcción de modelos de simulación.

La complejidad en la operación de sistemas de producción y servicios de la actualidad requieren de un modelación cada vez más apegada a la realidad, que permite un análisis profundo y detallado. Por ello, herramientas que permitan modelar esta complejidad se hacen relevantes y necesarias. La simulación es una de las herramientas que hacen posible conocer mejor el sistema de estudio, ya que permite evaluar diversos escenarios considerando múltiples variables de decisión y visualizar su comportamiento a través del tiempo.

En años recientes el advenimiento de nuevos y mejores desarrollos en el área de la computación ha traído consigo innovaciones igualmente importantes en los terrenos de la toma de decisiones y el diseño de procesos y productos. En este sentido, una de las técnicas de mayor impacto es la simulación.

Hoy en día al ingeniero se le abren un amplio abanico de posibilidades para realizar una simulación. Podemos utilizar distintos lenguajes para traducir nuestros modelos en un computadora y posteriormente resolverlos para obtener la simulación del comportamiento del sistema modelado. Podemos utilizar lenguajes de programación general, lenguajes específicos para simulación, lenguajes de propósito especial, o paquetes de software de simulación especialmente preparados para la misma.

Entre los lenguajes de programación de propósito general se utilizará el C#, ya que por sus características nos proporciona resultados muy confiables en ciertos tipos

de simulación como de líneas de espera e inventarios.

También se pretende dar la oportunidad de iniciarse en el diseño, desarrollo y análisis de sistemas de manera sencilla a través de la simulación utilizando de manera especial el programa ProModel.

A sí mismo, se incorpora el uso de la herramienta Stat:Fit, que permite determinar automáticamente la distribución de probabilidad de las variables y eventos a modelar en el sistema.

Por lo que observamos, hoy en día, el analista tiene a su disposición una gran cantidad de software de simulación que le permite tomar decisiones en temas muy diversos. Por ejemplo, determinar la mejor localización de una planta, diseñar un nuevo sistema de trabajo o efectuar el análisis productivo de un proceso ya existente, requiere mejoras. Sin duda, la facilidad que otorga la resolución de éstas y muchas otras problemáticas, ha hecho de la simulación una herramienta cuyo uso y desarrollo se han visto significativamente alentados.

Por todo esto, se busca que este manual cumpla con el objetivo de integrar la teoría y la práctica, lo aprendido con una realidad tangible, por lo que se promueve la participación activa de los estudiantes enfrentándolos a problemas reales y que puedan dar su aportación para el entendimiento completo teórico-práctico y así verifiquen su conocimiento adquirido para que se desarrollen profesionalmente de una forma veraz.

Además se pretende motivar al alumno a la investigación y al estudio de casos y adquirir así conocimientos cada vez más precisos, así como impulsar la mejora de los programas educativos y su competitividad académica.

Es un material didáctico que apoyará mejor el proceso enseñanza-aprendizaje y que podrá ser utilizado como un medio didáctico, junto con los recursos materiales y educativos, lo que en conjunto puede cumplir diversas funciones tales como:

- Proporcionar explícitamente información del tema en estudio, de sus métodos y procedimientos.
- Guiar el aprendizaje de los alumnos al instruir, ayudar a organizar la información, relacionar conocimientos, crear nuevos conocimientos y aplicarlos.
- Ejercitar habilidades, entrenar al alumno en técnicas, métodos y acciones que exigen una determinada respuesta lógica o psicomotriz.
- Motivar, despertar y mantener el interés por temas específicos.
- Evaluar los conocimientos y las habilidades que se tienen, a partir de ponerlos

en práctica y del cuestionamiento de los resultados obtenidos.

- Propiciar, además, la corrección de los errores, explícitos o implícitos, de los alumnos.
- Cumplir con uno de los parámetros de acreditación para de esta forma mantener la acreditación del programa educativo.

## Practica Uno

### INTRODUCCIÓN AL PRO MODEL

#### OBJETIVO

Conocer el procedimiento básico de construcción de modelos en Pro Model

#### INTRODUCCION

Al Simular buscamos predecir aspectos del comportamiento de un Sistema creando un Modelo apegado a la realidad. La Simulación es una herramienta poderosa que brinda a los tomadores de decisiones y analistas la habilidad de preguntar "¿Y qué pasaría si...?" y de esta forma visualizar diversos escenarios en cualquier proceso del negocio. Cualquier proceso puede ser simulado de una forma precisa de acuerdo con la realidad, tomando en cuenta interdependencias complejas y variabilidad, y se puede "correr" rápidamente en tiempo acelerado. El modelo de simulación puede ser utilizado para predecir el impacto en indicadores claves y reducir significativamente el riesgo asociado con las decisiones empresariales.

ProModel es uno de los paquetes de software de simulación mas usados en el mercado. Cuenta con herramientas de análisis y diseño que, unidas a la animación de los modelos bajo estudio, permite al analista conocer mejor el problema y alcanzar resultados mas confiables respecto de las decisiones a tomar.

En la unidad cuatro del programa de la materia de Simulación, tenemos el tema de Lenguajes de Simulación, por lo que las prácticas realizadas utilizando el ProModel corresponden a esta unidad, cumpliendo con los subtemas propuestos en esta unidad.

#### MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco
2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

#### METODOLOGÍA

En el promodel todo se ajusta a cuatro elementos: localidades, entidades, procesamiento y llegadas. Cualquier sistema de manufactura, logística y servicio puede ser moldeado utilizando estos elementos.

**Localidades (Locations):** Las localidades representan lugares fijos en el sistema. Las entidades son llevadas a estas localidades para su procesamiento, almacenamiento, cualquier actividad o toma de decisiones.

**Entidades (Entities):** Cualquier cosa que el modelo procesa es llamada entidad. Algunos ejemplos incluyen piezas, productos, gente y aún papeles de trabajo.

**Procesamiento (Processing):** Describe las operación que toman lugar en una localidad, como la cantidad de tiempo que una entidad pasa en un lugar, los recursos que se necesitan para realizar el proceso, y cualquier otra cosa que suceda en la localidad, incluyendo la elección del siguiente destino de la entidad.

**Llegadas (Arrivals):** Cada vez que una nueva entidad es introducida en el sistema se le conoce como llegada.

Con estos cuatro elementos se realizará el modelado de los sistemas de simulación en Promodel.

### **Estatuto WAIT**

Para crear tiempos de procesamiento en el modelo, utilizamos la instrucción **Wait** en la lógica de operación. Esto hace que la entidad “espere” (sea procesada) y ocupe la cantidad disponible en la localidad durante la cantidad específica de tiempo.

### **Instrucción MOVE FOR**

Se utiliza para especificar la cantidad de tiempo que una entidad invierte en viajar entre localidades, o sea que la entidad se mueva durante un tiempo específico.

### **Gráficas de Localidades**

Existen un número de opciones disponibles para mejorar la calidad de las gráficas e incrementar la información disponible asociada a las localidades en el modelo. Al añadir estos elementos a la localidad hay que tener cuidado en activar la localidad para la cual se desean añadir dichos elementos y posteriormente apagar el botón de localidad NEW. Elementos:

**Contador.** Despliega el contenido numérico de la localidad. Indica el número de entidades que se encuentran en una localidad específica. Cuando se tiene el contador sobre el layout podemos hacer modificaciones, solo hay que hacer click al botón derecho del mouse sobre el contador y ahí aparecerá las opciones de vistas para modificar.

**Calibrador.** Despliega gráficamente los contenidos de la localidad. Un medidor que nos indica, la utilización de una locación

**Texto.** Asocia texto a la localidad. Sirve para agregar nombres a las localidades o simplemente comentarlas.

**Luz de Status.** Cambia el color de acuerdo al status de la localidad. Nos indica cuando esa localidad esta ocupada o desocupada, funciona como un semáforo que cambia de color, dependiendo del estado de la localidad.

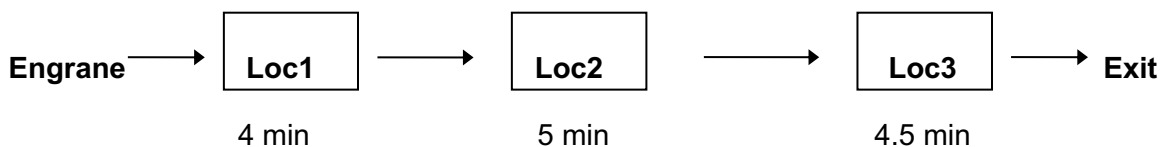
**Lugar de la Entidad.** Define el lugar físico en el que aparecerá la entidad en la localidad. Sirve para visualizar a las entidades cuando llegan a una determinada locación.

**Región.** Área (invisible durante la simulación) útil en definir localidades de área.

**Gráficas de fondo.** Si se quiere colocar texto, gráficas u otros efectos visuales en el modelo, se logra a través de Build/Background Graphics, enfrente o detrás de la cuadrícula (Front Of Grid/Behin Grid). Permite crear y modificar formas y colocar iconos en el modelo como simples gráficas. La herramienta de texto, en la barra de herramientas, aparece como una "A", se utilizará en todas las prácticas para colocar el número de práctica, el nombre del alumno y su número de control.

**Problema:**

El modelo tiene una entidad (engrane) que es procesada a través de tres localidades. El tiempo de movimiento entre localidades es de .5 minutos. La entidad llega una a la vez cada 10 minutos a Loc1. Hay 400 llegadas en total. La gráfica muestra el flujo del modelo:



**INSTRUCCIONES:**

1. Entre a ProModel y haga clic en el Menú **File/New**. Guarde el modelo con el nombre de Modelo 1 (Menú **File/Save as...**)
2. Vaya al menú **BUILD** y escoja **Locations...** Defina aquí las siguientes localidades: Loc\_1, Loc\_2 y Loc\_3. Primero haga clic en el icono que escoja para cada una de ellas y luego haga clic en el Layout para colocarlas donde desee. Puede escoger los gráficos que guste. En la línea que aparece para cada una de ellas cambie el nombre según corresponda. Ahora coloque el nombre a cada localidad apagando el botón NEW, haga clic en una Localidad, clic en el botón **Aa** y otro clic en el lugar donde va a colocar el nombre. Realice lo mismo para cada localidad.
3. Vaya al menú **Build/Entities..** para definir la entidad. Elija un gráfico de un engrane y solo cambie el nombre por el de **Engrane**. Si en la librería que esta usando no hay engrane, busque uno como se le indicó.
4. Ahora elija el menú **Build/Processing...** Las líneas se dan a continuación, puede usar el procedimiento con el ratón seleccionando la entidad y las localidades, o bien seleccionar de una lista que aparece haciendo clic en el *encabezado* de cada columna.

Entity...	Location..	Operation	Output	Destination	Move logic...
Engrane	Loc_1	Wait 4	Engrane	Loc2	Move for .5
Engrane	Loc_2	Wait 5	Engrane	Loc3	Move for .5
Engrane	Loc_3	Wait 4.5	Engrane	Exit	

- También puede introducir en operación los datos de la siguiente manera:
- Haga doble clic en **Operation...**, escoja el botón de **Build (Martillo)**, seleccione **Wait..**
- Teclear los valores correspondientes (los minutos) o también puede hacerlo con el ratón en el **Keypad**.
- En la parte superior aparece como quedaría. Dar clic en **Paste** para introducir los datos y cierre las ventanas que se abrieron.
  - Recuerde que no se ve exactamente así.

5. Acuda al menú **Build/Arrivals..** para poner la llegada de la entidad a la localidad Loc\_1. Aquí solo escriba la siguiente línea, recuerde que puede hacer clic en los encabezados de cada columna:

Entity..	location..	Qty each	first time	ocurrences	Frecuency
Engrane	Loc_1	1	0	400	10

6. En el menú **Build/ Background Graphics/Front of Grid** de clic en el Layout y en el lugar que desee ponga su nombre y número de control, puede poner también Práctica uno. Para esto elija el icono de texto, lo puede editar a su gusto cambiando colores de letra, fondo, tamaño, tipo, etc. Esto lo va a poner en todas las prácticas. También de esta forma puede agregar los graficos que tenemos en promodel, como sillas, macetas, escritorios, etc, que no sean locaciones ni entidades, sino solo graficos para darle una mejor presentacion a su modelo.

7. Ahora vaya el menú **Simulation/Save & Run** para guardar y simular su modelo.

### SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
2. Prestar atención a la explicación del maestro.
3. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control. Esto se realizará en todas las prácticas.
4. Si se trabaja en su propia computadora, tener instalado el ProModel.
5. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.

### REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

Conteste las siguientes preguntas una vez que su práctica corrió perfectamente.



1. ¿Cuáles son los elementos indispensables que se requieren para poder modelar en ProModel?
2. Mencione las opciones disponibles para mejorar a calidad de los gráficos. Cuales le ayudaron a realizar su práctica y para que se utilizaron.
3. ¿Cuál es la principal ventaja entre un lenguaje de propósito especial y uno de propósito general? Exlique su comentario.

## **BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*.Naucalpan de Juárez. 2006
2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)

## Practica Dos

### MODELACIÓN DE PRO MODEL

#### OBJETIVO:

Conocer el procedimiento de modelación del ProModel, practicando el menú de construcción.

#### INTRODUCCION

En esta práctica se verán algunas herramientas que nos ayudarán a realizar nuestra simulación, a continuación se dará una breve descripción:

#### Corte y Destarimado

Esta es una operación en donde una parte se convierte en dos o más partes. Pudiendo ser corte, destarimado, desempaquetado, etc. Simplemente se cambia la cantidad de salida en el cuadro de diálogo en las reglas de ruteo durante el proceso. Dentro del Menú Build, en el submenú Processing, en la tabla de edición del ruteo hay una cantidad que al cambiarla implica multiplicar el número de entidades que se generan y se envían a la siguiente locación. Ej. FIRST 5 implica que por cada entidad que entra salen 5.

#### Instrucción COMBINE

Esta instrucción combina y consolida el número especificado en entidades, o sea junta en lotes o grupos un número determinado de piezas. La instrucción **combine** espera hasta que estén disponibles un número específico de piezas en la locación y entonces se combinan en una sola entidad que es enviada a la siguiente locación como la entidad de salida.

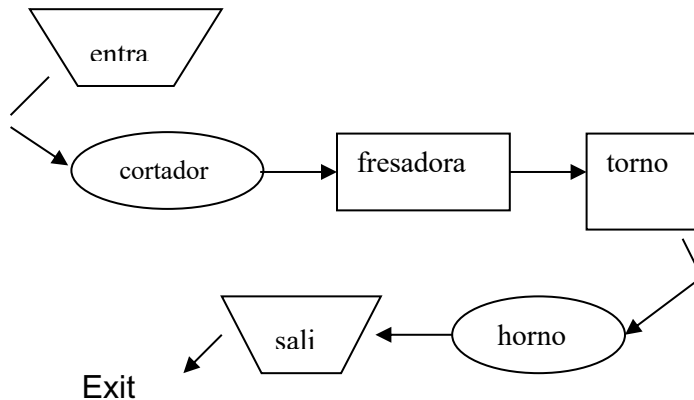
#### Gráficas de fondo

Si queremos colocar texto u otros gráficos en el modelo, lo logramos a través de Build/Background Graphics. Entre a este módulo y practique con las opciones. La barra de herramientas nos permite dibujar y modificar formas. La barra de Iconos nos permite acceder iconos de localidades/entidades como simples gráficas. La herramienta de textos aparece en la gráfica de barras como una A. Aquí logramos efectos visuales, cuadrícula, etc.

#### Problema:

Un **blanco** entra al sistema en una localidad denominada entrada y va a la cortadora. De este lugar, las **piezas** viajan a la fresadora, después al torno y después al horno. Del horno, **un lote** va a la localidad salida y un producto terminado abandona el sistema a Exit. Definir que el modelo corra por 200 horas.

Los tiempos de operación y de movimiento se pueden observar en la tabla del proceso que se encuentra mas abajo. La gráfica muestra el flujo del modelo:



## MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco
2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

## METODOLOGÍA

1. Entre a Promodel y haga clic en el Menú File/New. Guárdelo con el nombre de Práctica 2 (File/Save as)
2. Vaya al menú **BUILD** y haga clic en **Locations**.. Defina aquí las Localidades: entrada, cortadora, fresadora, torno, horno y salida. Primero haga clic en el icono que escoja para cada una de ellas y luego clic en le Layout para colocarlas donde usted desee. En la línea que aparece en cada una cambie en nombre de las estadísticas (stats.) a Basic. Coloque el nombre a cada localidad apagando el botón **NEW** y haciendo clic en una localidad haga clic en el botón **Aa** y luego otro clic en el lugar donde desea colocar el nombre. Repita para cada localidad.
3. Ahora vaya al menú BUILD/Entities... para definir cada una de las entidades. Elija un icono para cada una de ellas y solo cambie los nombres y las estadísticas igual que en Localidades. Sus nombres son: *blanco*, *pieza*, *lote* y *producto terminado*.
4. Elija el menú BUILD/Processing...Las líneas se dan a continuación. Puede usar el procedimiento con el ratón, teclearlas o seleccionar de una lista que aparece haciendo clic en el encabezado de cada columna.

