



Decisiones
Logísticas

ProModel

+investigación + valor + satisfacción

Potenciamos la cadena de suministro, brindando conocimiento, innovación y soluciones efectivas.

ENTRENAMIENTO BÁSICO SIMULACIÓN DISCRETA

www.dl.com.co

Bogotá, Colombia

- » *Comprender los conceptos básicos de teoría de colas.*
- » *Entender el funcionamiento de Promodel y la construcción de modelos.*

- ◆ **Un sistema es una estructura dinámica de personas, objetos y procedimientos organizados con el propósito de lograr ciertas funciones.**

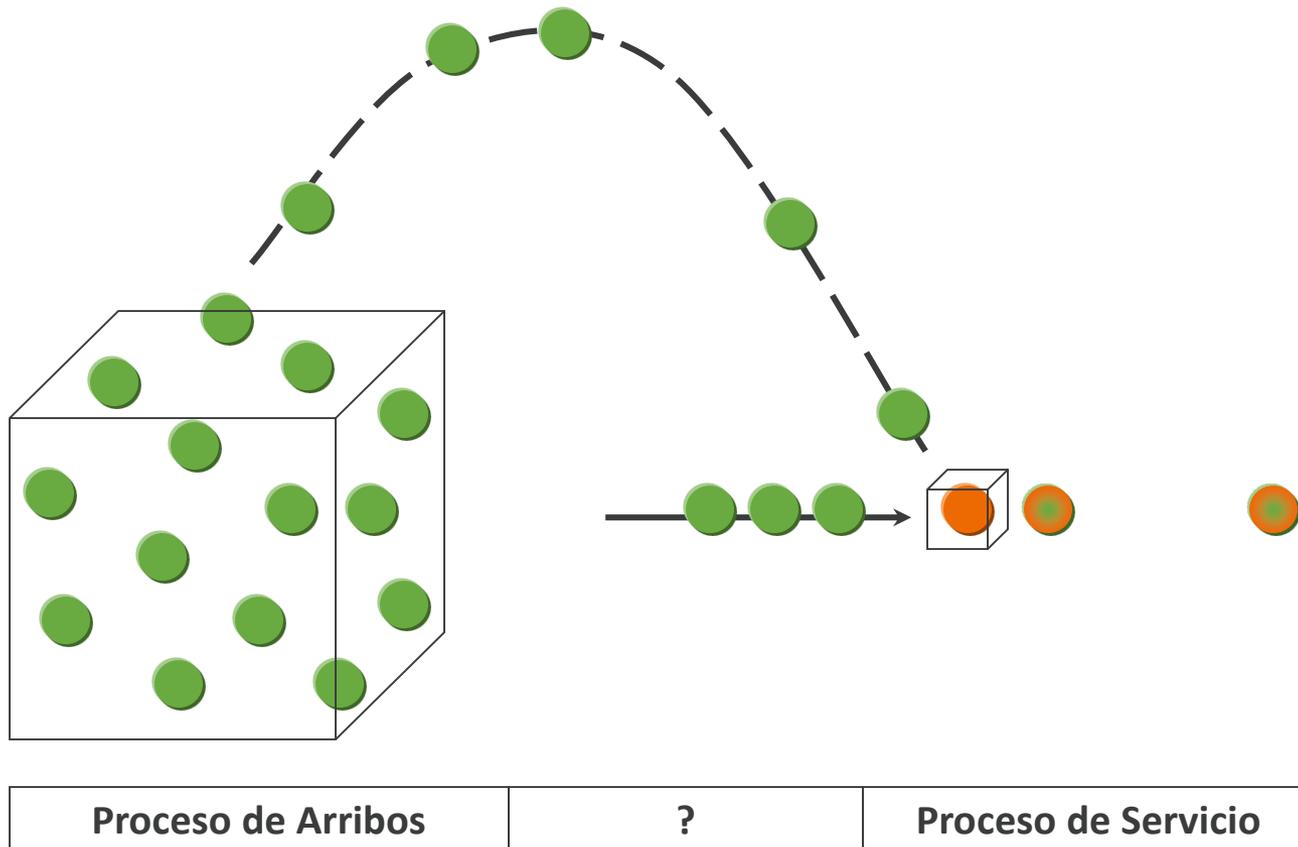
Ej: El interior de una fabrica, un banco, un restaurante.



- » *En casi todos los sistemas podemos experimentar las consecuencias de la congestión en largas filas de espera, a la que los humanos o los objetos se ven enfrentados diariamente.*
- » *En sistemas de producción y logística las materias primas, productos en proceso y productos terminados tienen que hacer colas durante sus ciclos de vida.*



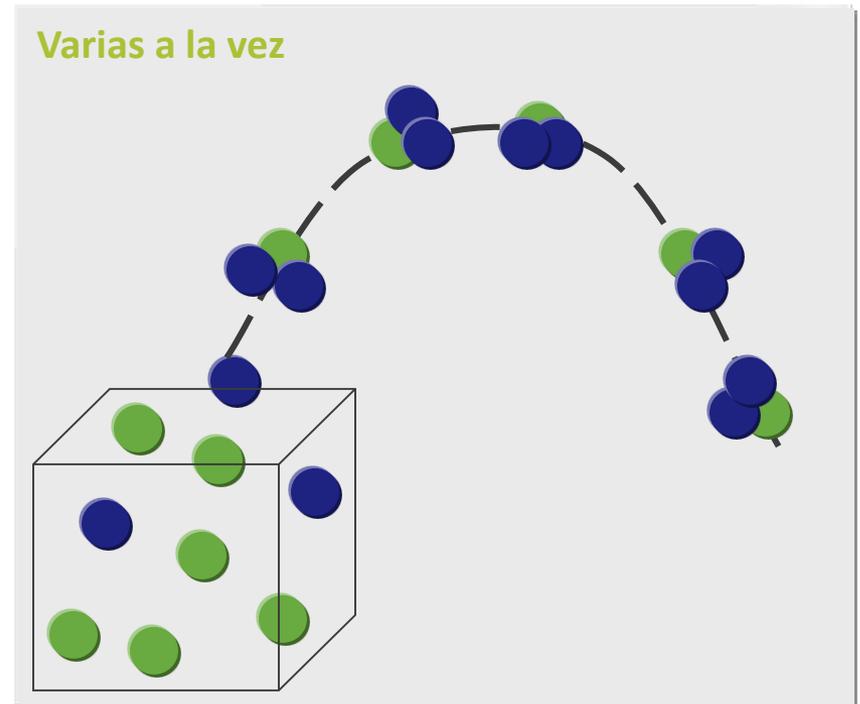
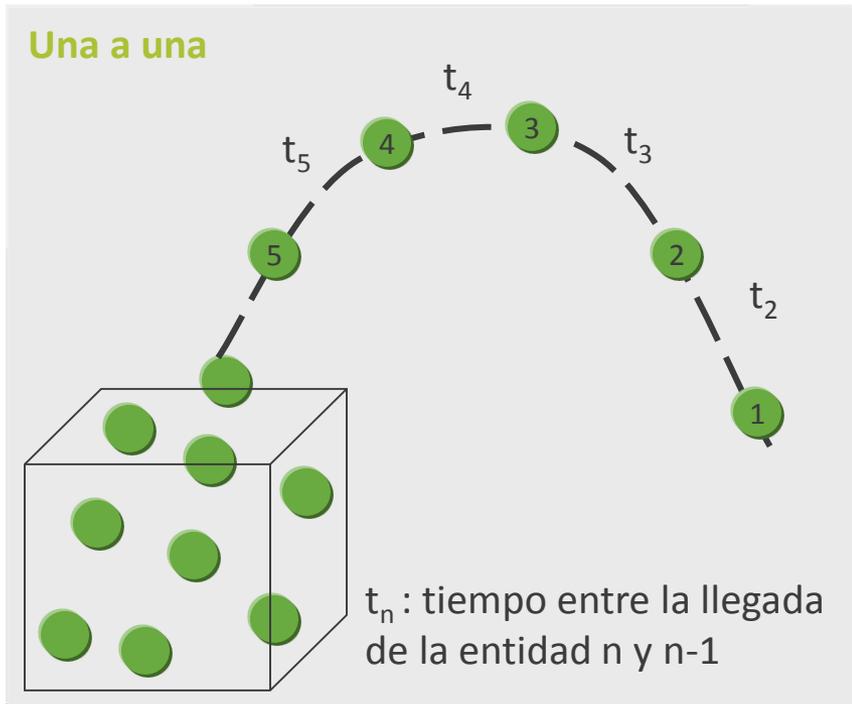
» Una cola es el resultado de la interacción dinámica entre el proceso de arribos y el proceso de servicio.



» Cantidad de entidades que llegan

- Una a una
- Varias a la vez

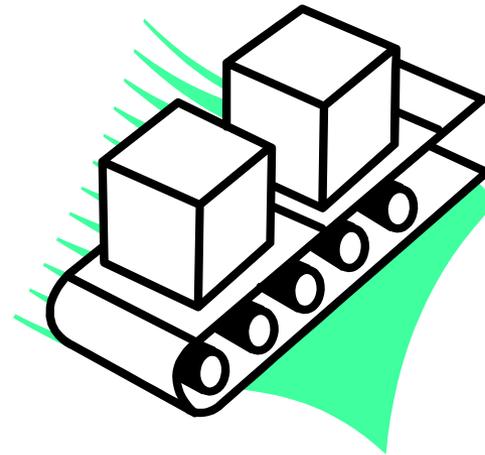
» Frecuencia de llegadas



» **Proceso de Arribos**

- λ : Tasa de arribos (entidades / unidad de tiempo)
- $1/\lambda$: Tiempo entre arribos (unidad de tiempo)

Ejemplo: $\lambda = 30$ entidades / hora ; $1/\lambda = 2$ minutos



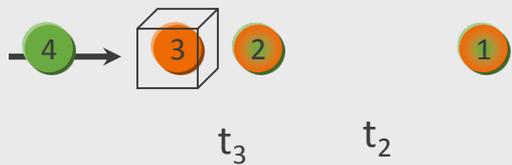
» **Tiempo de Servicio**

» **Regla de Servicio**

- FCFS : First Come First Served (Fila)
- LCFS : Last Come First Served (Pila)

» **Número de Servidores**

FCFS



t_n : tiempo de servicio de la entidad n

LCFS



» *Proceso de Servicio*

- **m** : Tasa de servicio (entidades / unidad de tiempo)
- **1/m** : Tiempo de servicio (unidad de tiempo)

Ejemplo: **m** = 20 entidades / hora ; **1/m** = 3 minutos



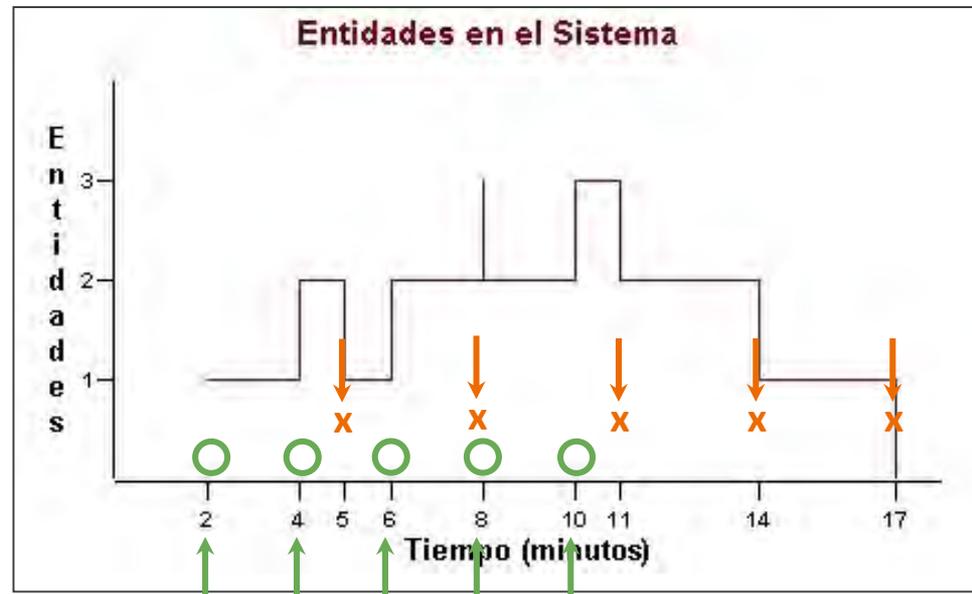
- » El tamaño de la cola esta sujeto a la naturaleza física del sistema. Sin embargo por simplicidad en la aproximación matemática del problema se puede asumir con una cola de tamaño infinito.



t_n : tiempo en cola de la entidad n

» Ejemplo

- Arribos unitarios.
- Arribos : $\lambda = 30$ entidades / hora ; $1/\lambda = 2$ minutos.
- Servicio : $\mu = 20$ entidades / hora ; $1/\mu = 3$ minutos.
- 1 Servidor con capacidad de atención 1 entidad.
- 5 entidades.



- » ***Es de interés cuantificar unas variables de estado que permitan caracterizar el desempeño del sistema.***
- ENTIDADES EN EL SISTEMA
 - Entidades en el sistema: número de entidades que permanecen en el sistema.
 - TIEMPO
 - Tiempo en el sistema: tiempo total que permanece una entidad en el sistema.
 - PRODUCTIVIDAD
 - Tasa de salida de entidades: número de entidades que salen del sistema por unidad de tiempo.
 - UTILIZACION
 - Utilización del servidor: porcentaje de tiempo que permanece ocupado el servidor del tiempo total.
 - CALIDAD
 - Nivel de servicio - porcentaje de satisfacción: proporción de entidades que cumplen con un objetivo de servicio del total de entidades atendidas.

» **Entidades en el sistema:** número de entidades que permanecen en el sistema.

Número promedio de entidades en el sistema =

$$\frac{\text{Área bajo la curva} = \text{entidades} \times \text{tiempo}}{\text{Tiempo total}}$$

Intervalo Reloj	Número de Entidades	Longitud Intervalo (minutos)	Longitud Intervalo x Número Entidades
0 - 2	0	2	0
2 - 4	1	2	2
4 - 5	2	1	2
5 - 6	1	1	1
6 - 10	2	4	8
10 - 11	3	1	3
11 - 14	2	3	6
14 - 17	1	3	3
	Suma	17	25
Promedio Entidades en Sistema			1.47



» **Tiempo en el sistema:** tiempo total que permanece una entidad en el sistema.

