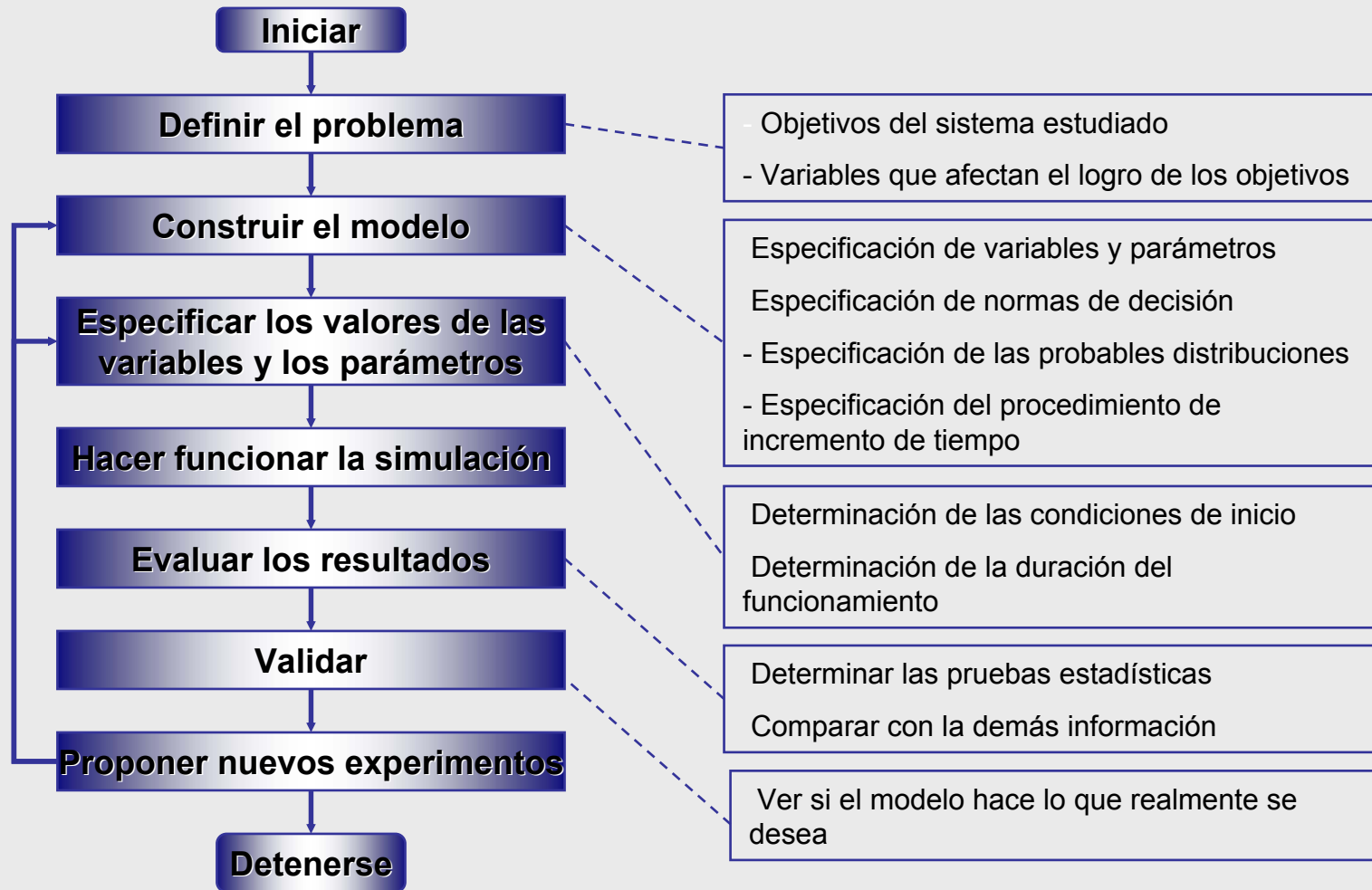


METODOLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO DE UN PROBLEMA DE SIMULACIÓN

IN740: MODELOS INDUSTRIALES

JAIME MIRANDA

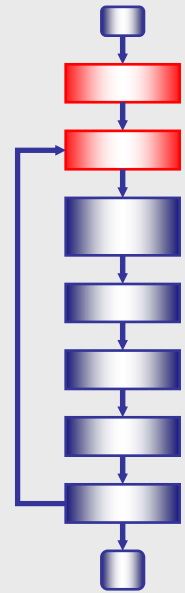


DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

- Especificación de los objetivos y la identificación de las variables pertinentes controlables e incontrolables del sistema en estudio.