Entity	Location	Operation	Output	destination	Move logic
Blanco	Entrada		Blanco	Cortadora	Move for .5
Blanco	Cortadora	Wait 5	Pieza	Fresadora	Move for .5
Pieza	Fresadora	Wait 4	Pieza	Torno	Move for .5
Pieza	Torno	Wait 3	Pieza	Horno	Move for .5
Pieza	Horno	Wait 12	Lote	Salida	Move for .5
Lote	Salida		Producto terminado	Exit	

5. Ahora vaya al menú **Build/Arrivals..** Escriba la siguiente línea. Puede hacer clic en los encabezados para escoger los nombres.

Entity	Location	Qty each	First time	Occurrences	Frecuency
Blanco	entrada	1	0	Inf	10

6. En el menú **SIMULATION/Options** defina que el Práctica corra por 200 horas escribiendo 200 en la caja de **Run hours** y OK. Para que corra la simulación elija **Save& Run**

## Segunda Parte

### Problema:

Este es la Práctica anterior modificada. Colocar un calibrador en el horno y un contador en la salida. En la cortadora, 5 piezas se cortan del blanco y van a la fresadora. De ahí las piezas van al torno. Las piezas van después al horno en donde son combinadas 10 piezas como un lote, el lote va después a la salida en donde cinco lotes se combinan como un producto terminado. De ahí el producto terminado va a exit.

## METODOLOGÍA

1. Guarde el Práctica anterior como Práctica 2a, usando el menú File/ Save as.. de modo que ahora tendrá dos archivos Práctica1 y Práctica1a.
2. Las modificaciones se presentan en las siguientes opciones del menú Build:

**Locations...** Aquí coloque un calibrador en el horno y un contador en la salida. Siga el mismo procedimiento que usó para colocar los nombres de las Localidades. El contador es el primero de la columna (donde esta Aa) y el calibrador es el segundo. Aumente la capacidad del horno a 10. Capacidad de salida a 5.

**Processing...** Cambie en la línea de la cortadora el First 1 por First 5. En la línea del horno vaya a la columna Operation y agregue la instrucción **COMBINE 10** antes de wait 12. El 10 de combine son piezas y el 12 de wait minutos. Agregue

en la columna de Operation de la línea de Salida COMBINE 5, para indicar que el producto terminado va en unidades de 5 lotes cada uno.

3. Simule también por 200 horas siguiendo las instrucciones de la primera parte de la práctica .

### **SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

1. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
2. Prestar atención a la explicación del maestro.
3. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
4. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
5. Recuerde que todos los elementos utilizados en esta práctica se seguirán utilizando en las posteriores.

### **REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)**

Conteste las siguientes preguntas una vez que su práctica corrió perfectamente.

1. ¿Cuáles son los elementos nuevos, diferentes de la práctica anterior, que utilizó para modelar en ProModel?
2. Mencione las opciones disponibles para mejorar a calidad de los gráficos. Cuales le ayudaron a realizar su práctica y para que se utilizaron.
3. ProModel cuenta con una interfaz de resultados que facilita la administración, el manejo y el análisis de la información. En este módulo se pueden ver los resultados de todas las variables del modelo. ¿Que nos puede decir de su modelo, de acuerdo a los resultados que se obtuvieron?. Realice las recomendaciones necesarias.
4. Investigue cuales localidades son responsables de que el flujo de las operaciones no sea constante o de que existan bloqueos. Dé sugerencias.

### **BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Persson Educación, 2006

2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)

3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición

4. Banks, Jerry, Carson II, Jhon; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición

5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

## Práctica tres

### REAFIRMAR CONOCIMIENTOS Y DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD OBJETIVO:

Reafirmar los conocimientos obtenidos en las prácticas anteriores. Utilizar probabilidades en los tiempos del proceso. Agregar graficos de las librerías de Promodel para dar una mejor presentación.

### INTRODUCCIÓN

Se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos con anterioridad, así como el uso de la biblioteca de probabilidades. La biblioteca de distribuciones de probabilidad de ProModel, permite simular la variabilidad de los procesos. En la tabla se listan las distribuciones de probabilidad incluidas en ProModel y la forma de programar cada una de ellas. En caso de no recordar la forma de programar alguna de las funciones, haga clic en el botón de Operation de la ventana Processing para hacer uso del constructor de lógica, que permite acceder a la ventana de diálogo Logic Builder con sólo hace clic en el ícono del martillo. Luego haga clic en la opción de Distribution Functions de la sección Logic Elements para desplegar las diferentes funciones de probabilidad.

Distribución de Probabilidad	Codificación en ProModel	Parámetros
Beta	$B(1, \alpha_1, \alpha_2, a, b)$	$\alpha_1$ : forma $\alpha_2$ : forma $a$ : mínimo $b$ : máximo
Binomial	$B(N, p)$	$N$ : intentos $p$ : probabilidad
k-Erlang	$ER(\mu, k)$	$k$ : forma $\mu$ : media
Exponencial	$E(\mu)$	$\mu$ : media
Gamma	$G(\alpha, \beta)$	$\alpha$ : forma $\beta$ : escala
Geométrica	$GEO(p)$	$p$ : probabilidad
Lognormal	$L(1, \mu, \sigma^2)$	$\mu$ : media $\sigma^2$ : varianza
Normal	$N(\mu, \sigma)$	$\mu$ : media $\sigma$ : desviación
De Poisson	$P(\mu)$	$\mu$ : media
De Pearson V	$P5(1, \alpha, \beta)$	$\alpha$ : forma $\beta$ : escala
De Pearson VI	$P6(1, \alpha_1, \alpha_2, \beta)$	$\alpha_1$ : forma

Triangular	$T(a,b,c,)$	$\alpha_2$ : forma $\beta$ : escala a: mínimo c: moda b: máximo
Uniforme	$U(\mu, hr)$	$\mu$ : media hr: medio rango
Uniforme discreta	-	a: mínimo b: máximo
De Weibul	$W(\alpha,\beta)$	$\alpha$ : forma $\beta$ : escala

### Agregando graficos a PROMOD.GLB (o al archivo de graficos que utiliza promodel)

Tal vez necesite mas graficos para darle mejor preentación al modelo por lo que realizamos el siguiente procedimiento:

Si nosotros queremos que agregar mas graficos para poder utilizarlos como entidades y localidades, o graficos de fondo, podemos acudir a las librerías existentes en el PROMODEL.

Vamos a Tools/Graphic Editor y escogemos File Open ahí nos muestra las diferntes librerias de las que podemos escoger el gráfico que queremos o necesitamos, despues que seleccionamos el que queremos agregar, damos clic en Edit (superior derecho) y cuando esta en el layout Edit (superior izquierdo)/ Copy y nos vamos al archivo al que lo queremos agregar puede ser el PROMOD.GLB en la mayoría de los casos asi se llama el que venimos usando. Entonces seleccionamos Edit(superior izquierdo)/ Paste y Save (derecho) y guardamos los cambios para volver al modelo que estamos realizando.

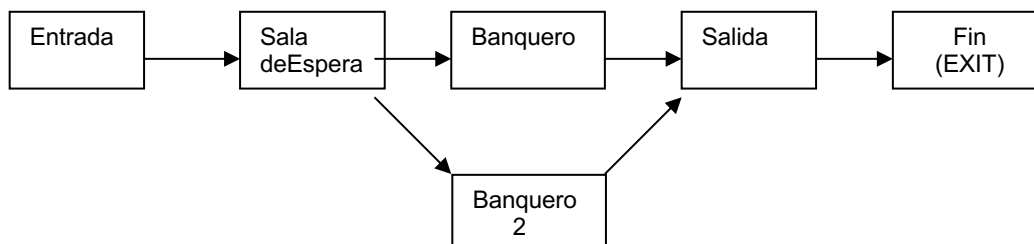
De esta misma forma se pueden editar esos graficos, como cambiar de color, eliminar o a gregar partes, etc.

### Problema:

#### Oficina Bancaria de Préstamos

Una sucursal de un banco actualmente tiene dos personas que se encargan de los bancos. En los últimos meses, sin embargo ha habido un aumento en el flujo de clientes y la sucursal del banco está considerando contratar a otra persona para manejar un volumen más grande de clientes. Construir un modelo de simulación de la oficina y *determinar si se justifica contratar a otra persona*

El flujo del sistema es como sigue:



Los clientes entran al sistema a través de la Entrada y proceden directamente a la Sala de Espera, los clientes van con el Banquero 1 o con el Banquero 2 dependiendo de quién esté ocupado. Los clientes después van a la salida y finalmente a EXIT después de ver al cajero.

La tasa de llegada de los clientes en el pasado muestra que una persona llega a la puesta cada 10 min. (exponencialmente distribuido). La *tasa presupuestada* de llegadas es una cada 5 minutos (exponencialmente distribuido).

Enseguida se listan los tiempos de operación y capacidad del sistema:

Localidad	Tiempos de Operación	Capacidad	Tiempos de Movimiento
Puerta de Entrada	0	2	.5 min
Sala de Espera	0	10	.5 min
Banquero 1	U(12.5,2.5)	1	.5 min
Banquero 2	U(12.5,2.5)	1	.5 min
Salida	0	2	.5 min

El gerente quiere que se revise la siguiente información:

1. Capacidad de la Sala de Espera. ¿Hay suficiente información para manejar la carga incrementada de clientes?
2. El tiempo de espera para ver a un banquero. Se desea que sea de diez minutos o menos.

### MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco
2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

### METODOLOGÍA

Construya el Práctica con una tasa histórica de llegadas, cada 10 min, en el nivel actual de staff (2 banqueros). Realizar el Práctica para 300 llegadas.

Corra el Práctica y anote los resultados. Después cambie el modelo y experimente el nivel de staff y la capacidad de la sala de espere si es necesario. Finalmente haga recomendaciones.

Se revisará la presentación por lo que se recomienda hacer el diseño del modelo lo mejor posible



Nota: **Al final tendrá dos archivos**

### **SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

1. Prestar atención a la explicación del maestro.
2. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
3. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
4. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
5. Recuerde que todos los elementos utilizados en esta práctica se seguirán utilizando en las posteriores.

### **REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)**

Conteste las siguientes preguntas una vez que su práctica corrió perfectamente.

1. Explique el análisis que realizó para tomar la mejor decisión
2. ¿Que cambios tuvo que hacer para cumplir con la necesidad de no estar mas de diez minutos en la sala de espera? Explique brevemente. ¿Que otra sugerencia puede dar?

### **BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006
2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)
3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición
4. Banks, Jerry, Carson II, Jhon; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición
5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

## Práctica Cuatro

### MODELO DE FILAS

#### OBJETIVO:

Conocer los procedimientos básicos para la creación de filas ilimitadas y limitadas

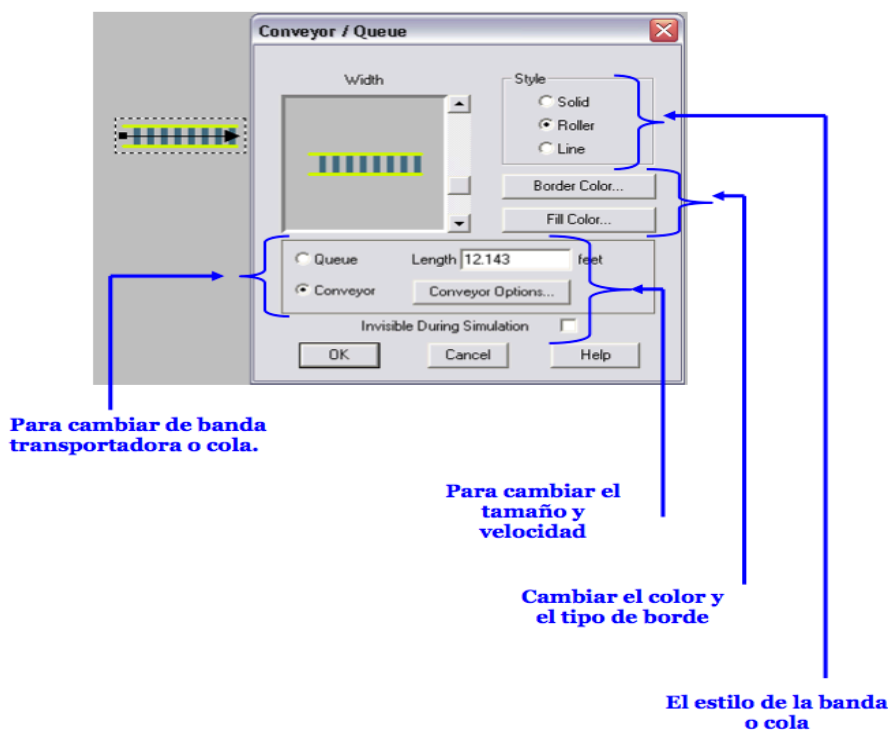
#### INTRODUCCION

En esta practica utilizaremos las filas o líneas de espera, se utilizan como almacén, inventarios o zonas de espera frente a las localidades. Gráficamente la fila solamente desplegará tantas entidades como se puedan mostrar dependiendo del tamaño de la fila y el tamaño de la entidad, solamente como concepto gráfico. Aceptará hasta completar la capacidad pero no las mostrará.

El estatuto MOVE permite controlar cuando será ejecutada la lógica fila/banda. Lógica anterior al estatuto MOVE se ejecutará al principio de la fila/banda; lógica posterior al estatuto MOVE se ejecuta cuando la entidad llega al final. El estatuto MOVE FOR permite controlar el tiempo que toma a la entidad viajar por toda la fila. Si no se especifica un MOVE FOR, el tiempo será definido por la longitud de la fila y la velocidad de la entidad.

Tiene dos funciones, trabajar como cola; especificando la prioridad de entrada o paso hacia una locación, o bien puede trabajar como una banda; solamente transportar sin tomar en cuenta la prioridad de llegada.

Podemos hacer modificaciones, solo hay que hacer click al botón derecho del mouse sobre la bando o cola y ahí aparecerá las opciones de vistas para modificar según se muestra a continuación:



**Problema:****Oficina Bancaria. Caso ilimitado**

Es el caso de un banco con 3 cajeros y una fila a la que llegan los clientes para ser atendidos por uno de los 3 cajeros (servidores).

**MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO**

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco
2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

**METODOLOGÍA****1. LOCALIDADES**

Cree las siguientes localidades: Entrada, Fila, Cajas y Salida. Confirme en la línea de edición de la fila que esta tenga capacidad ilimitada. Dando doble clic sobre la fila active la opción QUEVE que la define como una fila. (Conveyor es para las bandas)

**2. ENTIDADES**

Dos entidades: Cliente y Cliente\_atendido. Seleccione dos clientes que se dirijan en la dirección que le marque el recorrido definido en su Layout.

**3. PROCESAMIENTO**

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Move logic...
Cliente	Entrada		Cliente	Fila	Move for 0.1
Cliente	Fila	MOVE	Cliente	Cajas	Move for 0.2
Cliente	Cajas	Wait E(5)	Cliente_atendido	Salida	Move for 0.2
Cliente_atendido	Salida		Cliente_atendido	EXIT	

**4. LLEGADAS**

Entidad	Localidad	Qty	F.T.	Ocurr	Freq
Cliente	Entrada	1	0	Inf	E(2)

Simule 250 horas y marque cinco horas en Warmup hours: Estas últimas horas son de arranque, es un tiempo que se da para que el sistema alcance su estado estable y las estadísticas sean más confiables.

Vea las estadísticas y compare los resultados obtenidos con los teóricos para este Práctica.

### Segunda Parte. Caso de fila limitada

Una vez que termine el Práctica anterior guárdela para modificarla con la variante de una fila limitada.