Tiempo promedio en el sistema =	$\frac{\text{Suma de tiempo de cada entidad en el sistema}}{\text{Número de entidades}}$
--	--

	Arribo	Salida	Tiempo en el Sistema (minutos)
Entidad 1	2	5	3
Entidad 2	4	8	4
Entidad 3	6	11	5
Entidad 4	8	14	6
Entidad 5	10	17	7
Promedio Tiempo en Sistema			5

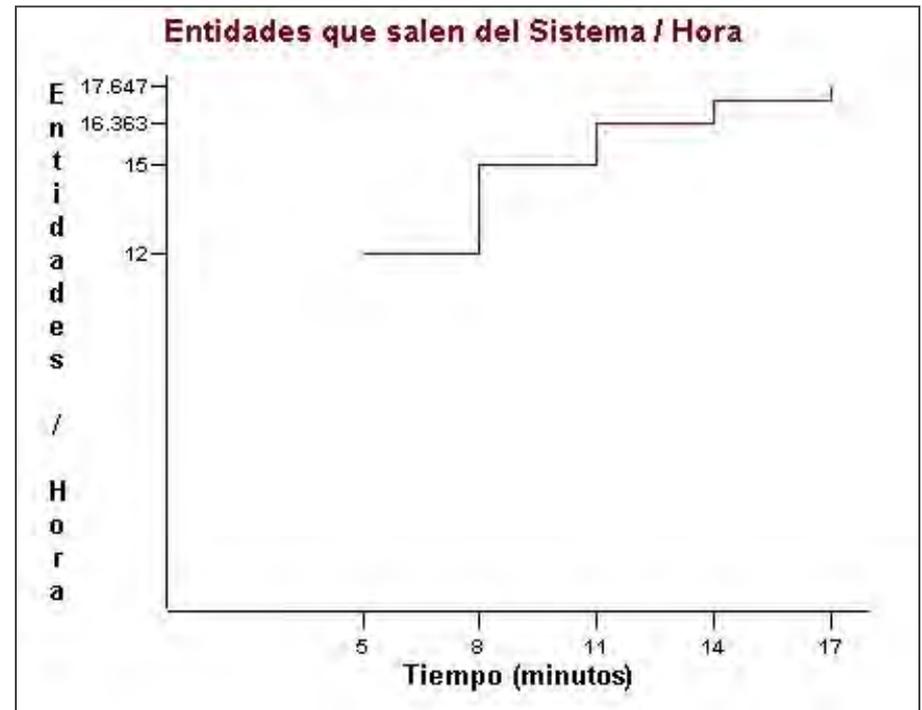




» **Tasa de salida de entidades: número de entidades que salen del sistema por unidad de tiempo.**

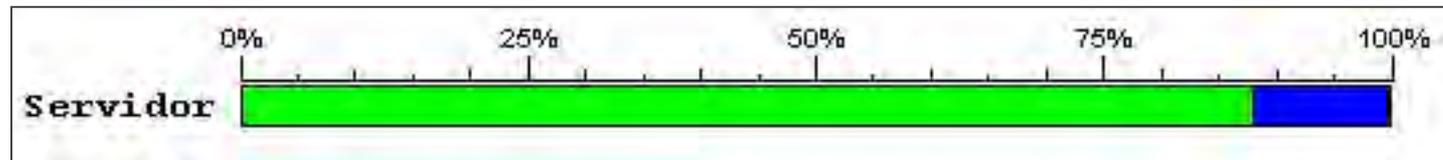
$$\text{Tasa de salida de entidades} = \frac{\text{Número de entidades que han salido del sistema}}{\text{Tiempo total que tardan en salir}}$$

Tiempo Transcurrido (minutos)	Entidades que han salido	Tasa de Salida (entidades / hora)
5	1	12
8	2	15
11	3	16.364
14	4	17.143
17	5	17.647



- » **Utilización del servidor: porcentaje de tiempo que permanece ocupado el servidor del tiempo total.**

$$\text{Utilización del servidor} = \frac{\text{Tiempo de ocupación del servidor}}{\text{Tiempo total}} \times 100\%$$

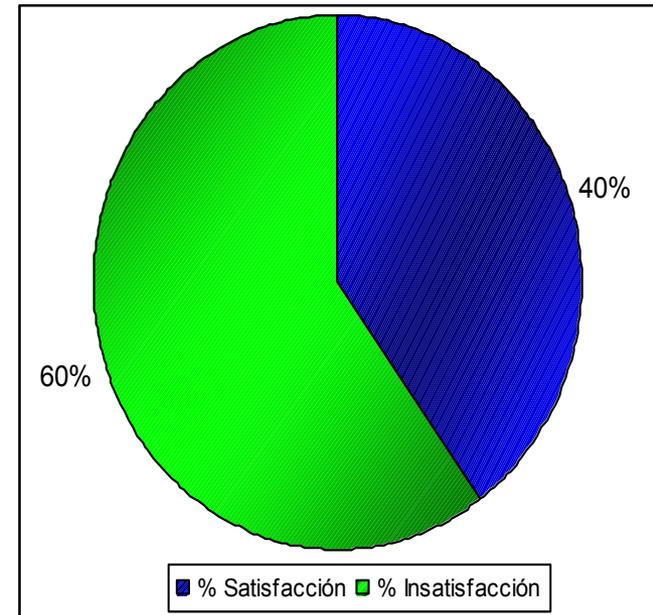


Número de Entidades	Tiempo de Servicio por entidad (minutos)	Total Tiempo de Servicio (minutos)	Tiempo Total (minutos)	Utilización
5	3	15	17	88%

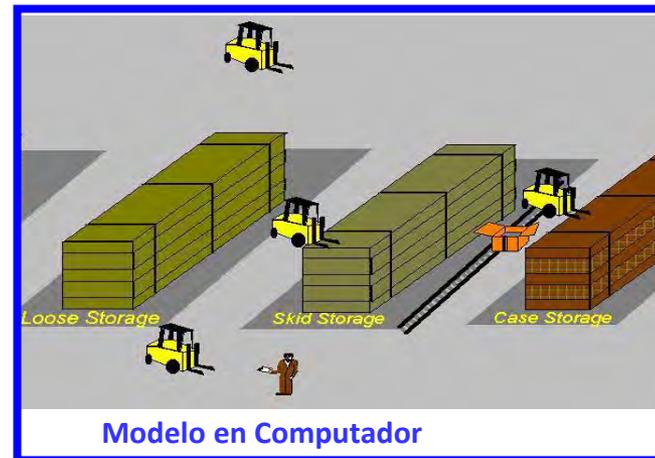
» **Nivel de servicio - porcentaje de satisfacción:** proporción de entidades que cumplen con un objetivo de servicio del total de entidades atendidas.

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{\text{Número de entidades que cumplen con el objetivo de servicio}}{\text{Número total de entidades atendidas}} \times 100\%$$

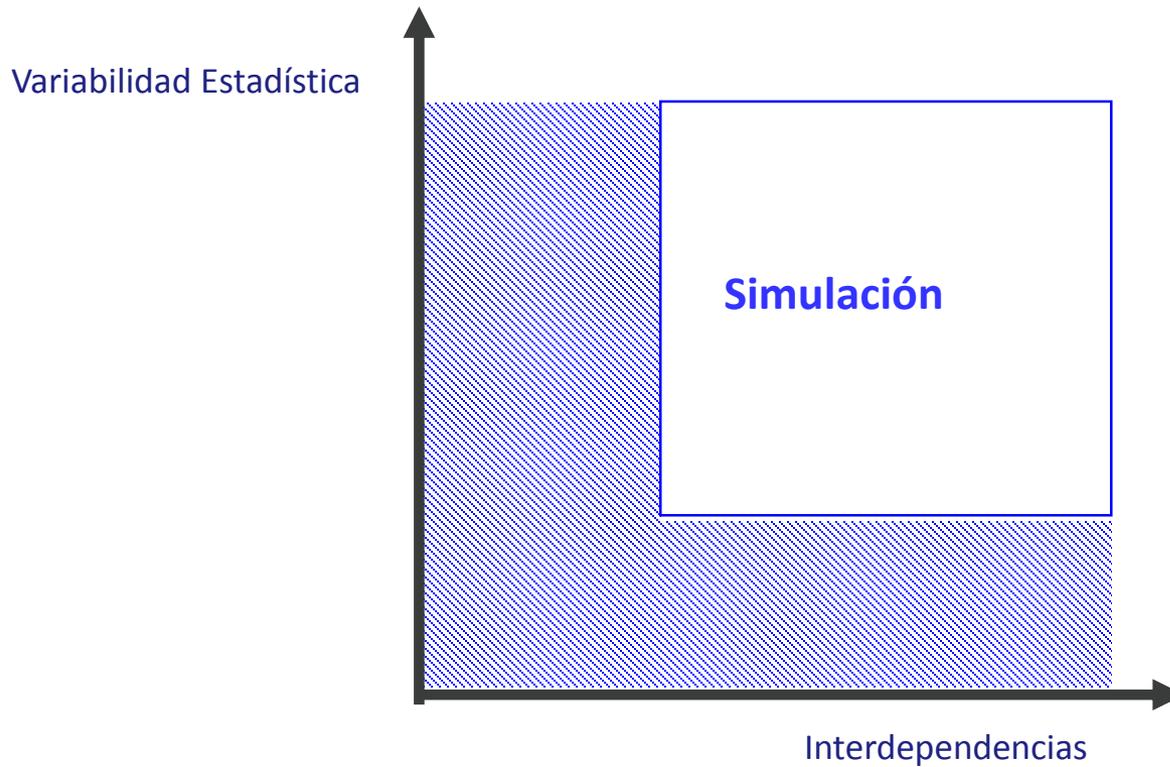
Tiempo Objetivo (minutos)	Número de Entidades que cumplen el tiempo objetivo	Número Total de Entidades	% Satisfacción
4	2	5	40%



- » *Técnica mediante la cual se construye un modelo en computador que representa un sistema real, el proceso de elaboración del modelo involucra un grado de abstracción y no necesariamente es una réplica exacta de la realidad, que permite entender la interacción de los componentes del sistema y evaluar diferentes alternativas.*



- » *Cuando existe un efecto combinado de variabilidad, incertidumbre y complejas interdependencias entre los elementos del sistema.*



» **Diseño y análisis de sistemas de manufactura y logística.**

- Control de producción, inventarios, capacidad, necesidad de equipos y/o recursos, diseño de procesos.
- Ej: líneas de producción, centros de distribución.

» **Diseño y análisis en empresas de servicios.**

- Atención de oficinas, puntos de pago, procesos de back office.
- Ej: almacenes, oficinas de atención al público (bancos, centros de reclamos).

» **Diseño de sistemas de comunicación.**

- Análisis de canales.
- Ej: Call Center.

» **Análisis de sistemas financieros y económicos.**

- Ej: líneas de crédito, transacciones de divisas.

» La simulación no permite

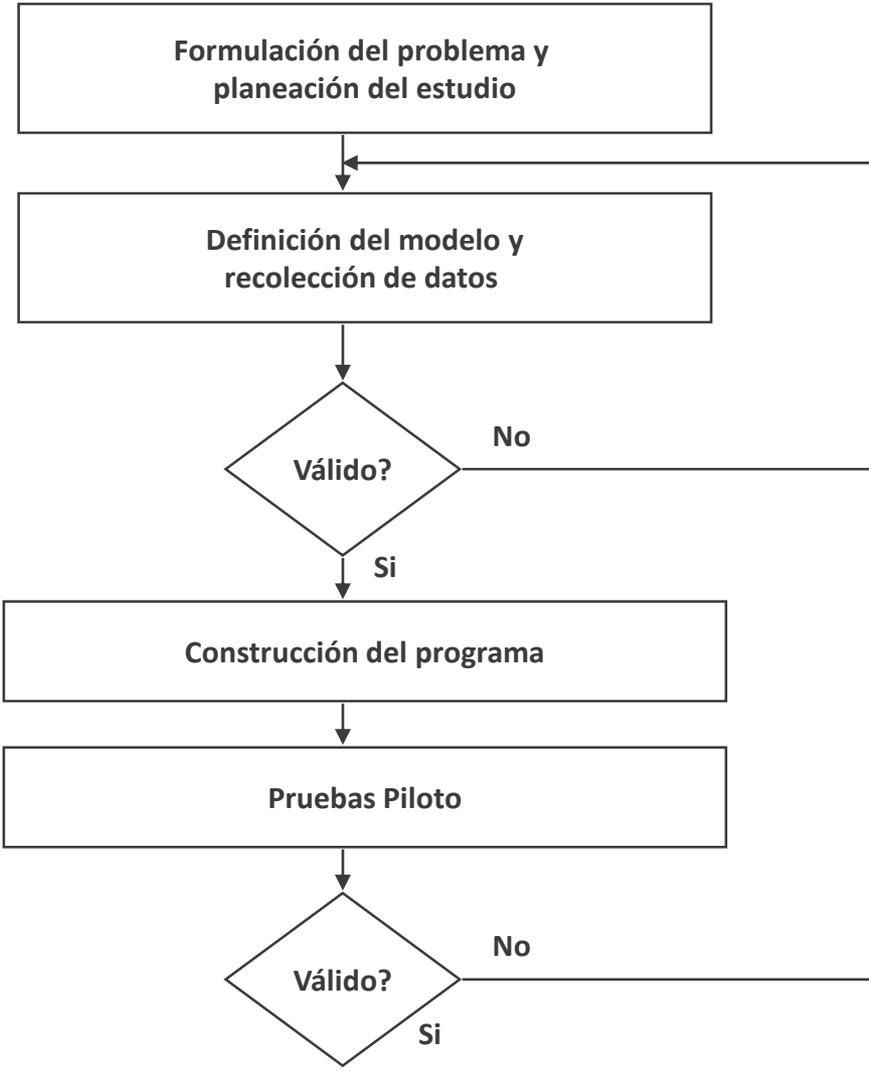
- Optimizar el desempeño de un sistema; sólo describe resultados de los experimentos propuestos.
- Resolver problemas o dar soluciones; sólo provee información para inferir alternativas de solución.
- Dar resultados exactos si los datos son inexactos: la calidad de los resultados esta sujeta a la calidad de la información suministrada.
- Describir características del sistema que no han sido explícitamente modeladas.
- Dar respuestas fáciles o soluciones exactas a problemas complejos.