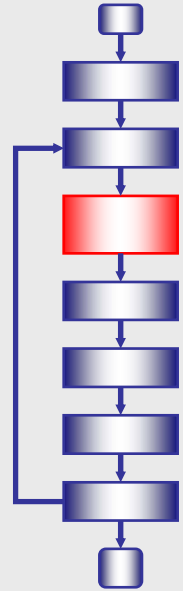
CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO:

- Determinar qué propiedades del sistema deben ser fijas (parámetros) y cuáles pueden variar durante la simulación (variables).
- Especificación de las reglas de decisión.
- Especificación de las distribuciones de probabilidad.
- Especificación del procedimiento de incremento del tiempo.



ESPECIFICACIÓN DE LOS VALORES DE VARIABLES Y PARÁMETROS

- Determinación de las condiciones de inicio.
- Determinación de la duración de la simulación.
 - Realizar la simulación hasta que se alcance el estado estacionario o de equilibrio.
 - Realizar simulación durante un período fijo y observar si las condiciones finales parecen razonables.
 - Realizar simulación hasta que se reúna una muestra suficientemente grande para efectos estadísticos.

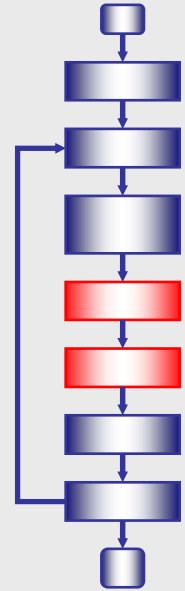


EVALUACIÓN DE RESULTADOS

- Los resultados se pueden comparar con datos operativos anteriores del sistema real, con datos operativos del desempeño de sistemas similares y el entendimiento propio del usuario del sistema.
- La única prueba verdadera es qué tan bien se desempeña el sistema después de la implementación de las decisiones tomadas.

VALIDACIÓN

- Probar si el programa garantiza que la simulación esté correcta.
- Verificar que el código sea la traducción del modelo de simulación desarrollado.



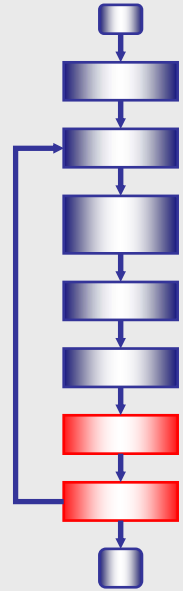
PROPUESTAS DE NUEVOS EXPERIMENTOS

→ En base a los resultados se pueden realizar nuevos experimentos con cambios en los siguientes factores:

- **Parámetros.**
- **Variables.**
- **Reglas de decisión (mismos números aleatorios).**
- **Condiciones de inicio (resultado de una simulación anterior).**
- **Duración de la simulación (dos condiciones de estabilidad).**