### METODOLOGÍA

1. **LOCALIDADES.** En la línea de fila cambie la capacidad de la fila a 4
2. **ENTIDADES.** Agregue una entidad con el nombre de Cliente\_rechazado. Cambie su color para que pueda distinguirlo mejor en la simulación.
3. **PROCESAMIENTO.** Modifique la primera línea y agregue una al final como se muestra a continuación. Se tienen dos salidas una para el cliente que si puede quedarse y otra para el cliente que ya no cabe en la fila (rechazado)

Entity	Location	Operation	Output	Destinatio n	Rules	Move logic...
Cliente	Entrada		1 Cliente	Fila	First 1	Move for 0.1
			Cliente_ Rechazad o	Salida	First	Move for 0.3

A los clientes rechazados les dimos mas tiempo de traslado para verlos mejor cuando se vayan. Vea el Move for.

La última línea será:

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rules	Move logic...
Cliente_ Rechazad o	Salida		1 Cliente_ rechazado	EXIT		

4. **LLEGADAS** Las llegadas no sufren modificación.

### SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Prestar atención a la explicación del maestro.
2. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
3. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
4. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
5. Recuerde que todos los elementos utilizados en esta práctica se seguirán utilizando en las posteriores.
6. No olvide hacerla lo mejor presentada posible.

### REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

Conteste las siguientes preguntas una vez que su práctica corrió perfectamente.

1. Explique la principal diferencia entre una fila ilimitada y una limitada. En Promodel como se hace esta diferencia.

2. ¿Qué podemos hacer para evitar que existan clientes rechazados, además de aumentar la capacidad de la fila?

### **BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006
2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)
3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición
4. Banks, Jerry, Carson II, Jhon; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición
5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

## Práctica Cinco

### **VARIABLES EN PRO MODEL**

#### **OBJETIVO:**

Conocer el procedimiento básico de las variables, y de los estatutos INC y DEC y Probabilidades

#### **INTRODUCCION**

En esta práctica conoceremos como las variables se utilizan para la toma de decisión y la divulgación estadística. El valor de una variable se puede supervisar en un cierto plazo y exhibir en el transcurso de la simulación. Las variables pueden ser de dos tipos, enteras o reales. Las variables locales se pueden también utilizar para la conveniencia rápida al definir lógica. Para que las variables sean útiles, necesitamos manipular sus valores.

Esto se hace con los estatutos INC y DEC.

- INC causa que el valor de la variable se incremente por el valor específico, o bien en "1" si no se especifica este valor.
- DEC causa que el valor de la variable se decremente por el valor específico, o bien en "1" si no se especifica este valor.

Las variables son válidas en cualquier campo de lógica, por ejemplo: en el proceso puede utilizarse en OPERATION y en MOVE LOGIC.

Se utilizará el comando GRAPHIC #, mismo que permite cambiar la gráfica de la entidad por otra determinada al momento de definir las entidades. El símbolo # representa la posición que tiene la gráfica dentro de la lista de gráficos definidos para esta entidad.

#### **Problema:**

Abra el Práctica dos a (modificada) y realice los cambios que a continuación se indican. Guárdelo como Práctica 5.

En el Práctica 2a debimos haber determinado que uno de los responsables de retraso es el horno. Para corregir esto, vamos a añadir otra unidad al horno. También vamos a inspeccionar las partes, ya que tenemos información que nos dice que el 25% son rechazos. Por lo que del torno la pieza pasa a inspección a donde se preparará un bloque de ruteo con dos líneas, cada una con una probabilidad de ocurrencia. Para desplegar más información, prepare variables y mantenga un registro de lo siguiente: Inventario en Proceso, Partes rechazadas y Partes terminadas.

Se deberá incrementar la variable de **Inv\_en\_Proceso** cuando una parte ingrese al sistema, y será necesario decrementarla cuando la parte terminada abandone el sistema (también cuando haya un rechazo).

Hay que incrementar la variable de partes rechazadas cuando un rechazo abandone el sistema y la variable de partes terminadas cuando una pieza completada abandone el sistema. Coloque estas variables en la pantalla y dentro de **Background Graphics** coloque etiquetas o letreros para ellas.

Finalmente, cambie la gráfica de las entidades cuando salgan de la fresadora y posteriormente cuando abandonen el torno.

## METODOLOGÍA

Abra el Práctica 2a y realice los siguientes cambios. Guárdelo como Práctica 5.

1. En **Localidades** necesita agregar al Práctica:

Localidades	Capacidad	Unidades
inspección	1	1
Horno	10	2*

\* En este caso solo cambie en las unidades el uno por un dos y se agregaran automáticamente las unidades horno.1 y horno.2.

2. En Entidades solo agregue una nueva que llamará rechazos.

3. Las variables las deberá definir dentro de **Build/ Variables (global)**, poniéndolas por su nombre y tipo (entero), quedando de la siguiente manera:

ID	Type
Inv_en_proceso	Integer
Partes_rechazadas	Integer
partes_terminadas	Integer

4. Para cambiar la gráfica de las entidades al salir de la fresadora y al abandonar el torno, se requiere ir a **Buid/Entities** y escoger la entidad Pieza generando dos gráficos adicionales para esta entidad, **apagando el botón NEW** como se vio previamente. En el proceso en la lógica de operación de las Localidades respectivas se utiliza el estatuto **GRAPHIC** para cambiar el gráfico de la entidad cuando se termine su tiempo de procesamiento como aparece en la tabla siguiente.

5. En el procesamiento deberá realizar los cambios necesarios, agregar las funciones INC y DEC, Graphic #, y Probabilidades, quedando como se muestra a continuación:

### Process

### Routing

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
Blanco	Entrada		Blanco	Cortadora	FIRST 1	Move for .5
Blanco	Cortadora	Wait 5 INC Inv_en_Proceso,5	Pieza	Fresadora	FIRST 5	Move for .5
Pieza	Fresadora	Wait 4 Graphic 2	Pieza	Torno	FIRST 1	Move for .5

Pieza	Torno	Wait 3 Graphic 3	Pieza	Inspección	FIRST 1	Move for .5
Pieza	Inspección	Wait 1	Pieza Rechazos	Horno Exit	0.75 1 0.25	Move for .5 INC Partes_rechazadas DEC Inv_en_Proceso
Pieza	Horno	Combine 10 Wait 12	Lote	Salida	FIRST 1	Move for .5
Lote	Salida	Combine 5 AS Producto_terminado				
Producto_terminado	Salida	INC Partes_Terminadas, 50 DEC Inv_en_Proceso, 50	Producto_terminado	Exit	FIRST 1	

6. Los demás elementos tales como Información general, llegadas, etc., no sufren alteración.

7. **Para colocar una variable en el Práctica como un contador**, se señala el registro de la variable en la tabla de edición y clic en su lugar en el layout (doble clic para editar). Debe realizar este paso para que se vaya mostrando la información.

### SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Prestar atención a la explicación del maestro.
2. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
3. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
4. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
5. Recuerde que todos los elementos utilizados en esta práctica se seguirán utilizando en las posteriores.
6. No olvide hacerla lo mejor presentada posible.

### REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

Conteste las siguientes preguntas una vez que su práctica corrió perfectamente.

1. Explique el principal uso de las variables en los modelos de simulación.
2. ¿En que casos recomendaría utilizar el estatuto GRAPHIC #?
3. ¿Es necesario agregar mas hornos o alguna otra localidad? ¿Por qué? Realice la modificación que sugiere y observe el comportamiento del sistema. ¿Hubo mejoría? ¿Por que?



**BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006
2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)
3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición
4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición
5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

**Práctica Seis****CASO INTEGRADOR.****OBJETIVO:**

Practicar los conocimientos adquiridos hasta la fecha. Conocer el uso de la instrucción **DISPLAY** y las gráficas de fondo.

**INTRODUCCION**

El estudiante practicará los conocimientos adquiridos durante la elaboración de las prácticas anteriores, realizando el modelo según el problema que a continuación se presenta, además utilizará la instrucción **DISPLAY** y las gráficas de fondo, todo esto para dar mas realismo a la simulación.

La instrucción **DISPLAY** es muy útil para programar mensajes de alerta dentro de la simulación o para realizar interacción con el usuario del modelo. Sin embargo tiene el inconveniente de que detiene la simulación, por lo que es importante utilizarla únicamente cuando el mensaje sea relevante. Por otra parte las gráficas de fondo le dan a nuestro modelo mayor realismo, pues nos ayudan a presentar el ambiente en el que se desarrolla el proceso en la realidad. A continuación se presenta como se utilizan estos elementos los procesos simulados.

**Uso de la instrucción DISPLAY**

Para incluir el mensaje de inicio y fin de la simulación lo realizamos de la siguiente manera:

- a. Abra el menú Build/General Information/InitializationLogic, en la ventana que aparece, escriba la instrucción **DISPLAY** "Inicio de la Simulación". Esta instrucción se desplegará en una ventana de mensaje que detendrá la simulación hasta que hagamos clic en uno de los botones incluidos en ella: si hacemos clic en Cancel, la simulación no se ejecutará, si hacemos clic en OK la simulación comenzará.
- b. Vuelva a desplegar el cuadro de dialogo General Information, y ahora en Termination Logic coloque el comando **DISPLAY**, pero esta vez con un mensaje de finalización de la simulación. (recuerde colocar el texto entre comillas dobles).

Para colocar un archivo como gráfica de fondo:

Se permite colocar una imagen con formato BMP, WMF, GIF o PCX. En Build/Background Graphics/Behind Grid abra el menu Edit y elija Import Graphic. A continuación se desplegará un cuadro de diálogo Open. Localice el archivo que le interese. Selecciónelo. Aparecerá como fondo de la simulación, generalmente en la esquina superior izquierda del área de trabajo. Con el ratón arrastre para lograr el tamaño deseado.

**Problema:**

Se tiene una línea de empaque a la que llegan piezas cada dos minutos con distribución exponencial. Esta línea cuenta con cinco procesos, que se describen a continuación.

1. Recepción de materiales. Cuenta con un espacio ilimitado de almacenamiento. En este lugar se reciben las piezas que llegan al sistema, y luego éstas pasan a un proceso de lavado. El traslado de las piezas de una estación a otra tarda tres minutos con distribución exponencial.
2. Lavado de la pieza. La lavadora tiene capacidad para limpiar cinco piezas a la vez. El tiempo de proceso de cada pieza se distribuye normalmente con media de diez minutos y desviación estándar de dos minutos. De aquí pasan a un proceso de pintura, antes del cual llegan a un almacén con capacidad para un máximo de diez piezas. El tiempo de traslado entre esta estación es de dos minutos con distribución exponencial.
3. Pintura. En el área de pintura se tiene capacidad para pintar tres piezas a la vez. El tiempo de pintado tiene una distribución triangular de (4,8, 10) minutos. Posteriormente las piezas pasan a un horno, el cual cuenta con un almacén que tiene capacidad para 10 piezas. El tiempo de transporte entre estos procesos está uniformemente distribuido con límite inferior de dos minutos y superior de 5 minutos.
4. Horno. En el horno se seca la pintura. El horno solo puede procesar una pieza a la vez. La duración del proceso es de  $3 \pm 1$  minutos. De aquí son transportadas a dos mesas de inspección visual. No existe un almacén entre el horno y las mesas de inspección. El tiempo de transporte entre estas estaciones es de  $2 \pm 1$  minutos.
5. Inspección. En cada mesa hay un operario que realiza la inspección de tres elementos en cada pieza. La revisión de tres elementos en cada pieza. La revisión de cada elemento tarda dos minutos con distribución exponencial. Al finalizar este proceso, las piezas salen del sistema.

**MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO**

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco
2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

**METODOLOGÍA**

Realice lo siguiente:

- a) Simule el sistema por noventa días de 24 horas cada uno indicando el momento que inicia y termina la simulación con la instrucción DISPLAY.
- b) Ejecute tres replicas de simulación
- c) Analice el archivo de resultados del modelo
- d) Obtenga un intervalo de confianza para el número de piezas producidas
- e) Determine en una tabla, las utilizaciones de todas las localidades del modelo.
- f) Agregue variables en los lugares claves del sistema
- g) Incluya gráficos de fondo importados.

Con base al análisis de resultados, responda las siguientes preguntas.

1. ¿Dónde se encuentra el cuello de botella de este sistema?
2. ¿Qué sugerencias hay para mejorar el sistema?
3. Explique porque agrego esas variables.
4. El hecho de que una entidad se encuentre en estado de bloqueo significa que la pieza ha terminado sus operaciones en la localización actual pero no puede avanzar a la siguiente, puesto que no hay espacio para colocarla. De acuerdo con esto, ¿Considera que es grave el bloqueo de las piezas? ¿En qué localidades?, ¿Qué se puede hacer para mejorar la situación? Haga los cambios que considere necesarios al modelo y ejecútelo nuevamente para determinar la mejora porcentual respecto del número de piezas terminadas.
5. Si pudiera lograr una mejoría de 10% en el tiempo del proceso de alguna de las estaciones ¿en cuál de ellas sería y porque?
6. ¿Es necesario que alguno de los almacenes sea más grande? ¿cuál y porque razones?
7. ¿considera necesario colocar un almacén entre el horno y las mesas de inspección? ¿de qué capacidad?

Efectúe en su modelo los cambios necesarios para su mejora.

**SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

1. Prestar atención a la explicación del maestro.
2. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
3. Realizar en su cuaderno el diagrama de flujo del proceso, indicando los elementos que lo componen, esto con el fin de clarificar el modelo.
4. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
5. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
6. Recuerde que todos los elementos utilizados en esta práctica se seguirán utilizando en las posteriores.
7. No olvide hacerla lo mejor presentada posible.

**REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)**

1. Para acreditar la práctica realice un reporte por escrito donde conteste las preguntas anteriores de acuerdo a su análisis de resultados.
2. Comente sus conclusiones y observaciones.
3. Explique los cambios que hizo para mejorar el modelo y por qué tomo esa decisión.

**BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006
2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)
3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición
4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición
5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

## **Práctica Siete**

### **Modelos de Filas**

#### **CASO DE FILA LIMITADA CON VARIABLES.**

#### **OBJETIVO:**

Practicar los conocimientos adquiridos en las prácticas anteriores, sobre todo las variables

#### **INTRODUCCION**

En esta práctica el estudiante además de practicar los conocimientos adquiridos en las practicas anteriores, podrá tomar decisiones de acuerdo a los resultados de la simulación. Estos resultados se interpretan al finalizar la simulación. Los resultados que se despliegan son:

Ficha general. Indica el archivo que se uso, fecha y hora que se realizó la simulación.

Ficha Locations. Se presenta la información de cada una de las localidades, capacidad, número total de entidades que entraron, el tiempo promedio de estancia de las entidades en cada locación, el número promedio de piezas, el máximo de entidades, el número de entidades al finalizar la simulación y el porcentaje de utilización de cada una de las localidades. También se revisan las estadísticas independientes de cada localización. También incluye información de los parámetros de un sistema de líneas de espera.

Ficha Locations States Single/Tank Y Locations States Multi.Se encuentra información referente al porcentaje de tiempo vacío, parcialmente ocupado, lleno y no disponible.

Ficha Failed Arrivals. Aquí se listan las entidades de cada modelo e indica si alguna de ellas no pudo entrar al sistema en la localización definida en Arrivals.

Ficha Entity Activity. Se reflejan las estadísticas de cada entidad definida en el modelo, tales como el total de entidades que salieron del sistema, las que se encuentran en el sistema al finalizar la simulación, el tiempo promedio que la entidad paso en un traslado de una localidad a otra, el tiempo que la entidad espera a otra entidad para ensamble o a un recurso para ser procesada o transportada, el tiempo que se encuentra en procesamiento o viajando en un transportados y el tiempo que no puede avanzar debido a que la localidad destino esta ocupada.

Ficha Entity States. Podemos encontrar el resumen de los datos de la ficha Entity Activity, pero en términos porcentuales.

#### **METODOLOGÍA**

Abra la práctica correspondiente al modelo número tres modificada y realice los siguientes cambios:

1. Agregue una localidad que llamará **ventanilla**.
2. El 40% de los clientes que salen de las cajas van a la ventanilla a realizar otras actividades, trasladándose en 0.4 minutos y permaneciendo en la misma un tiempo  $N(6,1.5)$  min.

3. Agregar las siguientes variables al modelo, dándolas de alta y donde corresponda en el Process, y colocarlas como un contador:

- a. Clientes Rechazados
- b. Clientes Totales
- c. Atendidos por ventanilla.

Si es necesario agregue entidades o graphic para darle mayor realismo a la simulación.