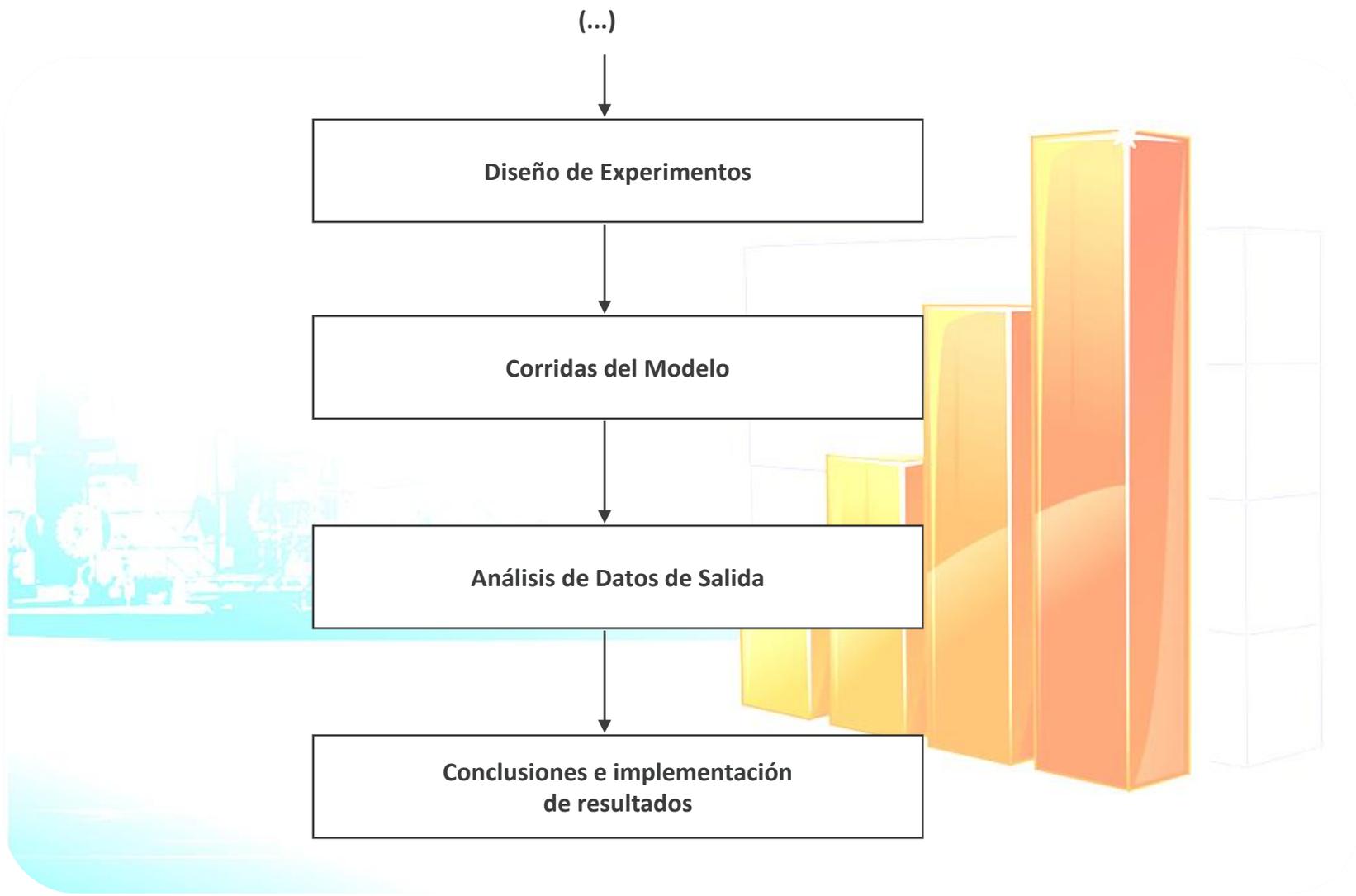
» Ejemplos que no se pueden modelar

- Embalses
 - Crecen (o disminuyen) permanentemente por el flujo de los ríos (consumo).
- Problemas organizacionales.
 - Sistemas con interdependencias y relaciones de estado.
- Procesos de manufactura químicos.
 - Eventos químicos como reacciones.

» Algunos de estos sistemas se pueden “discretizar” para modelarlos !!!!

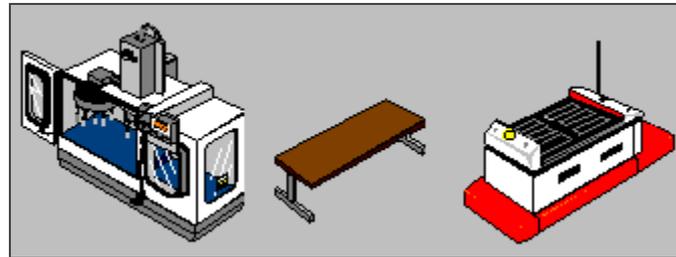
- Ej: Los procesos de manufactura química desde el punto de vista de producción industrial.



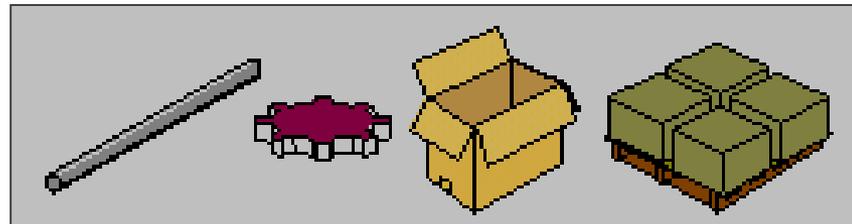
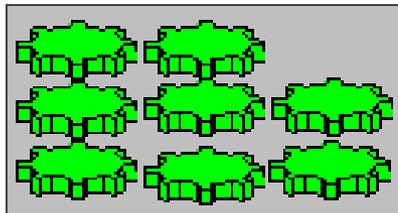


» **Para elaborar un modelo de estudio en ProModel es necesario definir los siguientes 4 elementos básicos.**

- **Locaciones :** lugares fijos en el sistema que corresponden a áreas donde se desarrollan procesos ó actividades que involucran toma de decisiones, maquinaria, cajeros, despacho o recepción de mercancías, etc.

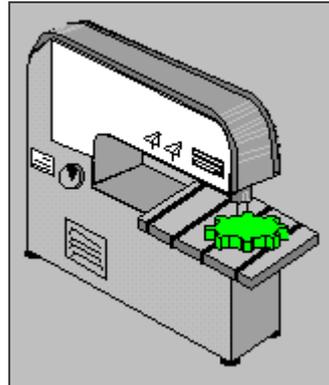


- **Entidades :** elementos que sufren transformaciones a lo largo de los diferentes procesos del sistema, piezas, cajas, pallets, personas, etc.

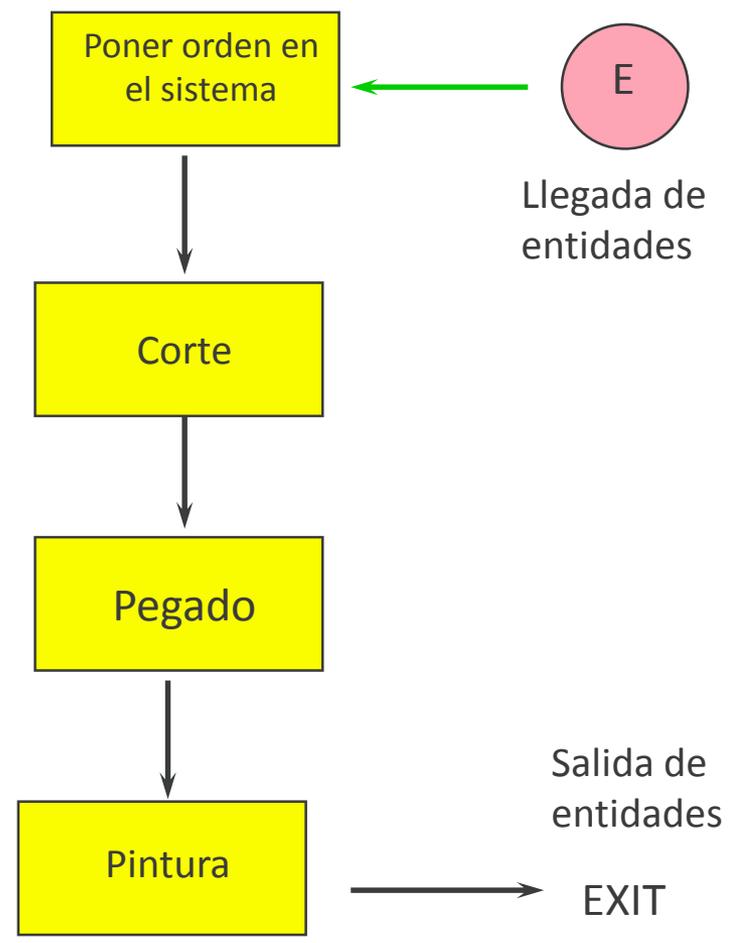
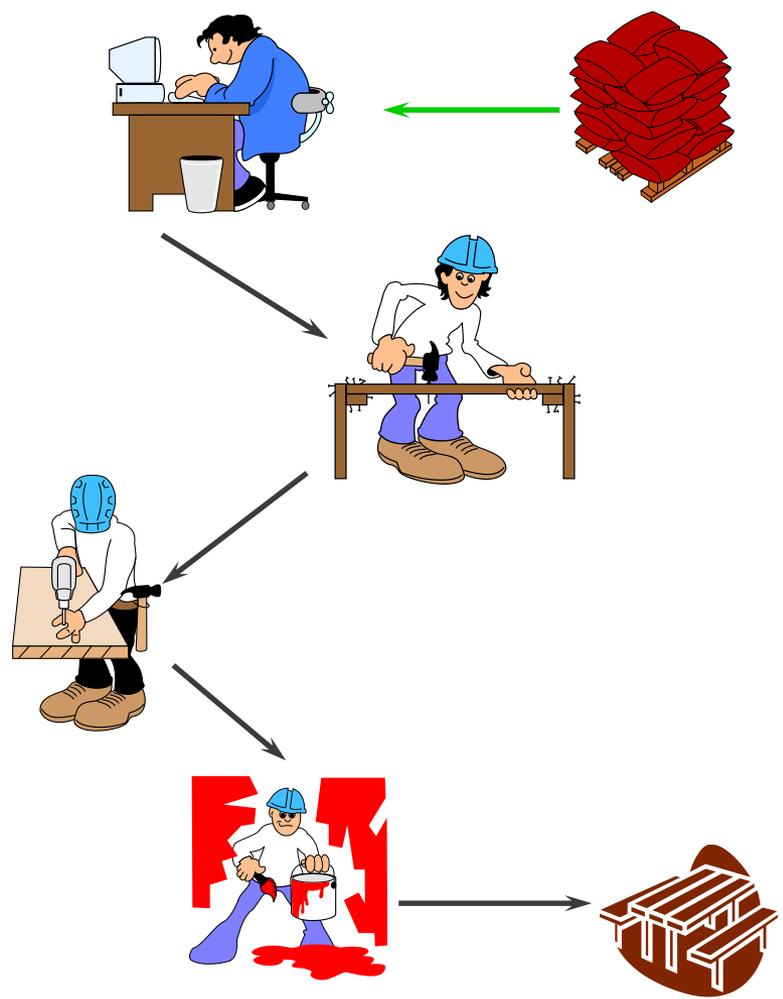


» **Para elaborar un modelo de estudio en ProModel es necesario definir los siguientes 4 elementos básicos.**

- **Procesos** : actividades que debe cumplir cada tipo de entidad en cada locación del sistema de acuerdo a una ruta específica, tornear, cortar, pegar, realizar consulta, girar cheque, empacar, etc.



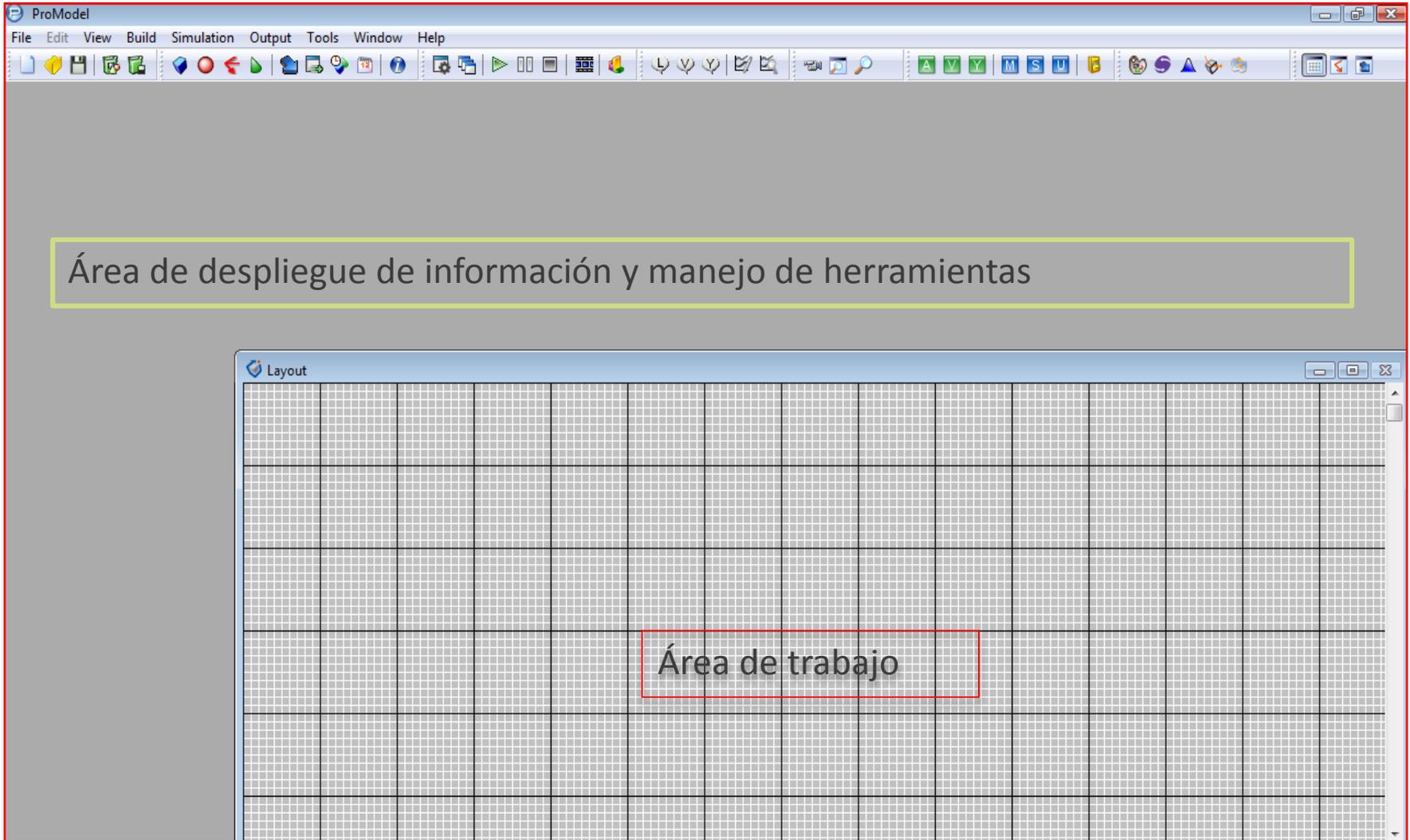
- **Arribos** : llegada de nuevas entidades al sistema.