PROGRAMACIÓN

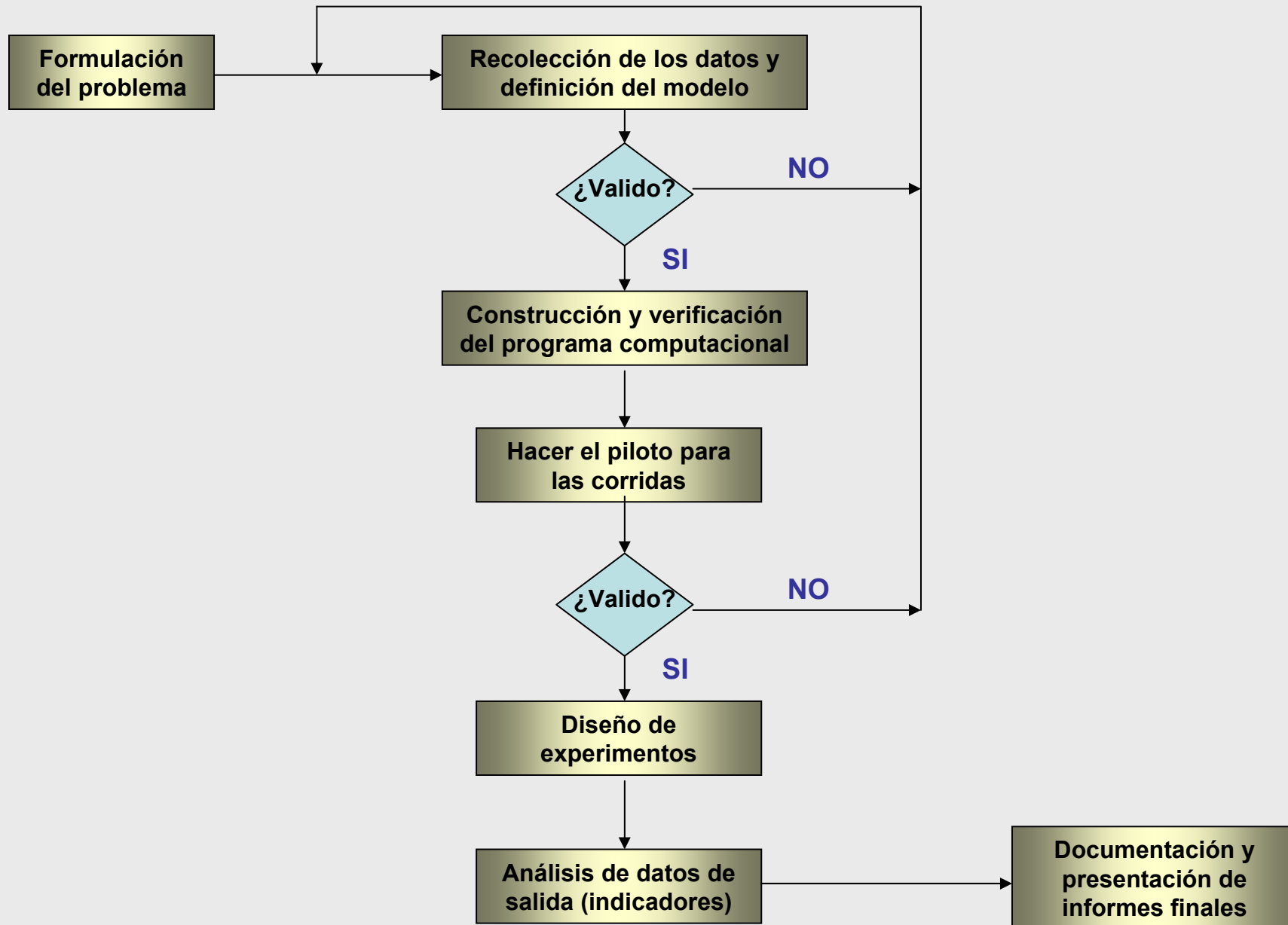
- Selección del lenguaje de programación, gráficas del flujo, codificación, generación de datos, informes de salida y validación.