4. Agregue localidades, y modifique el proceso según la siguiente situación: Después de la salida el 70% de los clientes pasan al estacionamiento, se suben a su auto y se van. El resto sale y toma un transporte público. Agregue un tiempo a su gusto en estas actividades. También agregue variables que muestren:
  - a. Total de Clientes que se van en auto
  - b. Total de Clientes que se van en transporte público

Al correr la simulación se debe apreciar gráficamente los autos y el transporte público en movimiento.

5. Se desea que el número de clientes rechazados sea menos del 10% de los clientes que llegan para ser atendidos

### **SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

1. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
2. Realizar en su cuaderno el diagrama de flujo del proceso, indicando los elementos que agregó, esto con el fin de clarificar el modelo.
3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
4. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
5. Hacerla lo mejor presentada posible.

### **REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)**

1. Explique los cambios que hizo para mejorar el modelo y por qué tomo esa decisión.
2. Mencione las actividades que tuvo que realizar para cumplir con el requisito del número de clientes rechazados.
3. ¿qué tuvo que hacer para realizar el movimientos del auto y del transporte público?, explique brevemente.

**BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006
2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)
3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición
4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición
5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición



**Practica Ocho****AJUSTE DE DATOS CON STAT::FIT****OBJETIVO:**

**Analizar y determinar con la herramienta Stat::Fit de Promodel el tipo de distribución de probabilidad de un conjunto de datos.**

**INTRODUCCION**

Este tema esta contenido dentro de la unidad de Generación de Variables Aleatorias. Desarrolla la competencia de identificar los diferentes tipos de variables discretas y continuas, sus pruebas estadísticas y el comportamiento de las variables aleatorias de acuerdo a las diferentes funciones de probabilidad.

Se utilizará la herramienta Stat::Fit del ProModel que sirve para analizar y determinar el tipo de distribución de probabilidad de un conjunto de datos. Esta utilidad permite comparar los resultados entre varias distribuciones analizadas mediante una calificación. Entre sus procedimientos emplea las pruebas Chi-cuadrada, de Kolmogorov-Smirnov y de Anderson-Darling. Además calcula los parámetros apropiados para cada tipo de distribución, e incluye información estadística adicional como media, moda, valor mínimo, valor máximo y varianza, entre otros.

**Problema:**

Realice los siguientes tres análisis de distribuciones de probabilidad

1. Estos son los datos del número de automóviles que entran en una gasolinera cada hora:

14	7	13	16	16	13	14	17	15	16
13	15	10	15	16	14	12	17	14	12
13	20	8	17	19	11	12	17	9	18
20	10	18	15	13	16	24	18	16	18
12	14	20	15	10	13	21	23	15	18

Determinar la distribución de probabilidad con un nivel de significancia  $\alpha$  de 5%.

2. Estos son los datos de un estudio del tiempo de atención a clientes en una florería, medido en minutos/cliente:

9.400	8.620	9.346	13.323	7.112	13.466	5.764	8.974	9.831	10.056
7.445	6.619	9.260	6.775	8.306	5.633	8.864	13.944	8.952	9.355
10.489	6.306	12.685	11.078	6.957	9.532	9.192	11.731	11.350	14.389
12.553	8.045	9.829	11.804	9.274	12.190	10.270	14.751	9.237	6.515
12.397	8.453	9.628	13.838	9.935	7.827	9.269	8.690	11.515	8.527

Determinar la distribución de probabilidad con un nivel de significancia  $\alpha$  de 5%.

3. Un estudio del comportamiento del tiempo entre roturas de cierto filamento, medido en minutos rotura se muestra a continuación:

4.33	1.61	2.16	2.88	0.70	0.44	1.59	2.15	8.59	7.36
9.97	7.85	5.49	0.98	4.52	2.12	4.44	0.82	6.96	3.04
2.81	14.39	3.44	9.92	4.38	8.04	2.18	6.19	4.48	9.66
4.34	1.76	2.30	5.24	11.65	10.92	12.16	6.60	0.85	4.82
1.36	3.53	6.58	1.45	8.42	3.69	2.44	0.28	1.90	2.89

## METODOLOGÍA

1. Stat::Fit se puede ejecutar desde la pantalla de inicio o bien desde el comando Stat::Fit del menu Tools. Abra un nuevo documento en File y hacer clic en New. En Data Table deberá introducir los datos de la variable a analizar.
2. Después de introducir los datos despliegue el menu Statisticcs y seleccione el comando Descriptive. Aquí se mostrará el resumen estadístico.
3. Para determinar el tipo de distribución de probabilidad de los datos seleccione el comando AutoFit del menu Fit. Seleccione después el tipo de distribución, discreto o continuo, según sea el caso. Pruebe con discreto. El resultado se desplegará en la ventana Automatic Fitting donde se describen las distribuciones de probabilidad analizadas, su posición de acuerdo al ajuste y si los datos siguen o no alguna de las distribuciones.
4. Haga clic en cualquiera de las distribuciones que nos resulten, enseguida se desplegará un histograma, con frecuencias observada y esperada. El formato del histograma puede ser modificado mediante el comando Graphics style del menu Graphics (esta opción esta disponible cuando se tiene activa la ventana Comparison Graph).
5. Realice este procedimiento para cada uno de los grupos de datos que se le piden. No se le olvide guardar los archivos.
6. Es muy importante que anote sus conclusiones ya que realizaré preguntas sobre la práctica para poder acreditarla.

## SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Prestar atención a la explicación del maestro.
2. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.

4. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
5. Identificar como se relacionan la teoría y la práctica.

### **REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)**

Analizar la información resultante e identificar la Distribución de Probabilidad que presentan cada grupo de datos. Explicar como identifica dichas distribuciones y los parámetros principales que presentan cada una de ellas.

Genere 100 variables , además de las presentadas y compruebe con Stat: Fit si las variables aleatorias generadas siguen la distribución de probabilidad que se espera de ellas.

### **BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006
2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)
3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición
4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición
5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

## Práctica Nueve

### ***BANDAS Y LÍNEAS DE ESPERA EN PRO MODEL***

#### **OBJETIVO:**

Conocer el procedimiento básico de las operaciones de empaque, carga y descarga, ensamble, etc. en bandas y líneas de espera utilizando las instrucciones JOIN y LOAD/UNLOAD.

#### **INTRODUCCION**

Las bandas de transporte se utilizan para modelar sistemas de manejo de materiales o cualquier otro método de transporte de entidades que sea similar al desempeño real de una banda. Las piezas solo pueden ser cargadas en una banda a la vez. El número de piezas que se permiten en una banda está limitado por su capacidad así como por el tamaño de la entidad y la longitud de la banda.

La entidad se mueve por la banda dependiendo de la velocidad y la longitud de la banda. Las bandas de acumulación actúan como bandas de rodillos, mientras que las de no-acumulación actúan como "cintas".

Las filas o líneas de espera, se utilizan como almacén, inventarios o zonas de espera frente a las localidades. Gráficamente la fila solamente desplegará tantas entidades como se puedan mostrar dependiendo del tamaño de la fila y el tamaño de la entidad, solamente como concepto gráfico. Aceptará hasta completar la capacidad pero no las mostrará.

También utilizaremos los siguientes estatutos.

#### **Función JOIN**

Con la sintaxis general:

JOIN<><Entidad a ensamblar>

La instrucción JOIN es utilizada para ensamblar dos entidades. Después del ensamble, las entidades estarán permanentemente unidas. La primera parte del JOIN es el estatuto JOIN con el cual una entidad "invita" a otra (u otras) a unirse. La regla correspondiente actúa como un retardador, deteniendo la pieza hasta que la otra entidad ejecute el JOIN.

Para cada estatuto JOIN (en el campo de operación) debe haber una regla correspondiente IF JOIN REQUEST (en el campo de Rules...) Una vez ensambladas, las entidades pierden su identidad y atributos.

#### **Funciones LOAD/UNLOAD**

La instrucción LOAD, cuya sintaxis general es:

LOAD<Cantidad>IFF<Condición>IN<Tiempo>

Agrupar temporalmente entidades de cierto tipo a la entidad actual. La instrucción LOAD trabaja en forma muy parecida a la instrucción JOIN, excepto que las partes cargadas pueden ser descargadas o desensambladas posteriormente.

La instrucción LOAD tiene dos pares, el mismo LOAD y la regla: IF LOAD REQUEST. Las entidades agrupadas mantienen su identidad y atributos, y se separan cuando encuentran una instrucción UNLOAD, cuya sintaxis general es:

UNLOAD<Cantidad>IFF<Expresión>

La instrucción UNLOAD descargará o desagrupará otras entidades previamente agrupadas por una instrucción LOAD o GRUP si se cumple la condición especificada. Entonces hay que crear un registro de procesamiento para todas las entidades que hayan sido descargadas.

### Problema:

Este modelo es un sistema de líneas y bandas para realizar operaciones de ensamble y cargar partes en otra pieza (por ejemplo tarimas) y luego descargarlas. Los monitores y las cajas vacías se unen en la mesa de trabajo y las cajas llenas van a la zona de carga vía la fila de embarque. De ahí las cajas son cargadas en una tarima y viajan vía la banda de embarque a embarque. Las cajas llenas son descargadas de una banda y salen del sistema. Las tarimas son regresadas a la banda de las tarimas para ser recicladas dentro del sistema. Ejecute el modelo por 100 horas y examine la salida.

### MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco
2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

### METODOLOGÍA

1. Las filas y bandas se crean en Locations/Tools haciendo clic izquierdo al inicio y en los cambios de dirección y clic derecho al terminar la fila o banda.
2. Crear las siguientes **localidades**:

Nombre	Cap	Especificaciones (Edit)
Fila_Monitores	5	Longitud de la fila 20
Fila_Cajas	5	Longitud de la fila 20
Mesa_trabajo	1	
Fila_embarque	5	Longitud de la fila 20
Banda_tarimas	infinita	Velocidad 20, longitud20/acumulación
Zona_carga	1	

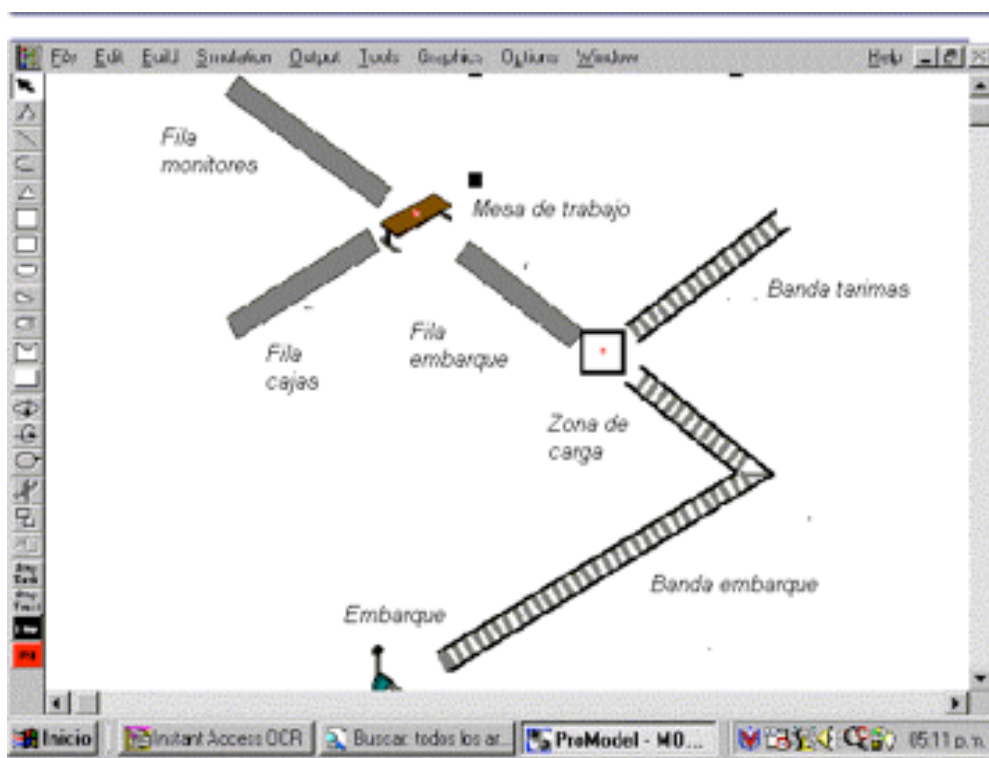
Banda_de_embarque	infinita	Velocidad 20, longitud20/acumulación
Embarque	1	

### 3. ENTIDADES:

Monitor  
Caja\_vacía  
Caja\_Llena  
Tarima  
Tarima\_llena

### 4. LLEGADAS:

Entidad	Locación	Qty	F.T.	Ocurr	Freq
Monitor	Fila_monitores	5	0	Inf	20
Caja_vacía	Fila_cajas	5	0	Inf	20
Tarima	Banda_tarimas	1	0	Inf	2



### 6. PROCESO:

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rules...
Monitor	Fila monitores	Move	Monitor	Mesa de trabajo	JOIN 1
Caja vacía	Fila cajas	Move	Caja vacia	Mesa de trabajo	First 1
Caja vacía	Mesa de trabajo	Join 1 monitor Wait 4	Caja llena	Fila embarque	First 1
Caja llena	Fila embarque		Caja llena	Zona carga	Load 1

Tarima	Bandas tarimas		Tarima	Zona carga	First 1
Tarima	Zona carga	Load 1 Wait 1	Tarima llena	Banda embarque	First 1
Tarima llena	Bandas embarque		Tarima llena	Embarque	First 1
Tarima llena	Embarque	Unload 1	Tarima	Banda tarima	First 1
Caja llena	Embarque		Caja llena	Exit	

Las instrucciones **Join 1** y **Load 1** en el campo de **Rules...** se obtienen haciendo clic en Rules... y marcando las opciones **If Join Request** respectivamente.

### SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Prestar atención a la explicación del maestro.
2. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
4. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
5. Identificar como se relacionan la teoría y la práctica.

### REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

Al terminar la simulación el alumno contestará las siguientes preguntas:

1. ¿Cual es la utilización de cada operación?
2. El tiempo de espera antes de la primera operación
3. El porcentaje de tiempo que la pieza estuvo bloqueada.
4. ¿Que recomienda para evitar esto?, justifique su respuesta
5. El numero máximo de piezas y el promedio de piezas.

### BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006

2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)

3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición

4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición

5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

## Práctica Diez

### **REDES DE RUTAS Y RECURSOS EN PRO MODEL**

#### **OBJETIVO:**

Conocer el procedimiento básico de las redes de rutas y los recursos

#### **INTRODUCCION**

Los recursos son mecanismos que requieren las entidades para completar una operación, y se caracterizan principalmente por tener una disponibilidad limitada. Los recursos son personas, equipo o dispositivos utilizados para hacer una o mas de las siguientes actividades:

- Transporte de entidades
- Mantenimiento de localidades
- Mantenimiento de otros recursos
- Preparación de localidades

Los recursos pueden usarse en una locación, o bien servir de transporte para desplazarse de una a otra locación.

Encontramos dos tipos de recursos:

**Recursos estáticos.** Son aquellos sin una ruta de movimiento y que, por lo tanto, permanecen inmóviles. Se utilizan principalmente para modelar recursos necesarios para llevar a cabo una tarea dentro de una localidad (por ejemplo el operador de una máquina). También pueden emplearse en más de una localidad o bien, para amover entidades de una localidad a otra, siempre y cuando la ausencia de movimiento no sea un factor relevante en el modelo.

**Recursos dinámicos.** Son aquellos que se mueven a través de una red de rutas. (Path Networks). Estos recursos permiten transportar entidades entre localidades, para modelar, por ejemplo, un montacargas que mueve contenedores de una máquina a un almacén, o un operario que tiene que operar dos o más máquinas; en estos casos, el tiempo de traslado entre las máquinas impacta en los resultados del modelo.

Las instrucciones más comunes relacionadas con el uso de un recurso son GET, FREE, USE, y MOVE WITH.

#### **REDES DE RUTAS**

Los recursos siguen trayectorias que deben ser definidas por medio de redes de caminos o rutas. Varios recursos pueden usar una misma ruta.



## CARACTERISTICAS DE LOS RECURSOS

Para crear un recurso seleccione el menu Build/Resources. En esta ventana aparece una tabla de edición en la que se definen las características de los recursos que a continuación se presentan.