Pasos para construir un modelo

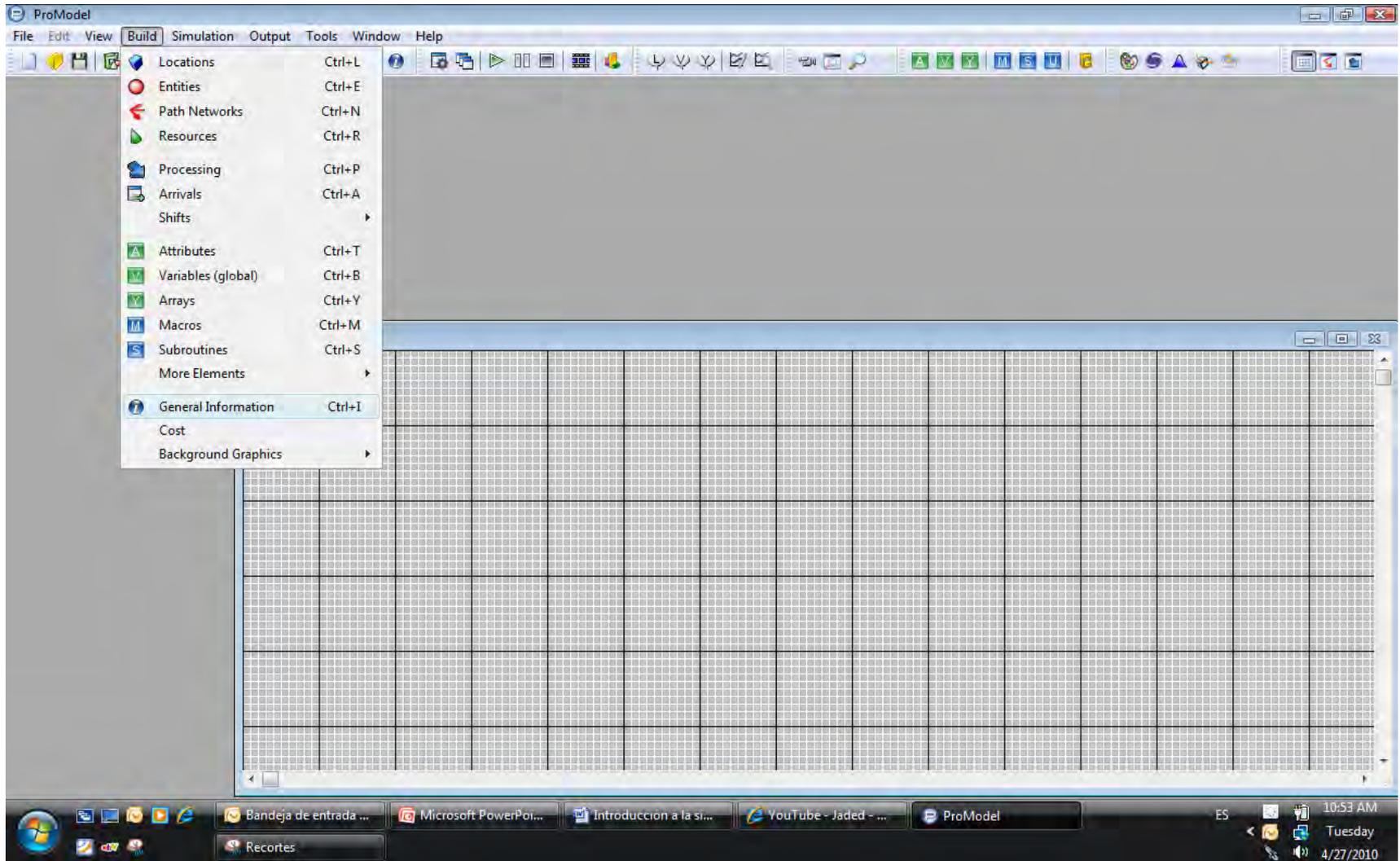
1. Pantalla de entrada a Promodel





Pasos para construir un modelo

2. Generar el espacio del modelo: Build General Information





Pasos para construir un modelo

Build General Information

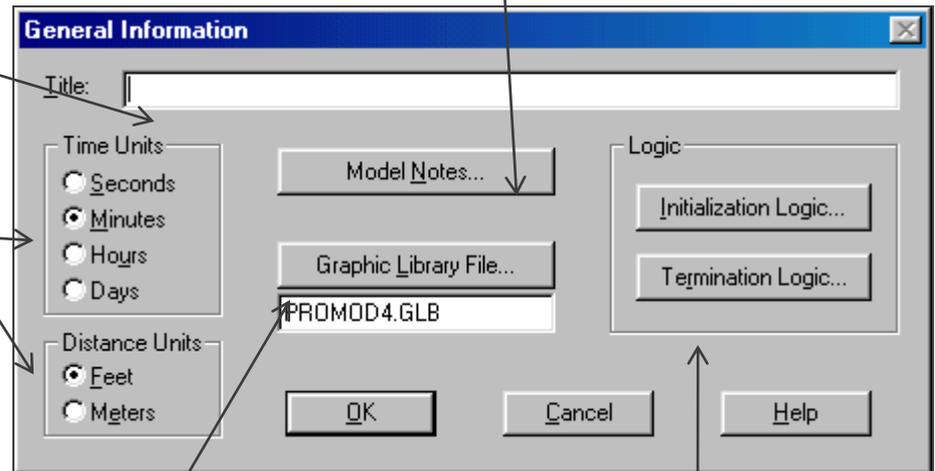
Title
Digitar un título que describa el modelo.

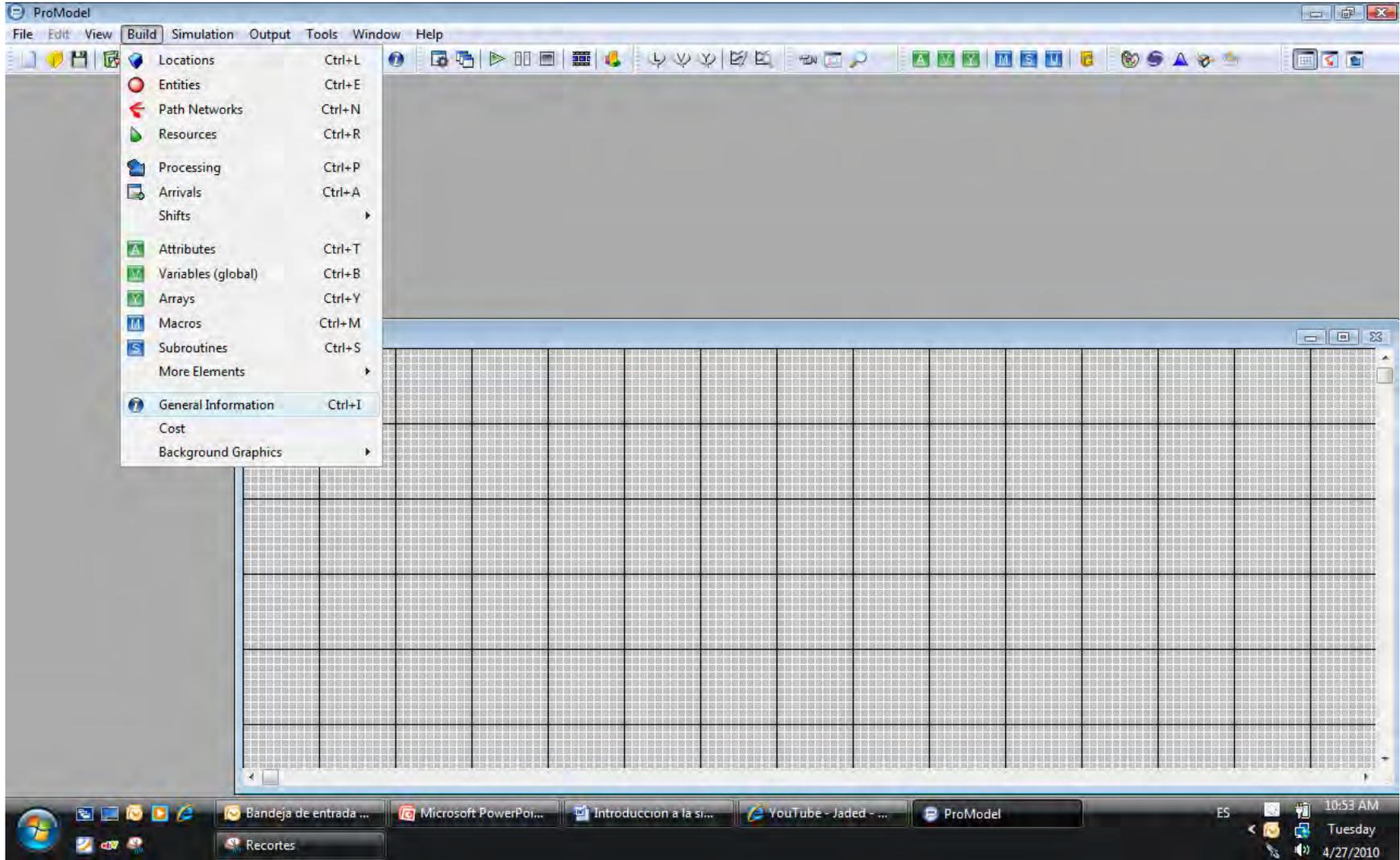
Model Notes ...
Descripción breve del modelo
(documentación)

Time / Distance Units
Definir las unidades del modelo
(tiempo y distancia)

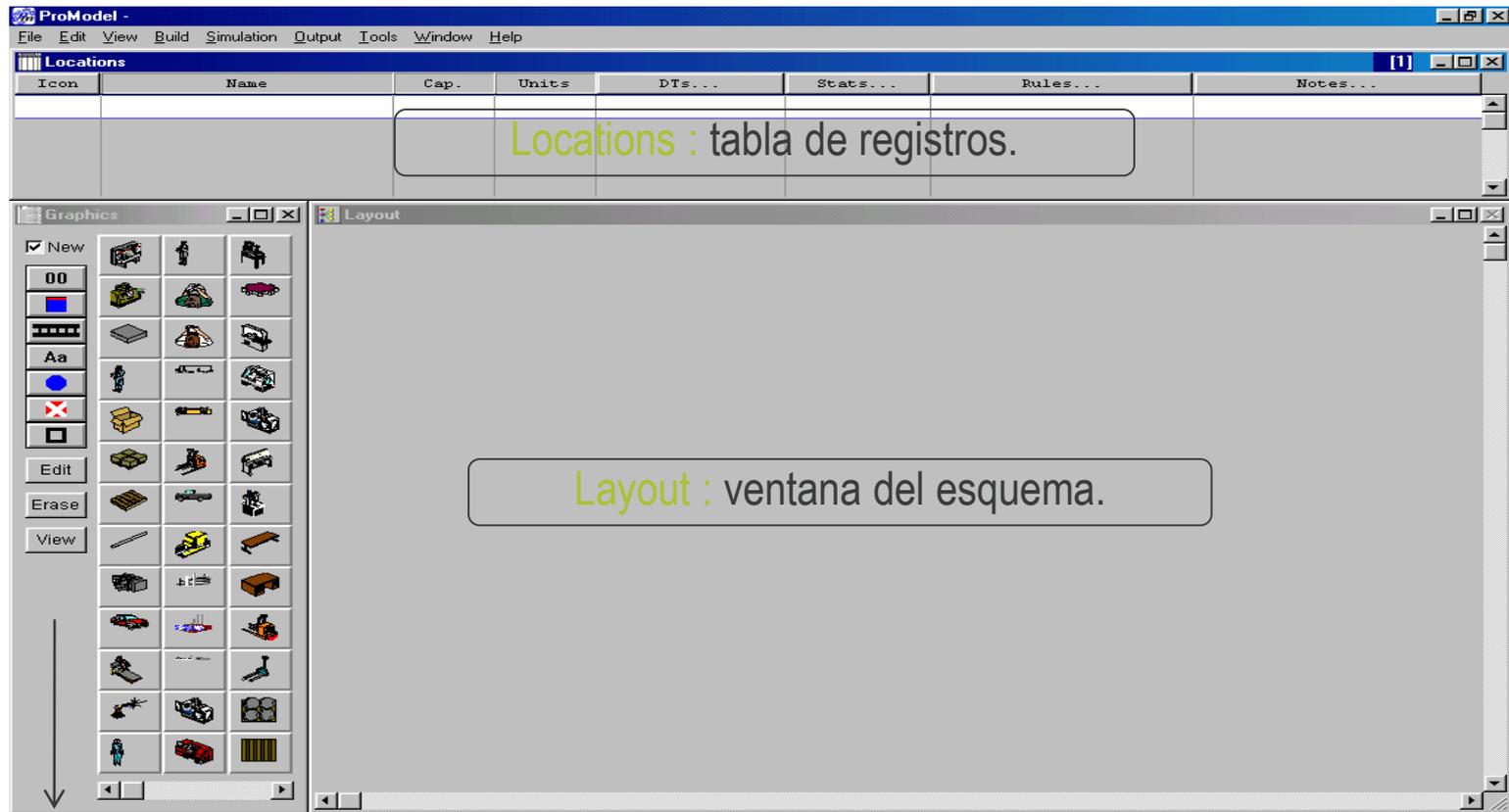
Graphic Library File ...
Definir la biblioteca de
gráficas(imágenes) a usar.