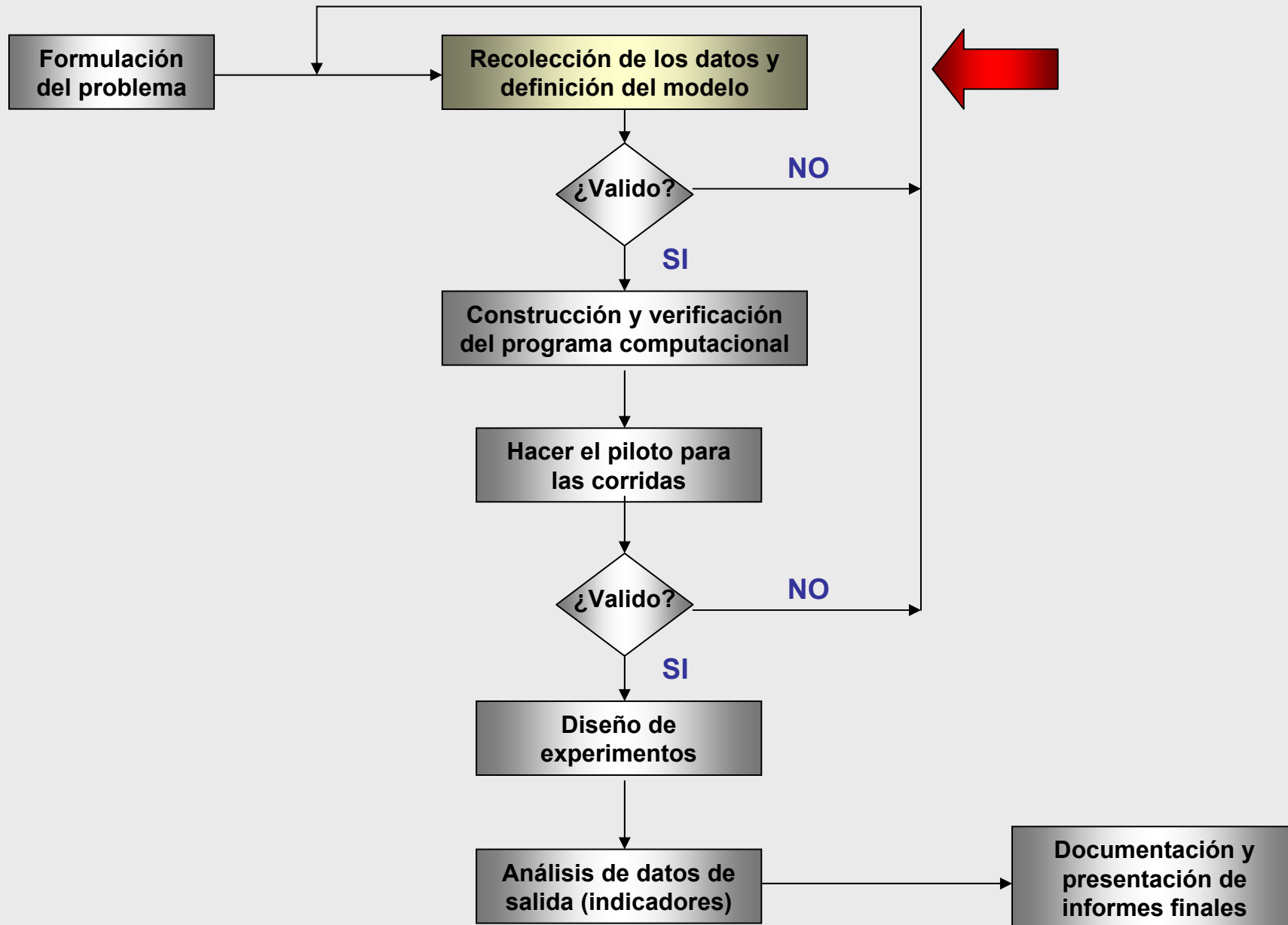
OBSERVACIONES

- Para simular se pueden utilizar dos tipos de distribuciones: las de frecuencia empírica y las matemáticas.
- En un modelo de simulación, el tiempo puede avanzarse mediante dos métodos:
 - Incrementos de tiempo fijos: la simulación prosigue por intervalos fijos de un período de tiempo a otro. Por ejemplo: minutos, horas, días, etc. En cada intervalo se explora por si ocurren eventos.
 - Incrementos de tiempo variables: en este caso el reloj de tiempo se avanza la cantidad de tiempo requerida para que ocurra el siguiente evento.
 - La experiencia sugiere utilizar el primero cuando los eventos ocurren con regularidad o en gran número en el mismo período.

PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



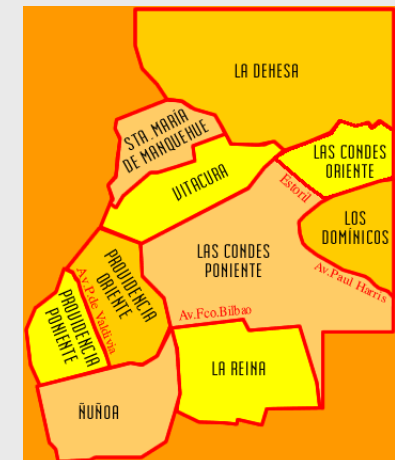
PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



UN EJEMPLO PRACTICO

SITUACION (Descripción del problema)