**Icon.** Gráfica utilizada para el recurso. Se elige en la ventana de gráficos.

**Name.** Nombre del recurso.

**Units.** Número de unidades del recurso (1 a 999, 1 si es una grúa)

**DT's.** Se definen los tiempos muertos (descansos, mantenimiento, etc.) para los recursos.

**Stats.** Tipo de estadísticas deseadas. (Ninguna, básicas, por unidad)

**Spec.** Definir especificaciones como la ruta del recurso, la velocidad, tiempo de carga y descarga, etc.

**REDES DE RUTAS** Para definir las rutas que siguen los recursos selecciones el menu: **Build/Path networks**.

Las características de las redes de rutas que se definen en esta ventana se dan a continuación:

- **Graphic.** Este botón presenta una caja de diálogo para elegir el color y otras características de la ruta según el tipo de esta.
- **Name.** Nombre de la ruta.
- **Type.** Tipo de la ruta. Puede ser *Passing* si las entidades y los recursos pueden rebasarse en la ruta. Es *Non-pasing* si solo se mueven uno por uno los recursos y las entidades en la ruta. Es *Crane* si se trata de grúa con rieles.
- **T/S.** Definen el movimiento de los recursos o entidades en la red por tiempo (T) o por velocidad o distancia (S Speed).
- **Paths.** Número de segmentos de la red.
- **Interfaces.** Número de conexiones Nodo-Locación en la red.
- **Mapping.** Utilizado para nodos que definen múltiples rutas.
- **Nodos.** Numero de nodos y limitaciones en cuanto al número de entidades y/o recursos.

## INSTRUCCIÓN GET/FREE, USE, MOVE WITH.

Son utilizados para capturar un recurso en una locación.

**GET** captura el recurso y **FREE** lo libera. Use capture el recurso por un cierto tiempo y enseguida lo libera automáticamente. La sintaxis general de la instrucción es:

GET{<Cantidad> <recurso>{,<prioridad1>{,<prioridad2>}}{ AND o  
OR{<Cantidad> <recurso>{,<prioridad1>{,<prioridad2>}}}

EJEMPLO: GET Operador o bien: USE Operador FOR 4 min  
WAIT 4 min.

**MOVE WITH** es utilizado para capturar un recurso de transporte entre localidades (si no se requiere en la locación actual. El recurso permanecerá con la entidad hasta que se encuentre una instrucción THEN FREE o FREE mas adelante.

Ejemplo: MOVE WITH Operador THEN FREE

Esto en el campo de move logic.

Ejemplos de operadores múltiples:

- Utilizar un operador sencillo para una operación de ensamble

GET Operador  
JOIN 1 monitor  
WAIT 4 MIN  
FREE Operador

- Utilizar operadores múltiples para la misma operación

GET Operador 1 AND Operador 2  
JOIN 1 monitor  
WAIT 4 min  
FREE ALL

- Utilizar cualquier operador para la operación

GET Operador 1 OR Operador 2  
JOIN 1 monitor  
WAIT 4 min  
FREE ALL

### Problema:

Este modelo es el de bandas y líneas de espera (práctica anterior), solo guárdelo con otro nombre y realice los cambios que se le presentan. Observe como se aplican los conceptos vistos en este modelo.

### MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

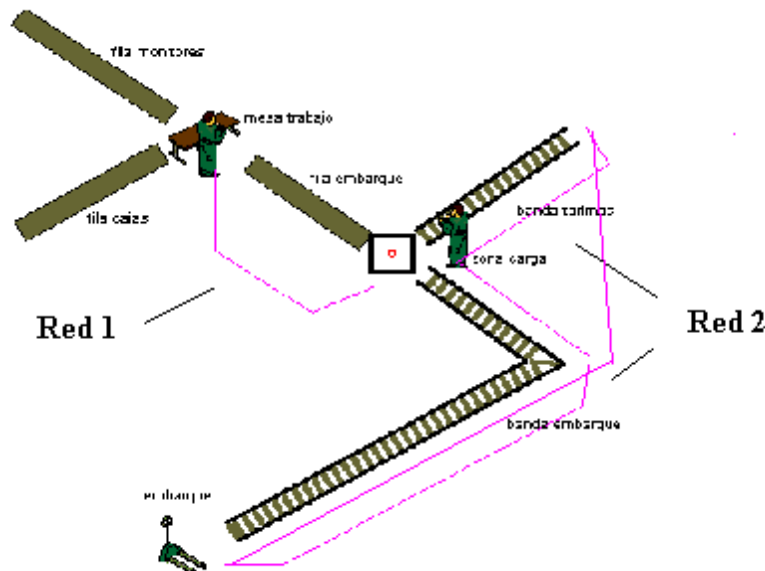
1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco

2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

## METODOLOGÍA

1. Crear dos redes de rutas: **Red 1** y **Red 2**. Para hacer esto vaya al menu BUILD/ Path Networks..., y defina la trayectoria de las Redes con el ratón como si fuera una fila. A continuación se presentan las trayectorias de ambas redes.
- **Red 1:** Permite al operador uno ir de la mesa de trabajo a la zona de carga
  - **Red 2:** Permite al operador ir de embarque a la zona de carga, y a la parte superior de la banda de tarimas..

Estas trayectorias se muestran en la siguiente figura:  
Observe los nodos que se crean



2. Crear 5 interfaces: Para la Red 1 con la mesa de trabajo y la zona de carga y para la Red 2 con embarque, con la zona de carga y con la banda tarimas, Para crear una interfase entre nodo y una locación, clic izquierdo sobre un nodo (se apreciará una línea punteada con movimiento) y posteriormente un clic izquierdo en la locación.
3. Crear dos recursos: Operador 1 y Operador 2 Ponga al operador uno en la Red 1 y al Operador 2 en la Red 2. Build/Resources....
4. Coloque las funciones GET, FREE o el USE en el campo de operación de modo que el operador 1 realice el JOIN y el WAIT en la mesa de trabajo; el operador 1 y el operador 2 realicen la carga y el WAIT en la zona de carga.

5. Utilice la función WITH/THEN FREE en el campo de Move logic de la línea donde aparece el UNLOAD en el campo de operación de modo que el OPERADOR 2 tome la tarima de embarque y la lleve a la banda tarimas.
6. Agregue al menos dos variables en los elementos que usted considere más importantes.

### SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Prestar atención a la explicación del maestro.
2. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
4. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
5. Identificar como se relacionan la teoría y la práctica.

### REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

Interpretación de los Datos:

1. ¿Qué tan efectivos son los recursos?
2. Examine los recursos en el Reporte General y las gráficas de estado para la utilización y los estados
3. Determinar la utilización de los recursos y las localidades.
4. Detectar problemas y proponer un aumento o disminución de los recursos.

### BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006
2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)
3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición
4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición
5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

**Practica Once****MODELADO DE UN SISTEMA QUE INCLUYE MÁS DE UN PROCESO****OBJETIVO:**

Conocer el procedimiento básico para modelar sistemas que incluyen más de un proceso

**INTRODUCCION**

Se realizará un modelo en el que se utilizan dos procesos para fabricar dos tipos de piezas, se seguirán practicando las variables, los recursos, los gráficos para darle una mejor presentación y se analizarán los resultados obtenidos de acuerdo a la información que se proporciona en las estadísticas. Esto nos lleva a tomar decisiones en cuanto a las necesidades del proceso, para que trabaje de una forma óptima.

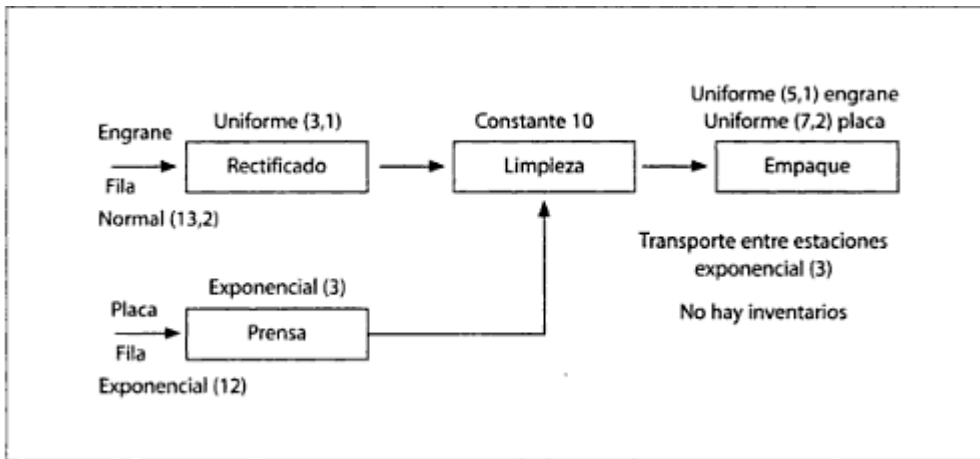
**Instrucciones:**

Desarrolle el problema que se presenta a continuación en ProModel. Incluya además *variables*, al menos tres, *recursos necesarios*, *gráficos*, *gráficos de fondo*, *contadores o calibradores* o *luz de estatus* y todo lo que crea necesario para poder realizar la práctica y darle una mejor presentación.

**Problema:**

A un sistema llegan dos tipos de piezas. La primera es un engrane que llega a una estación de rectificado donde se procesa por  $3 \pm 1$  minutos, la distribución de probabilidad asociada a las llegadas de este engrane a la fila de la rectificadora es una distribución normal con tiempo promedio de trece minutos y desviación estándar de dos minutos. La segunda pieza es una placa de metal que llega a una prensa con una distribución de probabilidad exponencial con media de doce minutos. La prensa procesa un engrane cada tres minutos con distribución exponencial. Al terminar sus procesos iniciales, cada una de estas piezas pasa a un proceso automático de lavado que permite limpiar dos piezas a la vez de manera independiente; este proceso, con distribución constante tarda 10 minutos. Finalmente, las piezas son empacadas en una estación que cuenta con dos operadores, cada uno de los cuales empaca un engrane en  $5 \pm 1$  minuto y una placa  $7 \pm 2$  minutos. Se sabe que los tiempos de transporte entre las estaciones es de tres minutos con distribución exponencial. No hay almacenes entre cada proceso; solo se tiene espacio para 30 piezas antes de la prensa y 30 antes de la rectificadora. Asuma que cada día de trabajo es de ocho horas. Simule este sistema por 40 días, indicando el momento que inicia y termina la simulación.

Esquematización inicial del modelo



## MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco
2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

## METODOLOGÍA

1. Definición de las localidades:
  - a) La fila de llegada para la rectificadora con capacidad para 30 piezas
  - b) La fila de llegada para la prensa, con capacidad para 30 piezas
  - c) El proceso de rectificado con capacidad para una pieza
  - d) El proceso de prensado con capacidad para una pieza
  - e) El proceso de limpieza con capacidad para limpiar dos piezas de manera independiente
  - f) El proceso de empaque en el que participan dos operadores independientes
2. Definición de entidades:
 

Defina dos entidades. Una que represente el engrane y otra que represente la placa

Tanto para la placa como el engrane se le agregara el concepto **Conveyor Only**, en la parte inferior de la ventana de Graphics, esto son para las dimensiones que tomaría la pieza si entrara en una localidad definida como banda, esto es para evitarnos problemas de que las entidades sean demasiado grandes y no pudieran ser contenidas en la banda.
3. Definición de llegadas
 

Se definen las llegadas de los engranes a la fila rectificadora y las placas a la fila de prensa.

4. Definición del Proceso:

Procedemos según la secuencia del proceso. Recuerde que el tiempo de transporte entre procesos es de 3 minutos con distribución exponencial. Utilice el comando View Text para verificar si ha programado la secuencia de los procesos y las rutas de manera adecuad. Programe primero la trayectoria del engrane y posteriormente la de la placa. Esto con el fin de darle un orden secuencial a la sintaxis de nuestro modelo.

5. Utilice la instrucción DISPLAY para mostrar el mensaje de inicio y fin de la simulación.

6. Definición del tiempo de simulación.

Se estableció que cada día tiene 8 horas hábiles de trabajo por 40 días, por lo que el total de simulación será de 320 horas. Tenga cuidado en no determinas 40 dias, porque esto simulará el sistema por 40 días de 24 horas cada uno.

### SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Prestar atención a la explicación del maestro.
2. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
4. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
5. No olvide hacerla lo mejor presentada posible.

### REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

Observe si existe suficiente capacidad en las entidades, ejecute la simulación varias veces para verificar esto. Consulte la información en Failed Arrivals en el reporte de resultados, donde se mostrará el número de piezas que no pudieron entrar al sistema. En caso necesario, incremente la capacidad de las filas de entrada. Se debe evaluar si es mejor filas más grandes, que ocupan mas espacio, o modificar algunos de los procesos de manera que las piezas puedan fluir mejor por el sistema.

Realice las modificaciones correspondientes según los resultados observados. Explique por que se hicieron estos cambios.

### BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006

2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)

3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-*

*ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición

4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición

5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición



**Práctica Doce****MEJORAMIENTO VISUAL DEL MODELO CON GRÁFICOS DINÁMICOS****OBJETIVO:**

Realizar el mejoramiento visual del modelo mediante gráficos dinámicos.  
Instrucción DYNPLOT

**INTRODUCCION**

El gráfico dinámico es un elemento que muestra la utilización de una localidad o entidad en todo momento. Es un indicado que nos servirá para determinar si la variable de respuesta que deseamos conocer, por ejemplo la utilización de algún equipo, se encuentra en estado estable o aún en estado transitorio.

Para realizar la práctica deberá investigar el funcionamiento del DYNPLOT y su correcta utilización.

**Problema:**

A la oficina de la SRE llegan clientes para recibir su pasaporte a un tasa de Poisson con media de 10 clientes/hora. Al entrar toman una ficha que permite atenderlos en el orden de llegada: 90% de los clientes entran directamente a la sala de espera, el resto llena primero algunas formas en un tiempo uniforme ( $6 \pm 29$  minutos) y después pasan a la sala de espera. Existen dos servidores para atender a los clientes de la sala de espera, el tiempo promedio de atención es exponencial con media de seis minutos.

La sala de espera dispone de 40 sillas. Si un cliente llega y todas las sillas están ocupadas, permanece de pie y se sienta cuando se desocupa alguna de ellas.

Cada vez que se expiden 10 pasaportes, el servidor deja de atender la fila y conduce a los clientes atendidos a la parte posterior, después de lo cual sigue atendiendo la fila, el tiempo en ir y venir sigue una función exponencial con una media de 5 minutos.

**MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO**

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
    - Procesador Intel Pentium
    - 1 GB RAM
    - 2 GB espacio libre en disco
  2. Memoria USB de 4 GB
- Manual de prácticas en electrónico

## METODOLOGÍA

Realice un modelo en ProModel para simular durante ocho horas la situación a cual, de manera que, al finalizar y durante la simulación se indiquen en pantalla los siguientes resultados:

El tiempo promedio de espera en la fila

El número promedio de personas sentadas

El número promedio de personas de pie

El número máximo de personas en la sala de espera.

La utilización de los servidores.

Para los indicadores que se piden debe utilizar al menos **dos con gráficos**, ya sea que aparezcan en pantalla varios o que pueda seleccionar cual se desea ver. Esto se logra con el uso de la instrucción DYNPLOT.

Si los desea, los demás indicadores puede introducirlos solo como contadores, utilizando variables.

## SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
2. Realizar la práctica después de haber investigado el uso del DYNPLOT
3. Realizar en su cuaderno el diagrama de flujo del proceso, indicando los elementos que intervienen en el proceso, esto con el fin de clarificar el modelo
4. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB
5. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
6. Identificar como se relacionan la teoría y la práctica.

## REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

1. Se deberá entregar un reporte por escrito indicando el procedimiento que realizó para elaborar la práctica. Esto además de que la práctica funcione correctamente.
2. Explique las ventajas que encuentra con el uso de gráficos dinámicos en los modelos de simulación.

## BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006

2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)

3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-*

*ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición

4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición

5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

## Práctica Trece

### ATRIBUTOS Y DISTRIBUCIONES EMPÍRICAS

#### OBJETIVO:

Conocer los procedimientos básicos para la utilización de atributos. Involucrar el uso de distribuciones de probabilidad.