**Initialization / Termination
Logic**
Definir rutinas
para inicio o fin.
(opcional)



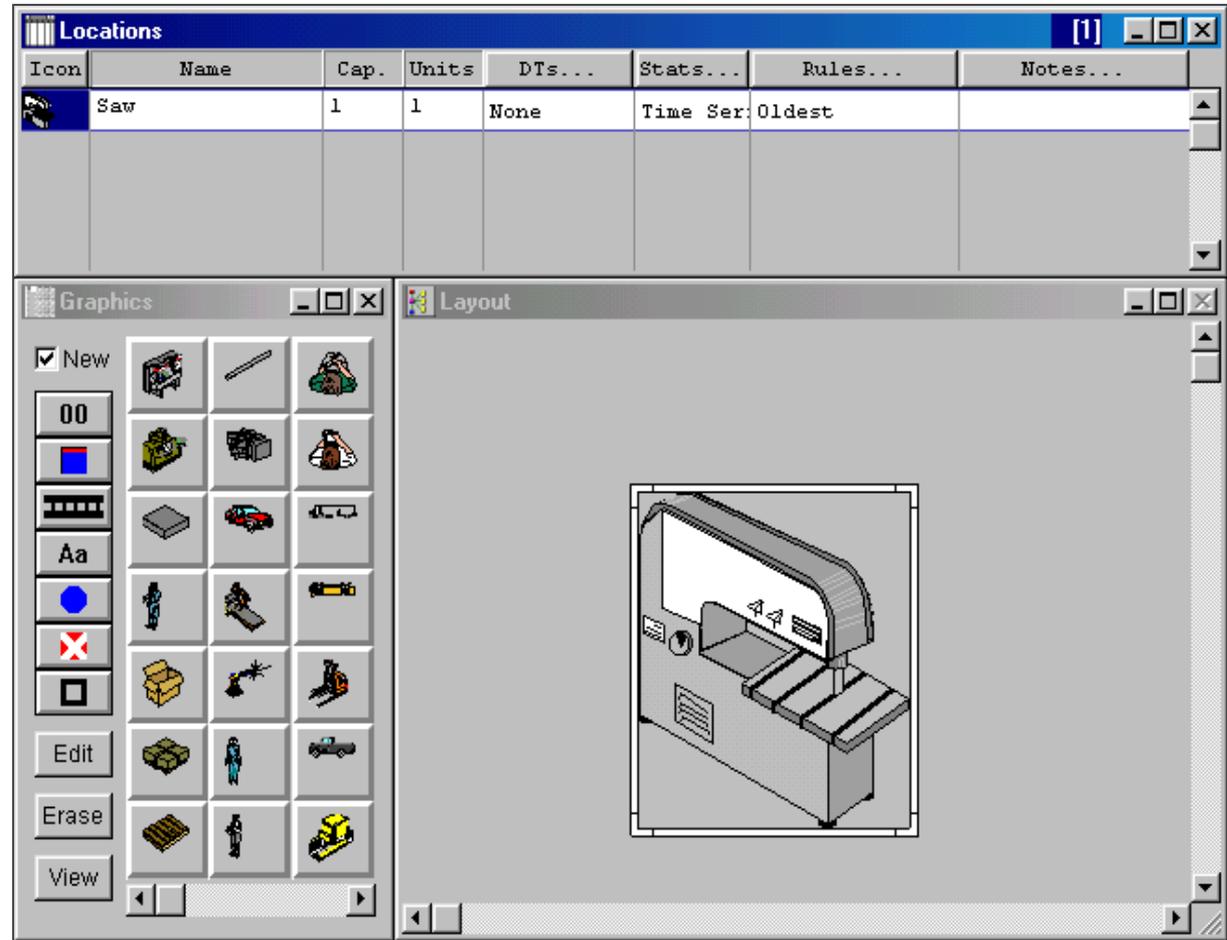


» Al ingresar al módulo de Locaciones se abren tres ventanas que aparecen simultáneamente en la pantalla:



Graphics : ventana de gráficas.

- » En la ventana de Gráficas, dar clic en la imagen que representará a la locación.
- » Mover el cursor a la ventana de Layout.
- » En la ventana de Layout, dar clic en donde se desea que se ubique la gráfica.
- » Se crea automáticamente el registro en la ventana Locations.
- » El registro puede editarse.



Icon

Gráfica o imagen de representación utilizada

Name

Nombre de la locación

Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats...	Rules...	Notes...
	Saw	1	1	None	Time Ser: Oldest		

Cap

Número de entidades que puede servir o atender (capacidad)

Units

Número de unidades iguales a esta locación disponibles

Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats...	Rules...	Notes...
	Saw	1	1	None	Time Ser:	Oldest	

- Clock...
- Entry...
- Usage...
- Setup...

DTs...
 Definición de paradas de la locación por: reloj, número de entradas, uso y configuración.

- None
- Basic
- Time Series
- Cancel

Stats
 Estadísticas que se quieran registrar de la locación: ninguna, básicas, series de tiempo.

Decision Rules for Saw

<p>Selecting Incoming Entities</p> <p><input checked="" type="radio"/> Oldest by Priority</p> <p><input type="radio"/> Random</p> <p><input type="radio"/> Least Available Capacity</p> <p><input type="radio"/> Last Selected Location</p> <p><input type="radio"/> Highest Attribute Value</p> <p><input type="radio"/> Lowest Attribute Value</p> <p>Attributes: <input type="text"/></p>	<p>Queuing for Output</p> <p><input checked="" type="radio"/> No Queuing</p> <p><input type="radio"/> First In, First Out (FIFO)</p> <p><input type="radio"/> Last In, First Out (LIFO)</p> <p><input type="radio"/> By Type</p> <p><input type="radio"/> Highest Attribute Value</p> <p><input type="radio"/> Lowest Attribute Value</p> <p>Attributes: <input type="text"/></p>	<p>Selecting a Unit</p> <p><input type="radio"/> First Available</p> <p><input type="radio"/> By Turn</p> <p><input type="radio"/> Most Available Capacity</p> <p><input type="radio"/> Fewest Entries</p> <p><input type="radio"/> Random</p> <p><input type="radio"/> Longest Empty</p>
--	---	---

Rules
 Reglas de operación: selección de entidades que entran y salen de la locación.

- » **Locaciones Multi-Unidad:** se crean locaciones “hijas”, todas con las mismas características, pero no se puede enviar a una unidad específica, se repartirán las entidades según la regla de entrada a la locación.

ProModel - Mod2.MOD (Modelo 2 de Entrenamiento)

File Edit View Build Simulation Output Tools Window Help

Locations [5]

Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats...	Rules...	Notes...
	horno	10	2				
	horno.1	10	1	None	Time Seri	Oldest	
	horno.2	10	1	None	Time Seri	Oldest	

Graphics

Layout

MODELO 2
Modelo Ejemplo

entrada tarimas

salida tarimas

horno

horno

horno

000000 Inventario en Proceso

000000 Piezas Rechazadas

000000 Piezas Terminadas



Pasos para construir un modelo

Ventana de gráficas de locaciones

Botón NEW (Nuevo)

contador

calibrador

texto

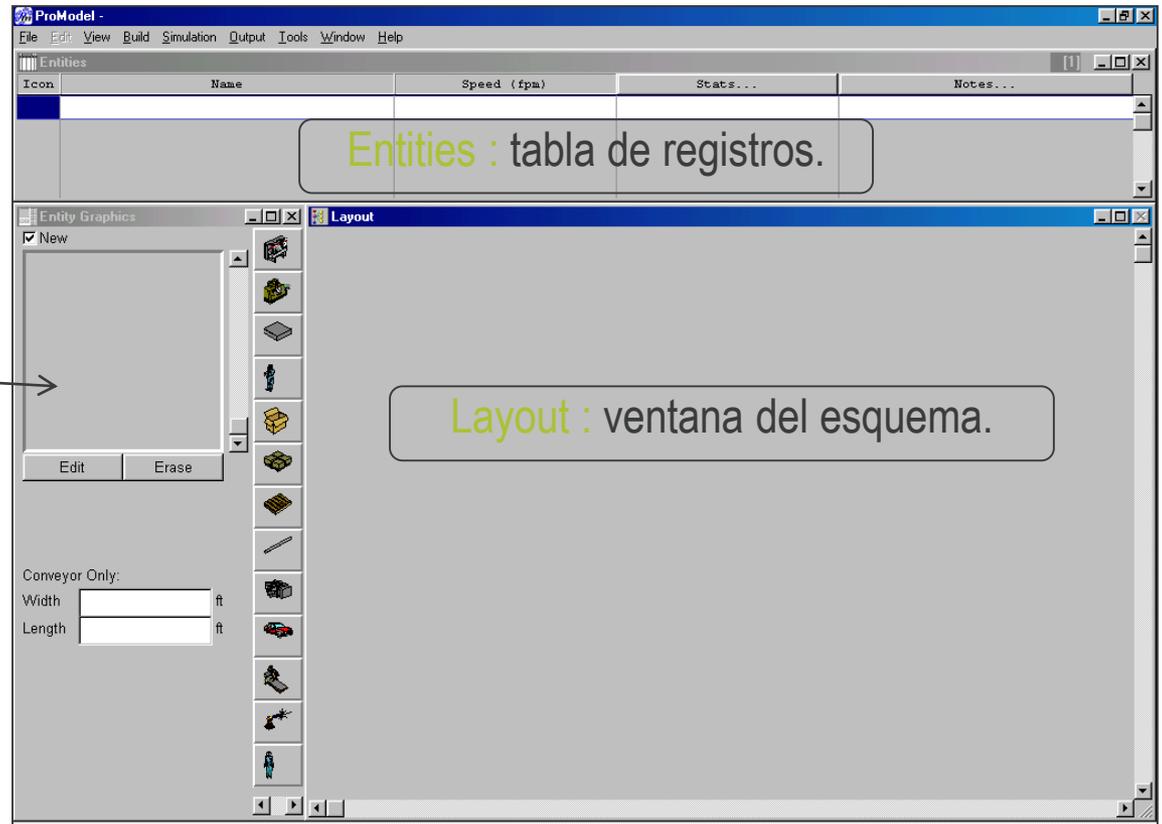
luz de estado

lugar de entidad

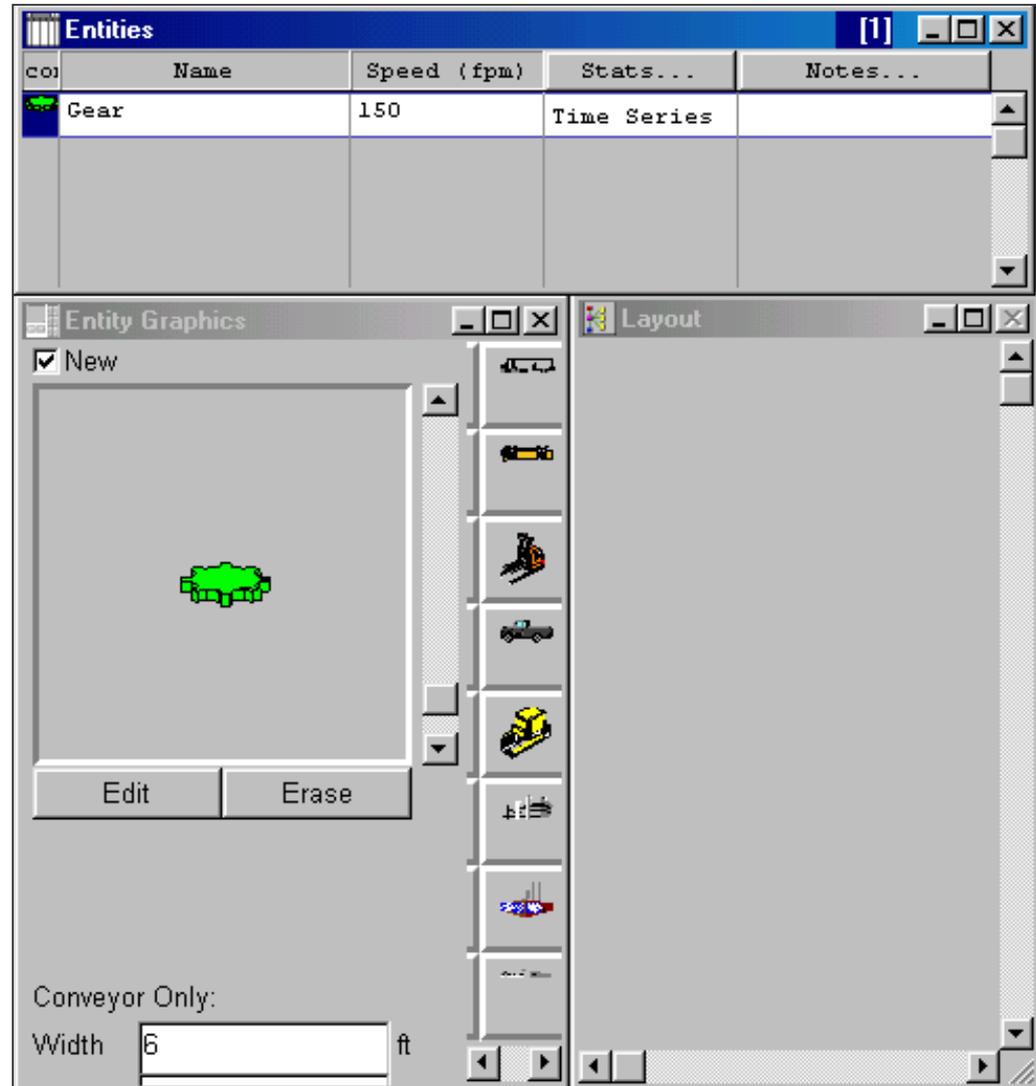
región

Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats...	Rules...	Notes...
	Centro_torno	100	1				

» Al ingresar al módulo de Entidades se abren tres ventanas que aparecen simultáneamente en la pantalla:



- » En la ventana de Gráficas, dar clic en la gráfica que representará a la entidad.
- » Se crea automáticamente el registro en la ventana Entities.
- » El registro de la entidad puede ser editado.



The screenshot displays two windows from a simulation software. The top window, titled 'Entities', contains a table with the following data:

col	Name	Speed (fpm)	Stats...	Notes...
	Gear	150	Time Series	

The bottom window, titled 'Entity Graphics', shows a central workspace with a green gear icon. To the right is a vertical toolbar with various icons representing different entities. Below the workspace are 'Edit' and 'Erase' buttons. At the bottom left, there is a section labeled 'Conveyor Only:' with a 'Width' input field containing the value '6' and the unit 'ft'.

Icon
Gráfica o imagen de representación utilizada

Name
Nombre de la Entidad

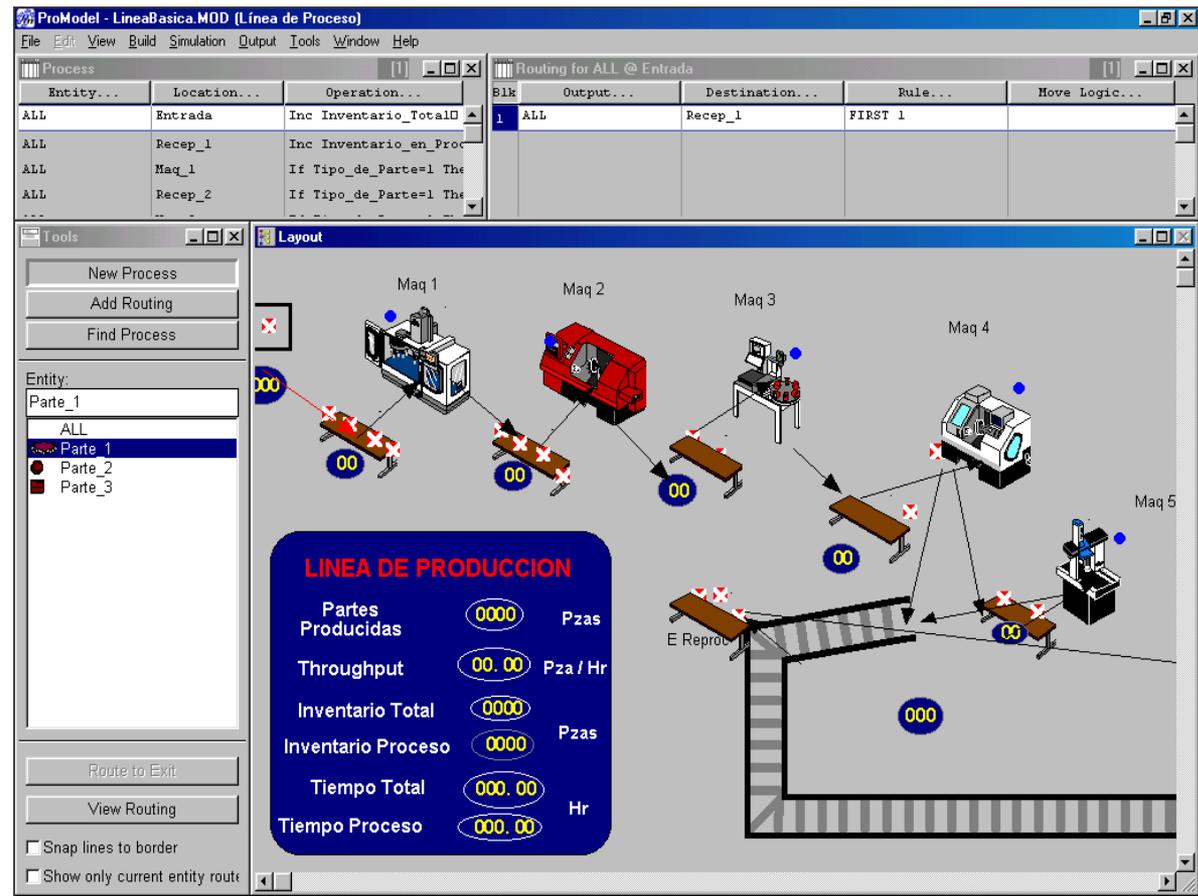
Icon	Name	Speed (fpm)	Stats...	Notes...
	Gear	150	Time Series	

Speed (---)
Velocidad de movimiento de la entidad en el sistema, de acuerdo a unidades de tiempo y distancia definidas.

- None
- Basic
- Time Series
- Cancel

Stats
Estadísticas que se quieren registrar de la locación: ninguna, básicas, series de tiempo.

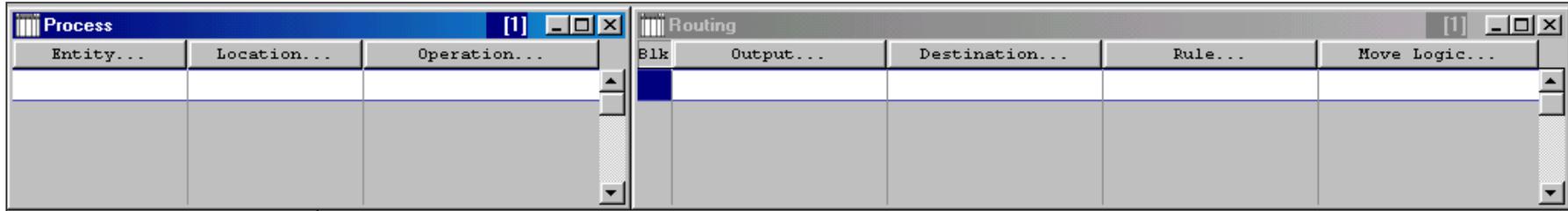
- » La lógica de Proceso define la operación y las rutas para cada tipo de entidad en cada locación en el sistema.
- » Cada vez que una ruta es definida para cada entidad, una flecha aparece en la ventana de Layout mostrando gráficamente dicha ruta.
- » A una locación pueden ingresar o salir varias rutas.



The screenshot displays the ProModel software interface for 'LineaBasica.MOD (Línea de Proceso)'. It is divided into several panels:

- Process Table:** A table with columns 'Entity...', 'Location...', and 'Operation...'. It lists operations for 'ALL' entities at various locations like 'Entrada', 'Recep_1', 'Maq_1', and 'Recep_2'.
- Routing Table:** A table with columns 'Blk', 'Output...', 'Destination...', 'Rule...', and 'Move Logic...'. It shows a routing rule for 'ALL' from 'Entrada' to 'Recep_1' with the rule 'FIRST 1'.
- Tools Panel:** Contains buttons for 'New Process', 'Add Routing', and 'Find Process'. Below it is an 'Entity:' dropdown set to 'Parte_1' and a list of entities: 'ALL', 'Parte_1', 'Parte_2', and 'Parte_3'.
- Layout Panel:** A 3D visualization of a production line with five machines (Maq 1 to Maq 5) and conveyor belts. Red arrows indicate the flow of parts between machines. A blue box in the center displays production statistics.
- Statistics Panel (LINEA DE PRODUCCION):**

Partes Producidas	0000	Pzas
Throughput	00.00	Pza / Hr
Inventario Total	0000	Pzas
Inventario Proceso	0000	Pzas
Tiempo Total	000.00	Hr
Tiempo Proceso	000.00	Hr



» **En la ventana Process:**

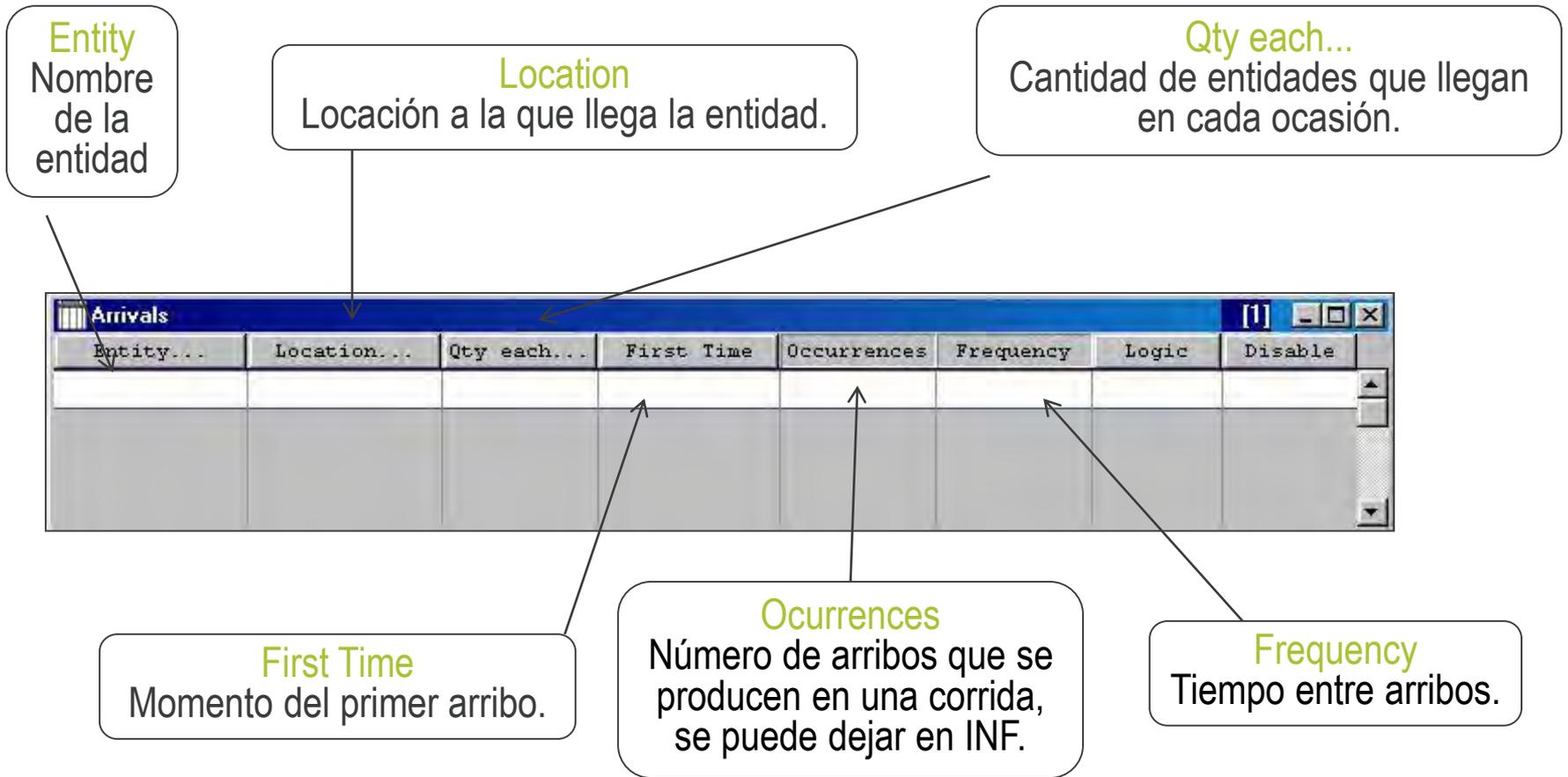
- Seleccionar la entidad (Entity...) que se va a procesar y locación (Location...) donde se va a realizar la operación.
- Definir la operación (Operation...) usando los comandos predefinidos de ProModel.

» **En la ventana Routing:**

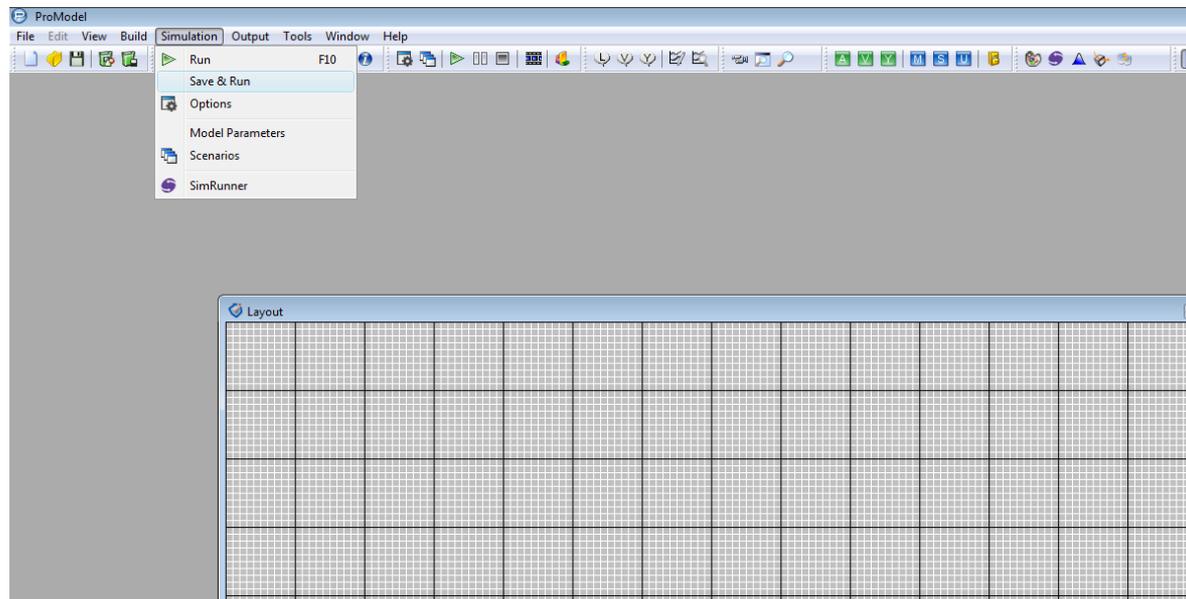
- Seleccionar la entidad transformada que sale de la locación (Output...) y la locación siguiente de la ruta de proceso (Destination...).
- Definir la regla (Rule...) de enrutamiento.
- Definir la lógica de movimiento (Move Logic).

» **Cada registro en la ventana Process tiene asociada UNA ventana Routing.**

» Los arribos determinan la manera como llegan las entidades al sistema.