#### INTRODUCCION

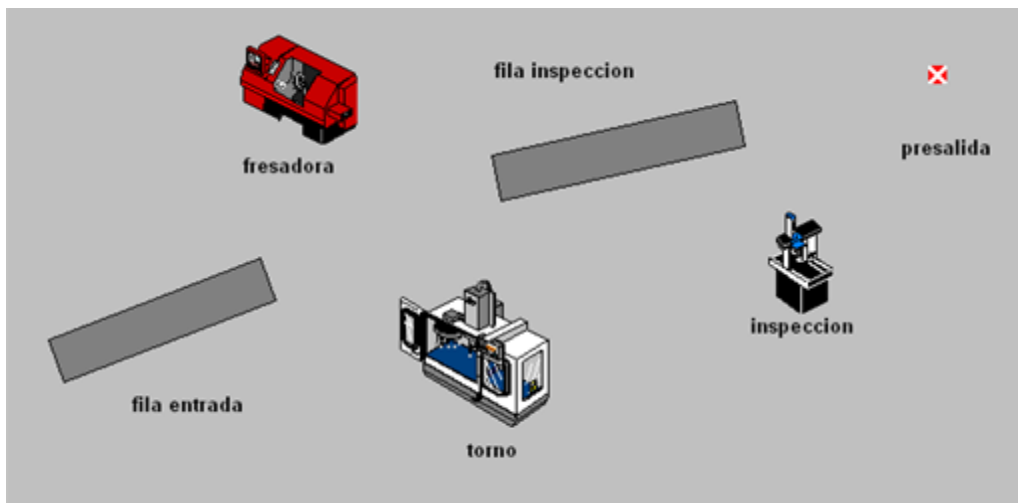
Se utilizan los atributos para que las entidades y las localidades puedan ser definidas. Pueden contener valores verdaderos o del número entero. Los nombres de la localidad, del recurso y de la entidad se pueden también asignar a las cualidades. El atributo es una condición inicial, como una marca; puede ser que pertenezca a entidades o a localidades, entre ellos pueden contarse el peso de un material, su dureza, o cualquier otra característica ya sea física, química o de cualquier otro tipo que se quiera asignar a una entidad o locación.

Los atributos son tomadores de valores similares a las variables, pero están ligados a entidades específicas y usualmente contienen información acerca de la entidad. Para definir un atributo, ir a BUILD/ATTRIBUTES y crear un identificador (ID). Posteriormente escoger el tipo y la clasificación.

Los atributos se modifican y se asignan cuando una entidad ejecuta la línea de lógica que contiene un operador, de la misma manera que trabajan las variables.

#### Problema:

En este modelo tenemos partes de dos tipos que llegan a la fila de entrada y de acuerdo al tipo entran a la fresa o al torno. Se definirán por medio de un atributo de entidad. Luego una de cada cinco partes pasa a la fila de inspección para ser inspeccionada.



## MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco
2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

## METODOLOGÍA

El modelo debe contener los siguientes elementos.

### Localidades:

Fila de entrada, fresadora, torno, fila de inspección, inspección y presalida.

### Entidades:

Engrane. Haga tres gráficos para engrane. Uno para la fresa, otro para el torno y el tercero para los engranes que regresan a la fila de entrada. Apague el NEW.

### Variables:

También definiremos una variable para contar el número de artículos que llegan a la inspección y poder inspeccionar uno de cada cinco. Esta variable es; Cont\_inspección.

### Atributos:

Se definen dos atributos para las entidades: tipo\_de\_parte (discreto) y hora\_de\_llegada (continuo).

### User distributions

El nombre será distribución\_llegadas, de tipo discreta, No acumulativa y asignando una probabilidad de 0.45 (porcentaje 45) para las partes tipo 1 y 0.55 (porcentaje 55) para las tipo 2.

### Processing

Lleve a cabo las siguientes series de clics:

Haga clic en engrane (tools) luego clic en fila entrada y clic en fresadora. Clic en fila de entrada clic en torno. Clic en fresadora clic en fila de inspección. Clic en torno clic en fila inspección. Clic en fila inspección clic en presalida. Clic en fila inspección clic en inspección. Clic en presalida clic en reute to exit.

Después use el martillo para las instrucciones que se encuentran más adelante y las siguientes indicaciones:

Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rules	Move logic...
engrane	Fila Entrada	Move	1	Engrane	Fresadora		
			2	Engrane	Torno		Graphic 2

Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rules	Move logic...
engrane	Fila Inspección	move	1	Engrane	Inspección		Move for 0.1
			2	Engrane	Presalida		Move for 0.1

Entity	Location	Operation	Blk	Output	Destination	Rules	Move logic...
engrane	Inspección	Wait N (1, 0.2)	1	Engrane	Presalida	0.8	
			2	Engrane	Fila entrada		Graphic 3 Move for 0.3

Es importante que en este último solo haya un bloque (1 casilla Blk)

### Llegadas

Clic en engrane, clic en Fila de entrada. La frecuencia será exponencial con media cuatro. En el campo de la lógica se define el atributo, haga clic en Logica y escriba usando el martillo: tipo de parte = distribución\_llegadas.

### Variables

Utilice al menos dos variables en donde considere que es importante.

### Recursos

Agregue dos recursos que realicen alguna labor necesaria para el proceso.

Instrucciones que se necesitan para terminar la práctica:

#### En el campo operación de Fila Entrada:

MOVE

Hora\_de\_llegada = clock()

If tipo\_de\_parte = 1 THEN Route 1

ELSE ROUTE 2

#### En operación de fila inspección:

MOVE

INC contador\_inspección

IF contador\_inspección = 5 THEN

BEGIN

contador\_inspección = 0

ROUTE 1

END

ELSE ROUTE 2

En la inspección 80% de los engranes se van a Presalida y 20% vuelven a fila de entrada.

Asignar tiempos normalmente distribuidos a las operaciones de inspección. No olvide el Wait. Torno N(3,0.2), Fresa N(4, 0.3); Inspección N(1,0.1).

**Tiempo de ciclo:**

En presalida (operación) agregar la instrucción:

LOG "Tiempo de ciclo", hora\_de\_llegada.

Realice la simulación por 150 horas y 10 horas de calentamiento.

**SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

1. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
2. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
3. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
4. Identificar como se relacionan la teoría y la práctica.

**REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)**

1. Explique brevemente las diferencias entre los atributos y las variables.
2. ¿Cuáles son las principales aplicaciones prácticas de los atributos?
3. Comente las ventajas de utilizar las distribuciones de probabilidad en los modelos de simulación.

**BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006

2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)

3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición

4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición

5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

## Práctica Catorce

### TIEMPOS DE FALLA O MANTENIMIENTO (Downtimes, DTs)

#### OBJETIVO:

Conocer el procedimiento básico para simular fallas en localidades o recursos, turnos y diversos escenarios.

#### INTRODUCCION

Pro Model puede simular fallas en las localidades o recursos que los incapaciten durante algún tiempo para realizar operaciones.

Estos tiempos pueden ser programados o aleatorios.

Un tiempo fuera de servicio detiene una locación o recurso de su operación. Los tiempos fuera de servicio pueden representar las interrupciones fijadas como cambios, descansos o mantenimientos. O pueden representar los no programados, como interrupciones por el azar ó fallas del equipo.

Para localidades de capacidad simple, los tiempos fuera de servicio pueden ser basados en tiempo de reloj, tiempo de uso, número de entidades procesadas, o un cambio en el tipo de entidad. Las localidades de multi-capacidad tienen un único tiempo fuera por reloj. Al seleccionar el botón en la etiqueta o título se definen los tiempos fuera de servicio de la locación.

#### DTs en Localidades:

Cuando active el botón DTs en la ventana de localidades aparecen las siguientes opciones:

- **Clock....**(tiempo de reloj)
- **Entry ...**(número de entidades)
- **Usage....**(utilización efectiva)
- **Setup....**(preparación)

#### Descripción:

##### **CLOCK...**

Los tiempos se definen en base al reloj de la simulación. Los elementos de esta opción son:

- **Frecuency.** Tiempo entre llegadas. Constante o expresión.
- **First time.** Tiempo de reloj de la primera falla. Si se omite este valor, se toma la frecuencia.
- **Priority.** Prioridad de la ocurrencia sobre otros eventos. Por omisión es 99, que significa una alta prioridad.



- **Sheduled.** Se escoge YES si se trata de un paro programado y NO si es aleatorio.
- **Logic.** Se da el tiempo que dura la locación sin funcionar. Puede ser una expresión y cambiar durante la simulación.
- **Disable.** Si es Yes deshabilita los paros.

## ENTRY

Los tiempos de paro están definidos por el número de entidades que la locación ha procesado. Los elementos son:

- **Frecuency.** Número de entidades a ser procesadas entre paros de la localidad. Pueden ser una expresión o constante.
- **First ocurrente.** Número de entidades procesadas antes del primer paro. Si se omite se toma la frecuencia.
- **Logic.** Cualquier expresión que defina el tiempo de paro o lo relacionado con este.

## USAGE.

Los tiempos de paro son definidos en términos del tiempo de utilización de la localidad. Elementos:

- **Frecuency.** Tiempo de uso de la localidad hasta que necesitará pararse.
- **First time.** Tiempo que transcurre hasta el primer paro. Si se omite este tiempo estará dado por la frecuencia.
- **Priority.** Su prioridad es alta y generalmente asegurada.
- **Logic.** Cualquier expresión o constante que defina el tiempo que durará el paro.

## SETUP.

Estos no son tiempos de paro sino de preparación cuando la entidad cambia de tipo. Los elementos son:

- **Entity.** La entidad que al llegar activa el tiempo de preparación. Si el tiempo es igual para cada entidad, seleccione ALL.
- **Prior entity.** La entidad anterior a la llegada de la entidad que activa el tiempo de preparación.
- **Logic.** Tiempo de preparación. Puede ser una constante o una expresión o varias instrucciones.

- **Disable.** Si es Yes se deshabilita los paros.

## TURNOS

En ProModel es posible simular turnos para incorporar realismo al modelo.

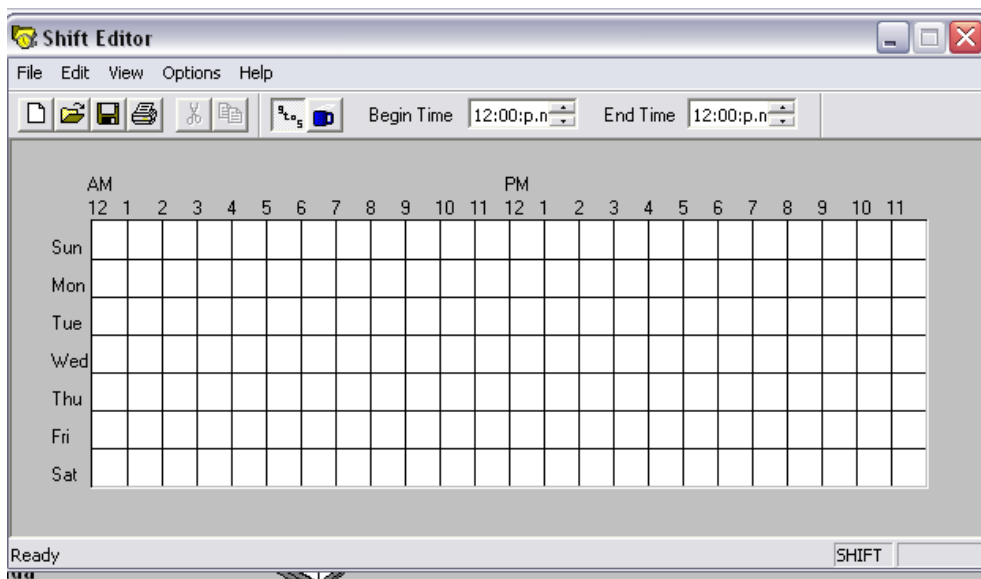
Se pueden crear horarios múltiples para reflejar los turnos de trabajo de las empresas.

- Permiten crear horarios de entrada/salida para cualquier recurso o localidad.
- Permite crear tiempos de descanso, o de mantenimiento preventivo tanto para recursos como para localidades.

### Definición de turnos

Los turnos deben definirse antes de asignarse a las localidades o recursos.

Para definir un turno deberá ir al menú Build/Shifts/Define que desplegará la siguiente ventana (shift editor)



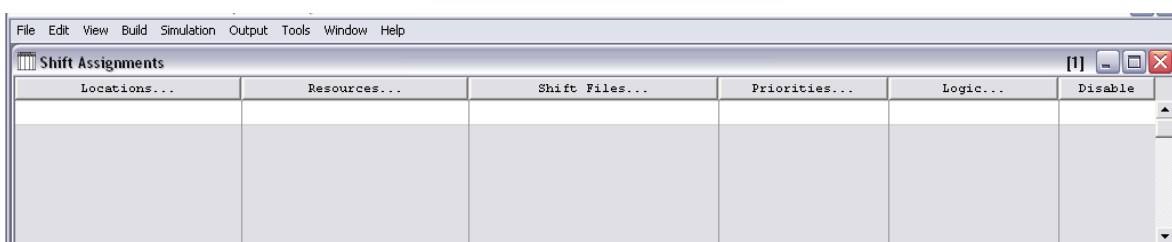
- Seleccione el botón azul (Shift). Con el ratón inicie una operación de arrastre durante el tiempo que dura el turno en un día específico. (se forma una barra o rectángulo).
- Luego haga clic sobre el rectángulo azul que acaba de crear y observe que los botones inferiores están disponibles para que usted defina exactamente el turno. Oprima Update.
- Ahora seleccione el botón rojo (break) y encima el área azul defina los descansos. Oprima Update.

- Si el turno es el mismo para otros días y desea copiarlo, haga clic dentro del turno para seleccionarlo, vaya al menu Edit/duplicate dia y manteniendo oprimida la tecla Shift haga clic en cada uno de los días que se registrarán por ese turno.
- Finalmente guarde el archivo.
- Repita este procedimiento para los distintos turnos que quiera definir.

### Asignar turnos.

Una vez que los turnos han sido definidos puede asignarlos a recursos y localidades.

Haga esto en Build/Shifts/Assign. Esta opción le abrirá la siguiente ventana:



- **Localidades.** Aquí se incluyen todas las localidades cuya operación se verá determinada por el turno.
- **Recursos.** Recursos a los que se asignará el turno.,
- **Shift Files.** Aquí selecciona el archivo del turno previamente definido.
- **Priorities.** Esto es opcional y se refiere al tipo de prioridad que tenga el turno.
- **Logic.** Cualquier expresión puede colocarse aquí.

### ESTATUTO DISPLAY

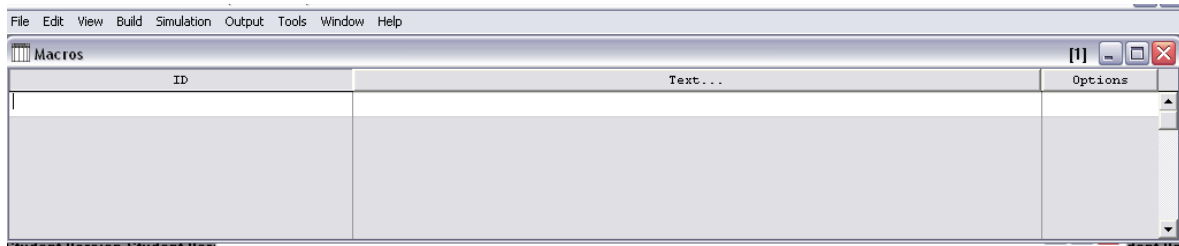
Permite hacer una pausa y desplegar textos y expresiones numéricas en puntos específicos durante la ejecución de un modelo.

El comando DISPLAY es válido en cualquier lógica.

En el siguiente modelo se utiliza este comando para desplegar mensajes cuando el torno o la fresadora queden fuera de servicio por mantenimiento.

### MACROS

En ProModel, las macros pueden ser usadas para crear modelos paramétricos. Vaya a Build/macros.



- **ID.** Es el nombre que identifica la macro
- **Text.** Es el texto que se quiere introducir en el modelo y que aparecerá sustituido por ID en el programa.
- **RTI.** Aquí se define el nombre que se le dará al parámetro cuyo valor podrá ser cambiado. Puede ser el mismo que en ID.

## ESCENARIOS

Si el problema bajo simulación involucra un proceso que se desea mejorar, el modelo debe someterse a prueba con las condiciones actuales de operación, la que nos dará como resultado un comportamiento similar al que se presenta realmente en nuestro proceso. Una manera de validar el modelo consiste en introducir algunos escenarios sugeridos por el cliente y validar que el comportamiento sea congruente con las expectativas que se tienen de acuerdo a la experiencia. Tras validar el modelo es necesario acordar con los clientes los escenarios que se quieren analizar. Una manera muy sencilla de determinarlos consiste en utilizar un escenario pesimista, uno optimista y uno intermedio.

### Simulation/Scenarios:

Un escenario se define como un conjunto de valores para los parámetros que determinan una cierta situación. Por ejemplo podemos tener escenarios normales, pesimistas, optimistas, saturados, flojos, etc.