- » Esta opción permite al usuario guardar el modelo y luego ejecutarlo hasta que se acaben las entidades o hasta cumplir el número de horas definido en: **Simulation** → **Options** opción **Run Hours**.



- » Al finalizar la simulación, ProModel preguntará si se desean recolectar estadísticas y observarlas, se debe responder afirmativamente a ambas preguntas para entrar al módulo de resultados.



- » *Ventana de diálogo de Opciones (Options)*
- » *F12 para grabar el modelo*
- » *F10 para ejecutar el modelo*
- » *Simulation/Run*
- » *Simulation/Save and Run*

Simulation Options

Output Path: c:\promod4\output

Define Run Length by Date

Run Hours: 2

Warmup Hours:

Clock Precision: 0.001

Second
 Minute
 Hour

Output Reporting

Standard Batch Mean Periodic

Interval Length:

Number of Replications: 1

Disable Time Series
 Disable Animation
 Disable Cost
 Pause at Start
 Display Notes

Run OK Cancel Help

- » ***Una subrutina es un comando definido por el usuario que puede ser llamada dentro de la programación para desarrollar un bloque lógico y opcionalmente retornar un valor. Las subrutinas pueden tener parámetros que actúan como variables locales dentro de la subrutina y recibir argumentos que son pasados a la subrutina.***

- » ***Nótese que las subrutinas pueden utilizarse para reemplazar parte de un código de la programación que se repita muchas veces, con el fin de resumir el código y tener un mayor control de la programación realizada.***

- » ***Para definir la subrutina acceda al menu “Build” →Subrutinas.***
 - ID: nombre con el que será llamada la subrutina en la programación.
 - Type: Tipo de valor numérico que va a retornar la subrutina. Si no retorna valor use None; use “Real” o “Integer” si retorna un valor numérico; “Interactive” para ser modificadas durante el tiempo de corrida.
 - Parameters: Listado de los argumentos pasados a la subrutina especificando nombre y tipo a cada uno.
 - Logic: código que se ejecuta cada vez que la subrutina es llamada. Si la subrutina retorna algún valor, debe utilizar el comando RETURN.



Tipo de retorno

ID	Type	Parameters...	Logic...
TiServicio	None	None	If Servicio = 1 Then WAIT 7.74+W

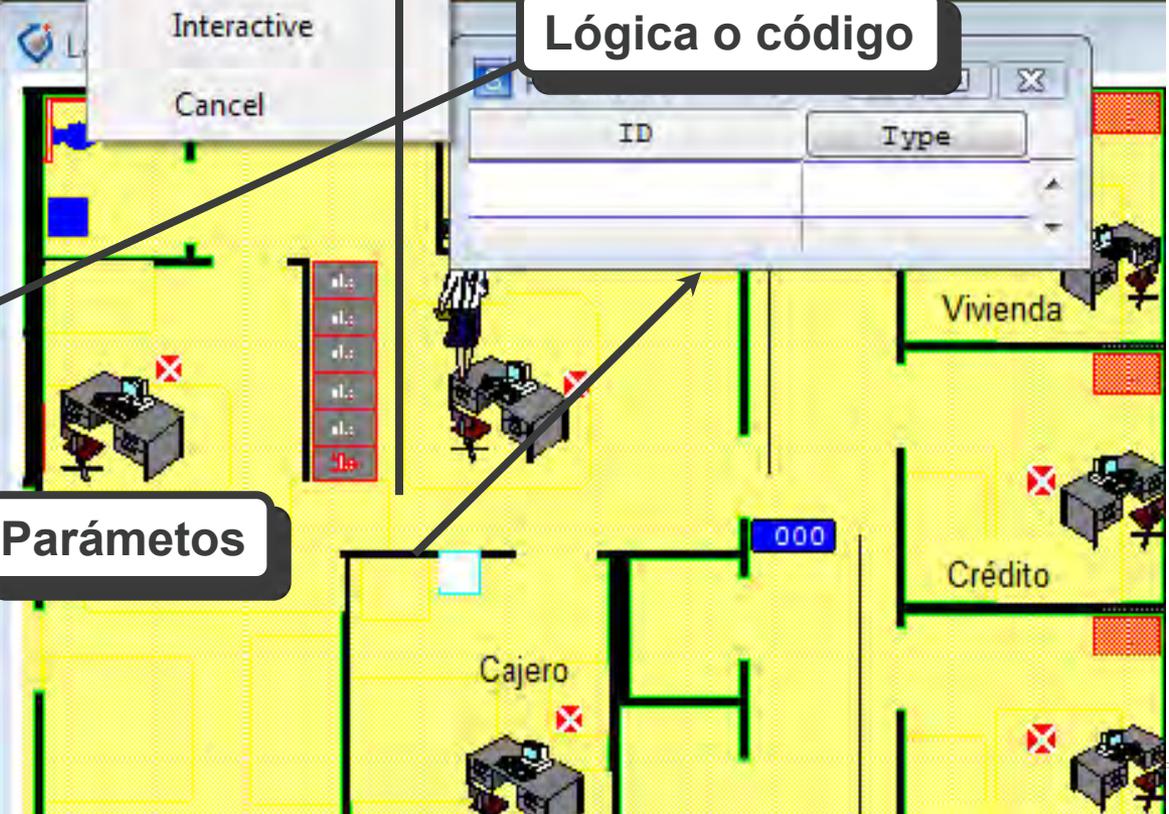
Nombre de la Subrutina

- None
- Integer
- Real
- Interactive
- Cancel

Lógica o código

```
If Servicio = 1 Then  
WAIT 7.74+W(3.44, 11.1) Min  
If Servicio = 2 Then  
WAIT 15.+E(2.62) Min  
If Servicio = 3 Then  
WAIT B(4.43, 2.29, 3.17, 14.2) Min
```

Parámetros





Entity...	Location...	Operation...
Cliente	AreaEspera	GRAPHIC 2
Cliente	Auditoria	FREE SecretariaTiServicio()
Cliente	Prestamos	GRAPHIC 2
Cliente	Servicios	GRAPHIC 2

Blk	Output...	Des
1	Cliente	Salida
	Cliente	AreaEspe

Tools

New Process

Add Routing

Find Process

Entity:

Cliente

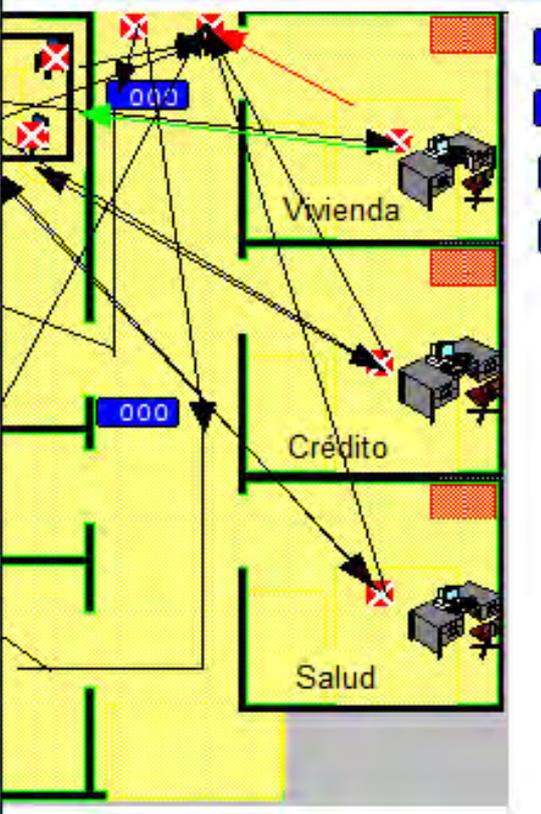
ALL

Cliente

Operation

```
GRAPHIC 2  
WAIT N(0.5, 0.1) Min  
FREE Secretaria  
TiServicio()
```

Uso de subrutina



- » *Los sistemas no terminales son aquellos que continúan operando mientras se espere que sigan llegando entidades.*
- » *Las simulaciones no terminales necesitan un período de estabilización para superar el período donde la simulación pasa a estado estable.*
- » *Se utilizan los sistemas no terminales cuando se quiere observar un sistema en su estado estable. Ejemplos:*
 - Procesos de producción continuos.
 - Procesos de distribución 24 hr.

- » *Los sistemas terminales son aquellos cuyo estado natural es comenzar el día de trabajo en condición vacía, obtener y procesar trabajo durante el curso del día y después completar o abandonar el trabajo al final del día, de manera que al siguiente día comience también en estado vacío.*

- » *Se usan los sistemas terminales cuando se desea ver el comportamiento del sistema en un período particular de tiempo.*

- » *La simulación terminal no necesita un período de estabilización pero sí necesita múltiples réplicas y diferentes semillas para las distribuciones. Ejemplos:*
 - Oficinas bancarias o de servicio.
 - Tiendas de servicio.
 - Centros de distribución no 24 hr.

» ***Para la simulación terminal es importante determinar:***

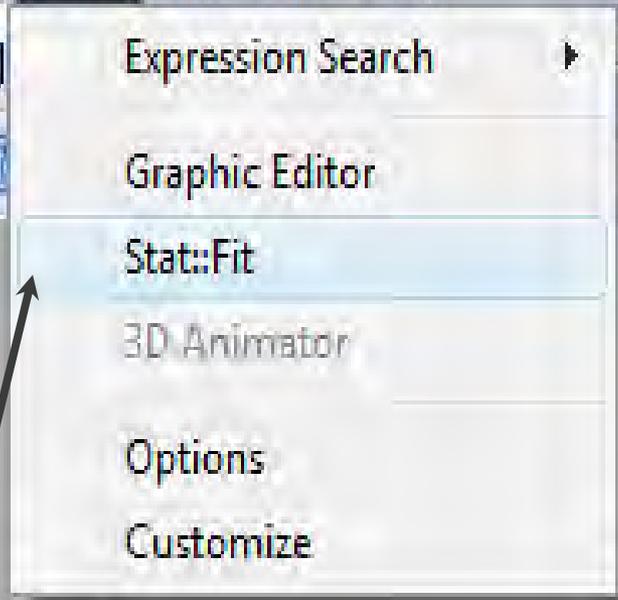
- ¿Cuál debe ser el estado inicial del sistema?
- ¿Cuál es el tiempo o evento de terminación?
- ¿Cuál es el número de réplicas a correr?, éstas se determinan dependiendo de la precisión requerida en los resultados del modelo.

» ***Las réplicas determinan el tamaño de la “muestra” que se utilizará para inferir las estadísticas de resultados del modelo de simulación.***

» ***A mayor número de réplicas mayor precisión, pero se debe tener en cuenta que un número muy grande de réplicas demora la simulación y puede no hacer mucha diferencia en la precisión deseada.***

» ***Forma para determinar el número de réplicas a correr:***

- StatFit



Replicas con Stat::Fit del menú "Tools"





Document1: Data Table

Intervals: 1 Points: 0

Replications

Estimate

Replications
 Confidence Interval

Confidence Level: 0.95

Parameter Variation

Range
 Standard Deviation

Minimum: 20
Maximum: 120

Replications: 33
Range For Estimate: 12

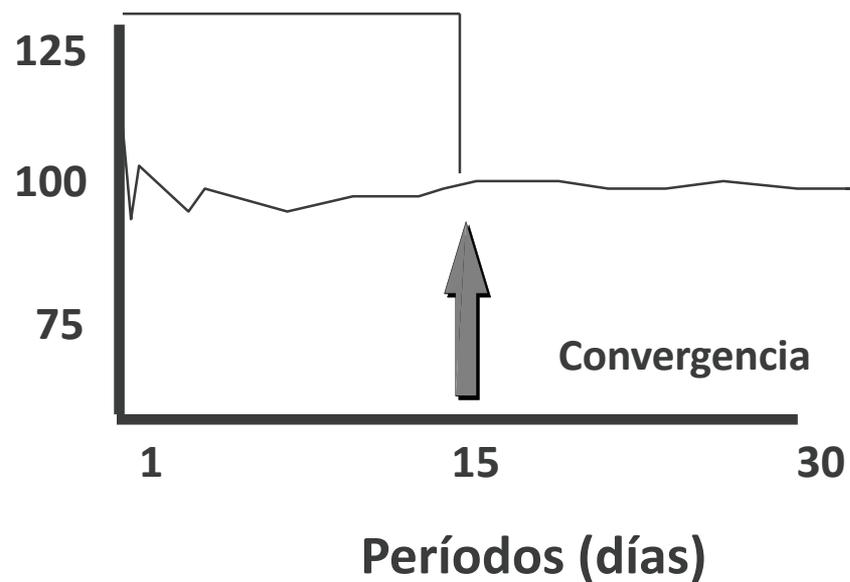
Calculate Cancel Help

Usar el menú "Utilities"
– "Replications" y
completar la
información, como se
hizo en el ejemplo
anterior

Número de réplicas

» **Para los sistemas no terminales es necesario determinar adecuadamente:**

- Período de calentamiento o estabilización,
- Seleccionar la forma para obtener observaciones de muestra: por baches o por réplicas.
- Determinar la longitud de la corrida.