**Creación.** Entrar al menu referido y asignar un nombre de escenario. Luego cambiar los valores de cada uno de los parámetros hasta generar el escenario deseado. Acepte.

Haga clic en Add tantas veces como escenarios quiera crear.

Finalmente haga clic en Run Scenarios para correr los escenarios.

**Enlace.** Después de haber creado los escenarios, las macros deben sustituir a los valores que cambiarán en el modelo. En este caso estos valores están en los arriros (frequency) y en los tiempos de procesamiento (wait).

### Simulation Options

Esta ventana entre otras cosas, nos ofrece la posibilidad de generar varias réplicas, es decir varias corridas del programa con el fin de hacer posteriormente un análisis

estadístico de las mismas. No olvide que la Simulación se encuentra en el campo de la estadística inferencial debido al carácter muestral que tiene sus resultados.

La diferencia entre correr un modelo varias veces y correrlo una vez con varias réplicas consiste en que en este último caso solo se necesita un periodo de estabilización (Warmup hours), mientras que el primero necesito uno cada vez que se corre.

### **MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO**

1. Se requiere una computadora estándar con los siguientes requerimientos mínimos:
  - Procesador Intel Pentium
  - 1 GB RAM
  - 2 GB espacio libre en disco
2. Memoria USB de 4 GB
3. Manual de prácticas en electrónico

### **METODOLOGÍA**

#### **Problema:**

La empresa MOLGADE Co. fabrica moldes y desea simular en ProModel una parte de su proceso. Los moldes inicialmente se encuentran en el almacén de materia prima, en cantidad suficiente para no detener la producción por falta de material. La primera operación es una limpieza con chorro de arena , con duración de 4 minutos. Enseguida, uno de seis inspectores verifica la dimensión de los moldes. Cada inspector tarda 3-Erlang con media de 18 minutos en la verificación. Posteriormente los moldes son transportados a un horno en lotes de 5, utilizando una grúa viajera. El tiempo de transporte es de 6 minutos, y la empresa cuenta con dos grúas para este movimiento. En el horno se cargan 4 lotes para iniciar el proceso de calentamiento, este tiempo es de una hora. Al salir del horno, los moldes se enfrían al aire libre en  $3 \pm 1$  hora. Una vez terminado el proceso, se empacan en cajas de 25 moldes. El tiempo de empaque es triangular de (2,3,6) minutos/caja y los moldes se transportan en contenedores de 8 cajas dada uno hasta el área de producto terminado en un AGV\*. El tiempo requerido para este movimiento es de 10 minutos.

Añadir tiempo de mantenimiento de una hora por turno para el horno.

También vamos a añadir turnos. Puede asignarlos a los recursos o a las localidades. Añadir tres recursos a la práctica.

Se trabajan tres turnos de ocho horas cada uno. Modele la operación durante un mes para:

-

- a) Determinar la utilización de los equipos, el inventario promedio en proceso y el tiempo de permanencia de un molde en el sistema.
- b) Detectar problemas y proponer el aumento o disminución de recursos.

- c) Determinar, para la solución propuesta, la utilización de los equipos, el inventario promedio en proceso y el tiempo de permanencia de un molde en el sistema.
- d) Realice al menos tres escenarios diferentes y analice sus resultados. Proponga mejoras al proceso.

\* AGV(Automatic Guided Vehicle) son vehículos ideados para desplazar mercancías y productos dentro de una fábrica, conectando distintas máquinas en el área de almacén con el fin de ahorrar tiempo, energía y espacio en la logística de la empresa.

### **SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- 1. Leer la práctica completa antes de iniciar, si tiene alguna duda pregunte.
- 2. No olvide realizar el diagrama de flujo del modelo con todos los elementos necesarios. Realícelo primero en papel.
- 3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB, si trabaja con computadora del laboratorio.
- 4. No olvide colocar en el layout el número de la práctica, su nombre y número de control
- 5. Identificar como se relacionan la teoría y la práctica.
- 6. Prestar atención a los resultados obtenidos en los diferentes escenarios, observando las estadísticas correspondientes.

### **REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)**

- 1. Comente las principales ventajas de incorporar a sus modelos tiempos de paro para mantenimiento, turnos y escenarios.
- 2. Analizar los diferentes escenarios que creo, el comportamiento de las variables y las estadísticas. Hacer recomendaciones según lo observado en dichos resultados.

### **BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

- 1. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006
- 2. [HTTP://WWW.SALACAM.UNAL.EDU.CO/TUTORIALPROMODEL/](http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/)
- 3. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM (Hardcover)*. 2ª. Edición
- 4. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición
- 5. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición

**Práctica Quince****SIMULACIÓN DE UNA LÍNEA DE ESPERA DE UN SOLO SERVIDOR EN JAVA****OBJETIVO:**

Realizar una simulación de las actividades de los clientes en una línea de espera de un solo servidor en un lenguaje de programación de propósito general.

**INTRODUCCION**

Hoy en día al ingeniero se le abren un amplio abanico de posibilidades para realizar una simulación. Podemos utilizar distintos lenguajes para traducir nuestros modelos en un computadora y posteriormente resolverlos para obtener la simulación del comportamiento del sistema modelado. Podemos utilizar lenguajes de programación general, lenguajes específicos para simulación (Lenguajes de propósito especial) o paquetes de software de simulación especialmente preparados para la misma. Los lenguajes precursores en simulación fueron los de propósito general.

Lenguajes de programación de propósito general: Entre sus ventajas se encuentra que son conocidos por los programadores, lo que supone menor esfuerzo de aprendizaje. Están disponibles en cualquier sistema operativo, a diferencia de los lenguajes de simulación. Algunos tienen extensiones con bibliotecas para manejar tareas que se necesitan de manera general en la programación de simulaciones. Son más eficientes desde el punto de vista de la velocidad, portabilidad y flexibilidad, pero el tiempo de desarrollo de las aplicaciones es más largo que en lenguajes y herramientas específicas.

Iniciamos con una simulación de una línea de espera de un solo servidor con llegadas constantes y tiempo de servicio con probabilidad discreta.

**MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO**

1. Se requiere una computadora con Visual Studio Express 2015 for Windows Desktop

Sistemas operativos soportados (requerimientos de software)

- Windows 10
- Windows 8.1
- Windows 8
- Windows 7 Service Pack 1
- Windows Server 2012 R2
- Windows Server 2012i
- Windows Server 2008 R2 SP1

Requerimientos de Hardware

- 1.6 GHz o superior (Procesador)
  - 1 GB de memoria RAM
  - 5 GB de espacio disponible en disco
  - 5400 RPM (velocidad de disco duro)
  - DirectX 9 (tarjeta de video que corra a una resolución de 1024 x 768 o superior)
2. Memoria USB de 4 GB
  3. Manual de prácticas en electrónico

## METODOLOGÍA

Utilizando el lenguaje de propósito general Java, realizar un programa que realice la simulación del siguiente problema, con una tabla que vaya presentando los resultados que se le piden.

### Problema:

Línea de espera

El tiempo entre llegadas en la ventanilla de recepción de cierta compañía aparece en la tabla, todos los clientes forman una línea simple y son atendidos por orden de llegada. Suponga que toma ocho minutos atender a un cliente, suponga también que no hay clientes atendándose o esperando cuando llegue el primer cliente. Simule la llegada de 16 clientes, registre el número de los que tienen que esperar, el tiempo promedio de espera y el tiempo total que permanece ocioso el servidor. Esto se deberá presentar en un cuadro de resultados.

Tiempo entre llegadas (min)	Probabilidad
5	0.25
10	0.50
15	0.25

### Solución ejemplo

Realizar una tabla con los encabezados de cada columna como se muestran a continuación:

No. cliente	No. Aleatorio	Tiempo entre llegadas		Entrada	Salida	Tiempo de espera	¿Espera?	Tiempo de ocio
		Ind	Acum.					
1	-	-	0	0	8	0	No	0
2	.04	5	5	8	16	3	Si	0
3	.85	15	20	20	28	0	No	4



Simulación		Manual de Prácticas					ITL	
4	.38	10	30	30	38	0	No	2
5	.14	5	35	38	46	3	Si	0
6	.11	5	40	46	54	6	Si	0
7	.52	10	50	54	62	4	Si	0
8	.68	10	60	62	70	2	Si	0
9	.23	5	65	70	78	5	Si	0
10	.92	15	80	80	88	0	No	2
11	.75	10	90	90	98	0	No	2
12	.85	15	105	105	113	0	No	7
13	.81	15	120	120	128	0	No	7
14	.19	5	125	128	136	3	Si	0
15	.56	10	135	136	144	1	Si	0
16	.00	15	150	150	158	0	No	6

### SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Leer la práctica completa antes de iniciar.
2. Este problema será resuelto en clase, y después se realizará esta práctica, no olvide realizar pruebas de escritorio.
3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB
4. No olvide colocar el número de la práctica, su nombre y número de control.
5. Identificar como se relacionan la teoría y la práctica.
6. Prestar atención a los resultados obtenidos, después de haber realizado un análisis, hacer comentarios y recomendaciones.

### REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

1. Realizar un programa en Java que muestre la tabla con la simulación de las llegadas de los clientes, según el ejemplo presentado, y que reporte:
  - A) El número de clientes que esperan
  - B) El tiempo promedio de espera
  - C) El tiempo total de espera

D) El tiempo que permanece ocioso el servidor

Presentar los resultados en un cuadro, que se va actualizado cada vez que se corre la simulación.

2. Realizar la tabla y el reporte de resultados lo mejor presentado posible.
3. Observación importante: Cada vez que se realiza la simulación, está cambiando los resultados debido a la utilización de los números aleatorios, así mismo la tabla presentada es un ejemplo, pero se tendrán diferentes valores debido a lo antes expuesto.

## **BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. Joyanes Aguilar, Luis; *Fundamentos de Programación*, Prentice Hall , 3ª. Edición
2. Cairó Battistutti, Osvaldo; *Metodología de la Programación*, Alfaomega, 3ª edición,
3. Deitel, Harvey M. & Deitel, Paul J. *Cómo programar en C#* 2ª edición, Ed. Prentice Hall
4. Ceballos, Fco. Javier; *Microsoft C# Curso de programación* 2ª edición, Ed. Alfaomega

**Práctica Dieciséis****SIMULACION DE UN SISTEMA DE INVENTARIOS EN JAVA****OBJETIVO:**

Realizar una simulación del comportamiento de un sistema de inventarios utilizando una demanda probabilística, tiempo de entrega probabilístico y costos de inventarios, en un lenguaje de programación de propósito general, para obtener la cantidad óptima de pedido y el punto de reorden.

**INTRODUCCION**

Las empresas mantienen inventarios de materias primas y de productos terminados. Los inventarios de materias primas sirven como entradas al proceso de producción y los inventarios de productos terminados sirven para satisfacer la demanda de los clientes. Puesto que estos inventarios representan frecuentemente una considerable inversión, las decisiones con respecto a las cantidades de inventarios son importantes.

La simulación de un sistema de inventarios, es una herramienta valiosa para toda organización, debido a que permite explorar los aspectos operativos, como por ejemplo, el cambio de inventarios diariamente o por horas o minutos en cada uno de los eslabones de la cadena de abastecimiento con gran actividad. Un ejemplo de esto es cuando se analiza la relación del inventario de seguridad, las demoras en los pedidos y los niveles de servicio de diferentes puntos de la cadena de abastecimiento, que se ven afectados por los cambios en los patrones de la demanda y los pedidos no siempre corresponden al mismo tamaño y dependen de un pronóstico de ventas. Estas características pueden incorporarse a un modelo de simulación, que incorpore los pronósticos de la demanda para la administración y la definición de la política de inventarios a través de los experimentos realizados con el modelo de simulación y debido a su capacidad para emular los sistemas complejos, el uso de la simulación es una herramienta eficaz para esta situación.

**MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO**

1. Se requiere una computadora con Visual Studio Express 2015 for Windows Desktop

Sistemas operativos soportados (requerimientos de software)

- Windows 10
- Windows 8.1
- Windows 8
- Windows 7 Service Pack 1
- Windows Server 2012 R2
- Windows Server 2012i
- Windows Server 2008 R2 SP1

Requerimientos de Hardware

- 1.6 GHz o superior (Procesador)
  - 1 GB de memoria RAM
  - 5 GB de espacio disponible en disco
  - 5400 RPM (velocidad de disco duro)
  - DirectX 9 (tarjeta de video que corra a una resolución de 1024 x 768 o superior)
2. Memoria USB de 4 GB
  3. Manual de prácticas en electrónico

## METODOLOGÍA

Utilizando el lenguaje de propósito general en java, realizar un programa que realice la simulación del siguiente problema de inventarios, con una tabla que vaya presentando los resultados que se le piden.

### Problema

Sistema de Inventarios

La demanda mensual de cierto producto sigue la siguiente distribución de probabilidad empírica:

Cant.	Prob.	Cant.	Prob.	Cant.	Prob.
35	0.010	44	0.029	53	0.065
36	0.015	45	0.035	54	0.060
37	0.020	46	0.045	55	0.050
38	0.020	47	0.060	56	0.040
39	0.022	48	0.065	57	0.030
40	0.023	49	0.070	58	0.016
41	0.025	50	0.080	59	0.015
42	0.027	51	0.075	60	0.005
43	0.028	52	0.070		

El tiempo de entrega esta distribuido de acuerdo a la siguiente función de probabilidad:

Meses	1	2	3
Probabilidad	0.3	0.4	0.3

Los factores estacionales para cada uno de los meses son como se muestran a continuación:

Mes	Factor Estacional	Mes	Factor Estacional
1	1.20	7	0.80
2	1.00	8	0.90
3	0.90	9	1.00
4	0.80	10	1.20
5	0.80	11	1.30
6	0.70	12	1.40

La información con respecto a los costos relevantes es la siguiente: Costo de pedir = \$100/pedido. Costo de inventario = \$20/u-año, Costo de faltante = \$50/año

Si el inventario inicial se asume en 150 unidades determine:

La cantidad óptima a ordenar (Q), el nivel óptimo de reorden (R) y los costos totales anuales del sistema de inventarios.

\*Considere para esta primera simulación  $Q = 200$  u y  $R = 100$ u

Formulas a utilizar:

Inventario promedio =  $(\text{inventario inicial} + \text{inventario final})/2$  cuando no hay faltante.

Inventario promedio =  $(\text{Inv. Inicial})^2 / 2 * \text{Demanda}$  Cuando hay faltante

Demanda ajustada = Demanda simulada \* Factor estacional

### **Solución ejemplo**

1. Realizar una tabla con los encabezados de cada columna como se muestran a continuación:

Cant. Pedido	Mes	Inv. Inicial	Num. Aleat.	Dem. Sim.	Dem. Ajustada	Inv. Final	Faltante	Orden	Num. Aleat.	tiempo entrega (meses)	Inv. Promedio
	1	150	0.817	54	65	85	0	1	0.85	3	117.5
	2	85	0.209	44	44	41	0				63
	3	41	0.175	43	39	2	0				21.5
	4	2	0.275	46	37	0	35				0.05
200	5	165	0.987	59	47	118	0				141.5
	6	118	0.838	54	38	80	0	1	0.48	2	99
	7	80	0.424	49	39	41	0				60.5
	8	41	0.105	40	36	0	5				23.3
200	9	195	0.794	54	54	141	0				168
	10	141	0.576	51	61	80	0	1	0.19	1	110.5
	11	80	0.332	47	61	19	0				49.5
200	12	219	0.517	50	70	149	0				184

2. Mostrar un cuadro resumen con los costos de inventario, dando diferentes valores para la cantidad a ordenar (Q) y el nivel de reorden (R), se deberá seleccionar el que tenga el menor costo total y por lo tanto esto nos dirá cuales son los valores óptimos de estas dos variables.

Costos totales anuales:

Costo de ordenar, costo de llevar el inventario y costo de faltante. La suma de estos costos nos da el costo total.

### SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Leer la práctica completa antes de iniciar.
2. Este problema será resuelto en clase, y después se realizará esta práctica, no olvide realizar pruebas de escritorio.
3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB
4. No olvide colocar el número de la práctica, su nombre y número de control.
5. Identificar como se relacionan la teoría y la práctica.
6. Prestar atención a los resultados obtenidos, después de haber realizado un análisis, hacer comentarios y recomendaciones.

### REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

1. Realizar un programa en Java, que muestre la tabla con la simulación, según el ejemplo presentado, y que reporte:
  - A) El promedio del inventario promedio mensual
  - B) El número de pedidos
  - C) La cantidad de unidades faltantes.
 Presentar los resultados en un cuadro, que se va actualizando cada vez que se corre la simulación.