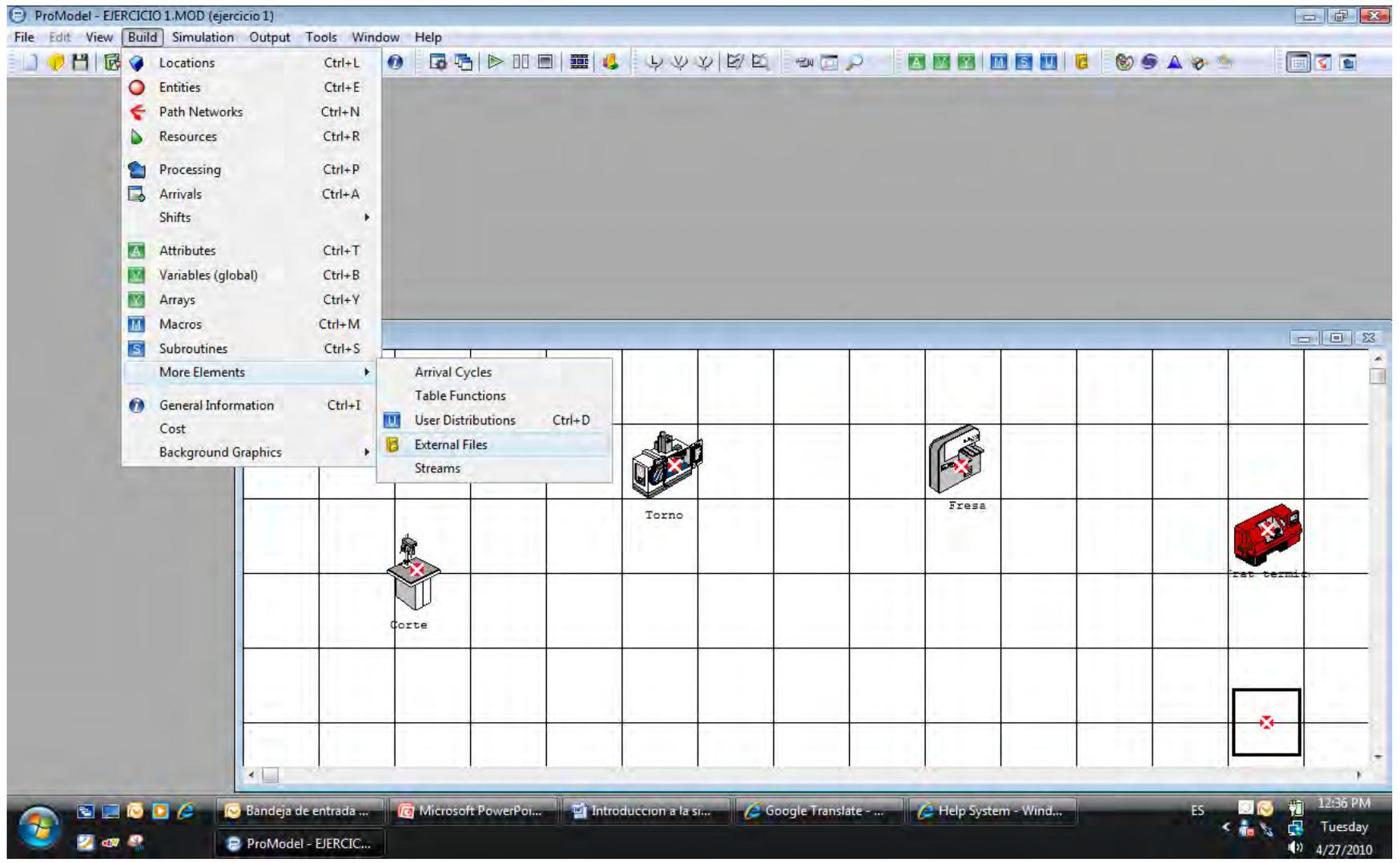


ANEXO

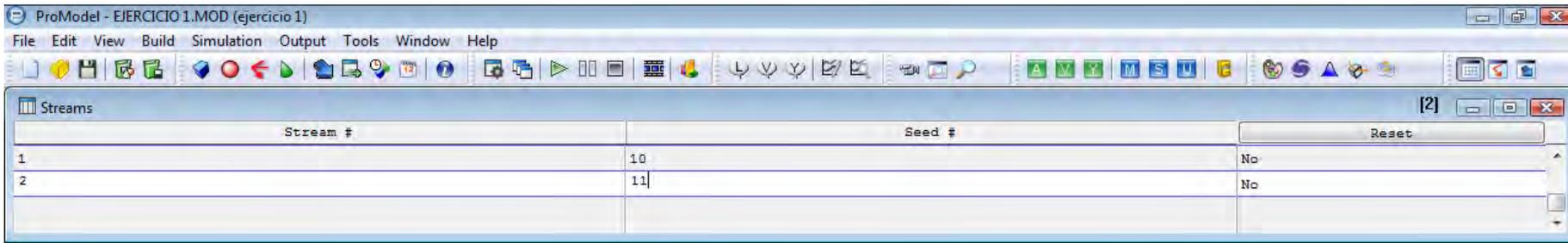


Decisiones
Logísticas

- » *En ProModel las funciones de probabilidad tienen la opción de definir una semilla dentro de sus parámetros. Las distribuciones generan números aleatorios entre 0 y 1 que son usados para la distribución específica.*
- » *El valor inicial con el que se inicia esta generación de números es la semilla. ProModel genera para cada semilla (de 1-100) un grupo de números aleatorios (>100.000) que no se traslapa con otra semilla.*
- » *Esto permite que en cada función de probabilidad se genere un grupo diferente de números aleatorios y que éstos se recalculen con cada réplica del modelo.*



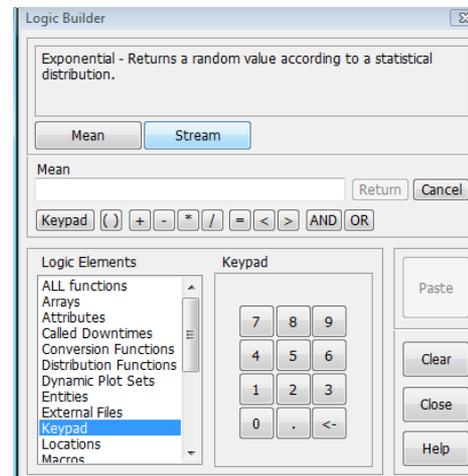
- » Se debe crear la semilla, asignándole un identificador a través del cual será llamada en la función de distribución, podrá elegir si inicializar la semilla cada vez que hay una repetición para analizar varios comportamientos.



The screenshot shows the ProModel software interface with the 'Streams' table open. The table has three columns: 'Stream #', 'Seed #', and 'Reset'. There are two rows of data.

Stream #	Seed #	Reset
1	10	No
2	11	No

- » Durante la construcción de la función podrá elegir el stream a utilizar.



» **IF THEN ELSE**

- Sintaxis: If Var = 1 Then

- Begin

- WAIT 1 HR

- Route 1

- End

- ELSE

- Begin

- Route 2

- End

- Ejecuta los comandos si la condición se cumple

» **GOTO**

- Sintaxis: GOTO Label1

- Salta a la línea donde se encuentre la marquilla determinada

» **WHILE DO**

- Sintaxis: WHILE Var 1 < 10 DO

- Begin

- Arreglo[Var1] = 0

- INC Var 1, 1

- End

- Repite comandos continuamente mientras la condición sea verdadera.

» **DO UNTIL**

- Sintaxis: DO

- Begin

- INC Var2, 5

- WAIT 5 sec

- End

- UNTIL FreeCap(Loc1) > 5

» *Funciones del sistema*

- Del sistema general: Información sobre la simulación
- CLOCK(HR) → Devuelve el tiempo transcurrido de simulación en las unidades de tiempo definidas (Hr, Min, Día, Semana, etc.)
- CALDAY() → Devuelve el día calendario de la semana correspondiente

- Relacionadas con las locaciones
- CAP(Location) → Devuelve la capacidad definida para la locación seleccionada
- CONTENTS(Location, Entity) → Devuelve el número de entidades en la locación seleccionada o el número de cierto tipo de entidades en especial.
- ENTRIES(Location) → Devuelve el número de entradas en una locación.



- `FREECAP(Location)` → Devuelve la capacidad disponible en una locación.
- `LOCSTATE(Location)` → Devuelve un entero que representa el estado de la locación según lo especificado en ProModel (1 = libre, 2 = en uso, 3 = bloqueado ... ver doc.)

- Relacionados con entidades o recursos
- `ENTITY()` → Devuelve el nombre de la entidad
- `RESOURCE()` → Devuelve el nombre del recurso que está siendo utilizado

- Matemáticas
- `EXP(valor)` → Devuelve el exponencial de una expresión.
- `LN(valor)` → Devuelve el logaritmo natural de una expresión.

- RAND(valor) → Devuelve un número aleatorio entre 0 y el valor especificado.
- SQRT(valor) → Devuelve la raíz del número especificado

Funciones de distribución

Distribution	Syntax	Individual Components
Beta	B(a,b,c,d,{<s>})	a=shape value 1, b=shape value 2, c=lower boundary, d=upper boundary
Binomial	Bl(a,b,{<s>})	a=batch size, b=probability of "success"
Erlang	ER(a,b,{<s>})	a=mean value, b=parameter
Exponential	E(a,{<s>},{<ax>})	a=mean
Gamma	G(a,b,{<s>},{<ax>})	a=shape value, b=scale value
Geometric	GEO(a,{<s>})	a=probability of "success"
Inverse Gaussian	IG(a,b,{<s>},{<ax>})	a=shape value, b=scale value
Lognormal	L(a,b,{<s>},{<ax>})	a=mean, b=standard deviation
Normal	N(a,b,{<s>})	a=mean, b=standard deviation
Pearson5	P5(a,b,{<s>},{<ax>})	a=shape value, b=scale value
Pearson6	P6(a,b,c,{<s>},{<ax>})	a=shape value 1, b=shape value 2, c=scale value
Poisson	P(a,{<s>})	a=quantity
Triangular	T(a,b,c,{<s>})	a=minimum, b=mode, c=maximum
Uniform	U(a,b,{<s>})	a=mean, b=half range,
User-defined	<name>({<s>})	Name of a user-defined distribution as defined in the User Distribution section
Weibull	W(a,b,{<s>},{<ax>})	a=shape value, b=scale value

» **ACCUM**

- Sintaxis: ACCUM 10, ACCUM Var1
- Detiene entidades en una locación hasta que la cantidad especificada se halla acumulado.

» **COMBINE**

- Sintaxis: COMBINE 10, COMBINE Var1
- Acumula y consolida una especifica cantidad de entidades en una sola entidad

» **JOIN**

- Sintaxis: JOIN 5 EntA
- Une una cantidad especifica de cierta entidad (definida) a la entidad actual

» **GRUOP**

- Sintaxis: GROUP 10 as EntB
- Consolida temporalmente una cantidad específica de cierto tipo de entidad (definida) en una única entidad que luego puede ser desagrupada.

» UNGROUP

- Sintaxis: UNGROUP
- Separa las entidades que fueron agrupadas con el comando GROUP

» LOAD

- Sintaxis: LOAD 5, LOAD 5 IFF Attr1 = 1
- Temporalmente une la cantidad específica de entidades a la entidad actual. Luego pueden ser separadas con el comando UNLOAD

» UNLOAD

- Sintaxis: UNLOAD 10, UNLOAD 5 IFF Entity() = EntA
- Separa una cantidad específica de entidades que fueron unidas utilizando el comando LOAD. Se puede especificar una condición.

» ANIMATE

- Sintaxis: ANIMATE 70
- Define la velocidad de la simulación. Entre más grande sea el valor, más rápido será la velocidad de la simulación.

» ACTIVATE

- Sintaxis: ACTIVATE Sub1()
- Empieza una subrutina independiente. La lógica del sistema continua sin esperar a que la subrutina termine.

» DISPLAY

- Sintaxis: DISPLAY “Llegó producto 1 =”, DISPLAY “Llego =”, EntA
- Para la simulación y emite un mensaje. La simulación retoma cuando el usuario hace click en OK

» GRAPHIC

- Sintaxis: GRAPHIC 2
- Cambia la grafica de la entidad que pasa.

» INC

- Sintaxis: INC Var1, INC Arreglo[3], 10
- Incrementa un arreglo, una variable, o un atributo en el valor especificado por el usuario (en 1 si no se especifica)

» **DEC**

- Sintaxis: DEC Var1, DEC Arreglo[3], 10
- Decrementa un arreglo, una variable, o un atributo en el valor especificado por el usuario (en 1 si no se especifica)

» **CREATE**

- Sintaxis: CREATE 2 As EntA
- Crea un número de entidades especificado por el usuario, copiando todos los atributos de la entidad original.

» **ORDER**

- Sintaxis: ORDER 10 EntA To Loc2
- Crea la cantidad de entidades especificada en la locación determinada.

» **GET**

- Sintaxis: GET Res1
- Captura uno o más recursos mientras estén disponibles.

» **FREE**

- Sintaxis: FREE Res1
- Libera el recursos especificado que tenía asignado la entidad actual.



» **FREE ALL**

- Sintaxis: FREE ALL
- Libera todos los recursos asignados a la entidad actual.

» **USE**

- Sintaxis: USE Res2 For 2 Hr
- Captura, usa y luego libera el recurso(s) especificado por el tiempo determinado mientras el recurso esté disponible.

» **MOVE FOR**

- Sintaxis: MOVE FOR 5 Hr
- Mueve la entidad a la siguiente locación demorándose el tiempo especificado.

» **WAIT**

- Sintaxis: WAIT 10 Hr
- Hace que la entidad espere durante el tiempo especificado

» **WAIT UNTIL**

- Sintaxis: WAIT UNTIL Var1 > 3
- Hace que la entidad espere hasta que la condición se cumpla

» **SEND**

- Sintaxis: SEND 2 Ent! TO Loc2
- Envía el número especificado de un tipo de entidad a la locación definida (la ruta debe existir).

» **MATCH**

- Sintaxis: MATCH Attr1
- Hace que la entidad espera hasta que llegue una entidad que tenga el mismo atributo que la que esta en espera.

» **Los pasos generales recomendados para un estudio de simulación son:**

- Planeación del estudio
 - Definición de objetivos
 - Identificación de restricciones
 - Especificaciones de la simulación
 - Desarrollo de cronograma
- Definición del sistema
 - Determinar requerimientos de información
 - Usar las fuentes apropiadas de información
 - Hacer suposiciones cuando sea necesario
 - Convertir los datos a la forma apropiada
 - Documentar y aprobar los datos
- Construcción del modelo
 - Refinación progresiva
 - Verificación y validación del modelo
- Corrida de experimentos
- Análisis de resultados
- Reporte de resultados



» **Verificación del modelo**

- Trabajar y depurar por módulo.
- Cambiar entradas: para diferentes niveles de llegada, ¿son las salidas razonables?.
- Utilizar la función trace (rastreo): muestra qué paso está ocurriendo en el proceso de modelación en el tiempo exacto durante la corrida.
- Utilizar el depurador (debugger): se activa durante la corrida o sólo si cierta condición ocurre).

» **Validación del modelo**

- Comparar con condiciones existentes.
- Examinar los resultados de salida.
- Para sistemas nuevos, recorrer la lógica estructurada.
- Proceso continuo: si es un modelo construido previamente, validar que las condiciones modeladas corresponden a las de la actualidad.

¡Muchas gracias por su atención!

Luis Eduardo Quiñones
Equipo Decisiones Logísticas



www.dl.com.co