2. Mostrar en un cuadro resumen los costos totales anuales para diferentes valores de cantidad a ordenar o pedir (Q) el nivel de reorden (R), que nos indique de los valores generados cuales son los óptimos.
3. Diseñar la tabla y el reporte de resultados lo mejor presentado posible.
4. Observación importante: Cada vez que se realiza la simulación, está cambiará los resultados debido a la utilización de los números aleatorios, así mismo la tabla presentada es un ejemplo, pero se tendrán diferentes valores debido a lo antes expuesto.

## **BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. Joyanes Aguilar, Luis; *Fundamentos de Programación*, Prentice Hall , 3ª. Edición
2. Cairó Battistutti, Osvaldo; *Metodología de la Programación*, Alfaomega, 3ª edición,
3. Deitel, Harvey M. & Deitel, Paul J. *Cómo programar en C#* 2ª edición, Ed. Prentice Hall
4. Ceballos, Fco. Javier; *Microsoft C# Curso de programación* 2ª edición, Ed. Alfaomega

**Práctica Diecisiete****SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE LINEAS DE ESPERA EN JAVA****OBJETIVO:**

Diseñar y modelar una simulación del comportamiento de un sistema de líneas de espera utilizando tiempo entre llegadas y tiempo de servicio con probabilidades discreta, en un lenguaje de programación de propósito general, utilizando un análisis de costos para encontrar el tamaño óptimo de equipo de servidores.

**INTRODUCCION**

En la mayoría de los procesos que se presentan en las empresas de manufactura y de servicio, aparecen las líneas de espera. Esto debido a que casi siempre, la capacidad de servicio, en algún momento, es menor que la capacidad demandada. Este proceso de generación de líneas de espera, trae consigo diferentes tipos de inconvenientes que se reflejan a corto y mediano plazo. Por tal motivo, se cuenta con un conjunto de modelos matemáticos que se enmarcan en el área de “La Teoría de Colas o líneas de espera”. Estos modelos buscan encontrar el equilibrio entre el número de unidades que se encuentran en la línea de espera y la cantidad de servidores que satisfagan la demanda de servicio.

Existen ocasiones donde es pertinente apoyarse en la Simulación para analizar de una manera más flexible e integral el fenómeno de la línea de espera ya que estas dos áreas se complementan mutuamente.

El análisis de sistemas de líneas de espera frecuentemente ilustra la dificultad de construir un modelo matemático que contenga todos los elementos matemáticos presentes en el sistema. En muchas situaciones, el sistema de colas puede tener características especiales importantes. Puede tener etapas transientes y de estado estable, puede ser dependiente o formar parte de un grupo de facilidades independientes. Puede tener prioridad de servicio o algunos clientes que llegan al sistema cuando la cola es excesivamente grande pueden rehusar entrar al sistema. También puede ser que la fuente que alimenta al sistema sea infinita. La exclusión de tales características especiales puede distorsionar la naturaleza verdadera del sistema, por lo cual deberán ser consideradas en la modelación del mismo. Si hay varias características especiales importantes, una modelación matemática resultaría casi difícil o casi imposible. En tales situaciones, el análisis completo del sistema puede ser logrado a través del uso de la técnica de simulación. En el sistema de colas que se analiza, en esta práctica, existen tres elementos estocásticos que deben ser considerados. Estos elementos son: el número de camiones esperando ser servidos al momento de abrir sus puertas el almacén, el tiempo entre llegadas y el tiempo de servicio. La variable de decisión para este modelo es la cantidad de personas que formarán el equipo que se encarga de descargar camiones. Por consiguiente, para evaluar el funcionamiento del sistema de acuerdo a diferentes tamaños de equipo, se obtienen los costos totales por turno correspondientes.



## MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

1. Se requiere una computadora con Visual Studio Express 2015 for Windows Desktop

Sistemas operativos soportados (requerimientos de software)

- Windows 10
- Windows 8.1
- Windows 8
- Windows 7 Service Pack 1
- Windows Server 2012 R2
- Windows Server 2012i
- Windows Server 2008 R2 SP1

Requerimientos de Hardware

- 1.6 GHz o superior (Procesador)
  - 1 GB de memoria RAM
  - 5 GB de espacio disponible en disco
  - 5400 RPM (velocidad de disco duro)
  - DirectX 9 (tarjeta de video que corra a una resolución de 1024 x 768 o superior)
2. Memoria USB de 4 GB
  3. Manual de prácticas en electrónico

## METODOLOGÍA

Utilizando el lenguaje de propósito general Java, elaborar un programa que realice la simulación del siguiente problema de inventarios, con una tabla que vaya presentando los resultados que se le piden para cada tamaño de equipo.

Para diseñar el proceso de simulación de este sistema de colas, se iniciará con la simulación de un turno de operación utilizando un equipo de tres personas, Posteriormente el tamaño de equipo se incrementará a cuatro personas, realizándose la simulación, se continua variando el tamaño de equipo y se simula para varios turnos, entonces con los resultados obtenidos, se obtienen los costos totales de los mismos, escogiendo como tamaño óptimo de equipo, el que nos dé la forma mas económica de operar el almacén.

### Problema

Simulación de un sistema de colas.

Una cadena de supermercados es abastecida por un almacén central. La mercancía llega al almacén durante la noche. El personal encargado de descargar la mercancía consiste en tres personas, las cuales trabajan un turno de ocho horas (de las 11 P.M. a las 7.30 A.M.) Estas personas pueden empezar a tomar sus alimentos a partir de las 3 A.M. Si a las 3 A.M. se está descargando un camión, entonces, se empezará a tomar los alimentos al momento de terminar de

descargarlo. El salario por hora que recibe este personal es de \$25. El almacén sólo recibe mercancía de las 11 P.M. a las 7.30 A.M. Si se requiere tiempo extra, el salario percibido por el personal será de \$37.50 por hora. Finalmente, se estima que el costo de espera de un camión es de \$ 100 por hora y el costo de tener operando el almacén es de \$500 por hora.

Cuando el almacén abre sus puertas a las 11 P. M. puede suceder que este mas de un camión esperando ser descargado. De información pasada, se sabe que la distribución de probabilidad del número de camiones que están esperando al momento de que el almacén abre sus puertas, es la siguiente:

Cantidad de camiones	Probabilidad
0	0.5
1	0.25
2	0.15
3	0.1

Por otra parte, también de información pasada, se sabe que la distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas, es la siguiente:

Tiempo entre llegadas (minutos)	Probabilidad
20	0.02
25	0.08
30	0.12
35	0.25
40	0.20
45	0.15
50	0.10
55	0.05
60	0.03

Finalmente por medio de experimentación se han obtenido las distribuciones de probabilidad del tiempo de servicio para diferentes tamaños de equipo. Tales distribuciones se muestran a continuación:

Tiempo de servicio (minutos) de tres personas	Probabilidad	Tiempo de servicio (minutos) de cuatro personas	Probabilidad
20	0.05	15	0.05
25	0.10	20	0.15
30	0.20	25	0.20
35	0.25	30	0.20
40	0.12	35	0.15
45	0.10	40	0.12
50	0.08	45	0.08
55	0.06	50	0.04
60	0.04	55	0.01

Tiempo de servicio (minutos) de cinco personas	Probabilidad	Tiempo de servicio (minutos) de seis personas	Probabilidad
10	0.10	5	0.12
15	0.18	10	0.15
20	0.22	15	0.26
25	0.18	20	0.15
30	0.10	25	0.12
35	0.08	30	0.08
40	0.06	35	0.06
45	0.05	40	0.04
50	0.03	45	0.02

Si todo el equipo se considera como un servidor, ¿cuál es el tamaño óptimo del equipo?

### Solución ejemplo

Simulación de Operaciones de descarga durante un turno (equipo de tres personas)								
Número Aleatorio	Tiempo entre llegadas	Hora de llegada	Hora de inicio del servicio	Número aleatorio	Tiempo de servicio	Hora de terminación del servicio	Tiempo de espera	Tiempo de ocio
—	—	—	11:00	0.29	30	11:30	—	—
0.59	40	11:40	11:40	0.48	35	12:15	0	10
0.37	35	12:15	12:15	0.25	30	12:45	0	0
0.21	30	12:45	12:45	0.19	30	01:15	0	0
0.73	45	01:30	01:30	0.93	55	02:25	0	15
0.68	45	02:15	02:25	0.76	45	03:10	10	0
0.81	45	03:00	03:40	0.31	30	04:10	40	0
0.4	35	03:35	04:10	0.02	20	04:30	35	0
0.88	50	04:25	04:30	0.49	35	05:05	5	0
0.33	35	05:00	05:05	0.79	45	05:50	5	0
0.65	40	05:40	05:50	0.86	50	6_40	10	0
0.09	25	06:05	06:40	0.63	40	07:20	35	0
0.86	50	06:55	07:20	0.66	40	08:00	25	0
0.91	50	07:45	—	—	—	—	—	—
Suma							165 min	25 min

### Datos generados

Tiempo normal : ocho horas

Tiempo Extra: de las 7:30 a las 8:00 hrs = 30 min= 0.5 horas

Costo de mano de obra:

Tiempo normal= 25 \$/hr

Tiempo extra = 37.5 \$/hr  
 Costo de espera: 100\$/hr  
 Costo de operación: 500 \$/hr  
 Tiempo total de espera: 165 min. = 2.75 hrs.  
 Tiempo total que esta operando el almacén: de las 11 a las 8:00= 9 hrs  
 Salarios:  
 Costo en tiempo normal = (25\$/hr)(8hrs)(3 empleados) = 600 \$  
 Costo en tiempo extra = (37.5 \$/hr)(0.5 hrs)(3 empleados) = 56.25 \$  
 Costo de espera de camión. (100 \$/hr)(2,75 \$/hr) = 275 \$  
 Costos de operación: (500 \$/hrs)(9 hrs) = 4500 \$  
 Costo Total : 600 + 56.25 + 275+ 4500 = \$ 5 431.25

### SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

1. Leer la práctica completa antes de iniciar.
2. Este problema será resuelto en clase, y después se realizará esta práctica, no olvide realizar pruebas de escritorio.
3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB
4. No olvide colocar el número de la práctica, su nombre y número de control.
5. Identificar como se relacionan la teoría y la práctica.
6. Prestar atención a los resultados obtenido, después de haber realizado un análisis, hacer comentarios y recomendaciones.

### REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)

1. Realizar la simulación en Java, que muestre cada tabla para los diferentes tamaños de equipo; de tres, cuatro, cinco y seis personas.
2. Obtener los costos para cada caso y mostrar en un cuadro resumen de resultados con los encabezados siguientes:

Resumen de Resultados					
Tamaño de equipo	Salario en tiempo normal	Salario en tiempo extra	Costo de espera del camión	Operación del almacén	Costos totales
3					
4					
5					
6					

3. La tabla anterior se llenará con los resultados obtenidos en las simulaciones de los diferentes tamaños de equipo y se seleccionará como resultado final el equipo que tenga el menor costo total como el tamaño óptimo de equipo. Indicando cual es ese equipo.

**BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. Joyanes Aguilar, Luis; *Fundamentos de Programación*, Prentice Hall , 3ª. Edición
2. Cairó Battistutti, Osvaldo; *Metodología de la Programación*, Alfaomega, 3ª edición,
3. Deitel, Harvey M. & Deitel, Paul J. *Cómo programar en C#* 2ª edición, Ed. Prentice Hall
4. Ceballos, Fco. Javier; *Microsoft C# Curso de programación* 2ª edición, Ed. Alfaomega

## Práctica Dieciocho

### PRÁCTICA INTEGRADORA

#### OBJETIVO:

Modelar un caso de estudio, el cuál consistirá en el análisis, modelado y simulación de sistema de servicios o productivo de una empresa para detectar las mejoras posibles a realizar, y plantear acciones que mejores el desempeño de sistemas y que en el caso de poder implementarse se lleve hasta este nivel.

#### INTRODUCCION

Esta práctica final concluye con el cumplimiento del objetivo de la materia que dice: “El estudiante analizará, modelará, experimentará sistemas computacionales, productivos y de servicios, reales o hipotéticos a través de la simulación de eventos discretos con el fin de conocerlos con claridad o mejorar su funcionamiento”. Por lo que se le pide al alumno que realice una aplicación de la simulación en un sistema real, ya sea productivo o de servicios, que ayude a detectar mejoras en el funcionamiento del mismo y en de ser posible lleve hasta la optimización.

La simulación nos permite estudiar los sistemas y los problemas analizándolos experimentalmente, de forma equivalente a la actividad que se realiza en un laboratorio.

Uno de los objetivos de la **simulación** es realizar ensayos de cambios en el **sistema** probándolos en el **modelo**, con el fin de elegir la mejor alternativa, y así enfrentar mejor a una realidad que varía día a día.

Por lo tanto en esta práctica se pretende que el estudiante realice un sistema de simulación pasando por todas las etapas para realizar un estudio de simulación, desde la definición del sistema hasta la experimentación e interpretación de los resultados para con base a estos tomar una decisión y realizar propuestas que nos lleven a lograr la mejora del sistema original y así acercarnos mas a la optimización del mismo.

#### MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

1. Se requiere una computadora con Visual Studio Express 2015 for Windows Desktop

Sistemas operativos soportados (requerimientos de software)

- Windows 10
- Windows 8.1
- Windows 8
- Windows 7 Service Pack 1
- Windows Server 2012 R2
- Windows Server 2012i

- Windows Server 2008 R2 SP1

#### Requerimientos de Hardware

- 1.6 GHz o superior (Procesador)
  - 1 GB de memoria RAM
  - 5 GB de espacio disponible en disco
  - 5400 RPM (velocidad de disco duro)
  - DirectX 9 (tarjeta de video que corra a una resolución de 1024 x 768 o superior)
2. Memoria USB de 4 GB
  3. Manual de prácticas en electrónico

### **METODOLOGÍA**

Diseñar un modelo de simulación el cuál consistirá en el análisis, modelado y simulación de sistema de servicios o productivo de una empresa para detectar las mejoras posibles a realizar, y plantear acciones que mejoren el desempeño del sistema. La implementación del modelo en la computadora podrá ser en un lenguaje de propósito general como Java o en uno de propósito especial como el ProModel, dependiendo de que tipo se ajusta mejor a las características del sistema estudiado.

De acuerdo a los resultados arrojados de la simulación plantear una propuesta que nos demuestre como el sistema simulado ha mejorado.

### **SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

1. Para realizar el estudio de simulación, se recomienda utilizar todas las etapas estudiadas, desde la definición del sistema hasta la experimentación e interpretación de los resultados.
2. Realizar pruebas de escritorio, tanto en el diseño del modelo como en la implementación en la computadora del mismo.
3. Guardar todas sus prácticas en su memoria USB
4. No olvide colocar el número de la práctica, su nombre y número de control.
5. Prestar atención a los resultados obtenido, después de haber realizado un análisis, hacer comentarios y recomendaciones.
6. Identificar como se relaciona el caso analizado con lo aprendido en el curso.

### **REPORTE DEL ALUMNO (RESULTADOS)**

1. Realizar una estudio de simulación iniciando con la definición del sistema y pasando por las diferente etapas de un experimento de simulación.
2. Implementar el modelo en la computadora, realizar la validación y la experimentación.
3. De acuerdo a la interpretación de los datos arrojados en el paso anterior, proponer mejoras e implementarlas.
4. Realizar la exposición del proyecto de simulación ente el grupo. Expresar conclusiones del mismo.

**BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR**

1. Joyanes Aguilar, Luis; *Fundamentos de Programación*, Prentice Hall , 3ª. Edición
2. Cairó Battistutti, Osvaldo; *Metodología de la Programación*, Alfaomega, 3ª edición,
3. Deitel, Harvey M. & Deitel, Paul J. *Cómo programar en C#* 2ª edición, Ed. Prentice Hall
4. Ceballos, Fco. Javier; *Microsoft C# Curso de programación* 2ª edición, Ed. Alfaomega
5. García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cardenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Naucalpan de Juárez. . Pearson Educación, 2006
6. <http://www.salacam.unal.edu.co/tutorialpromodel/>
7. Harrel , Charles R.; Ghosh, Birman K. *Simulation using PROMODEL w/CD-ROM* (Hardcover). 2ª. Edición
8. Banks, Jerry, Carson II, John; Nelson, Barry L. *Simulación de Sistemas de Eventos Discretos*. 3ª. Edición
9. Banks, Jerry (Editor), *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice* . Primera edición