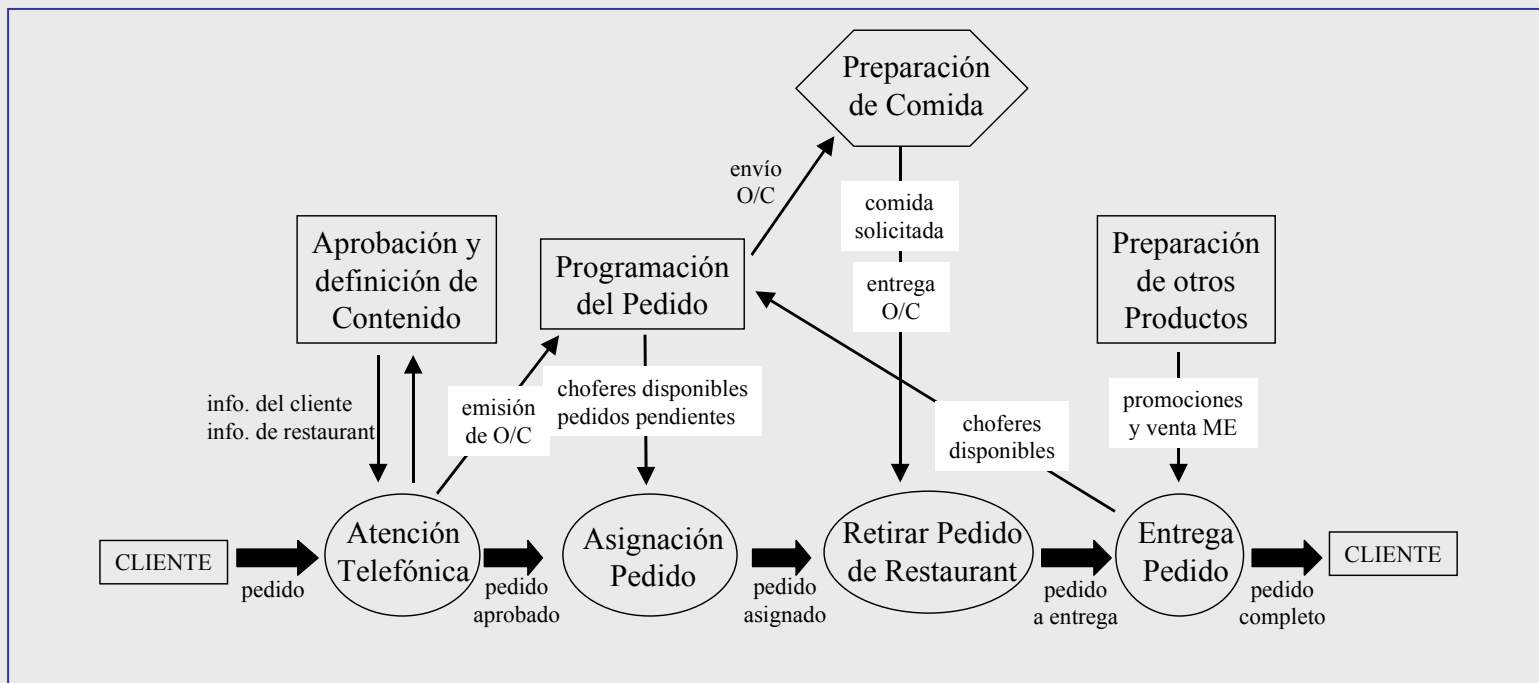
- Nombre de la empresa: MENU EXPRESS
- Negocio: Reparto de comida y souvenir variados
- Característica distintiva: Rapidez (50 min. o gratis)
- Productos
 - Menús de más de 40 restaurantes de Santiago.
 - Regalos variados.
 - Entradas a eventos.
- Situación actual de operarios
 - Dos turnos de trabajo (9:00-15:00 y 16:00-24:00).
 - 7 y 25 chóferes el los turnos respectivamente.
 - Una telefonista por turno.
 - Un asignador de pedidos a chóferes.
- Ubicación:
 - Av. Fco. Bilbao 6407, Las Condes (10 comunas de cobertura).



DESCRIPCION DEL PROBLEMA

ESTUDIO CAPACIDAD DE CICLO PEDIDO-ENTREGA

- Se necesita estudiar situación actual.
- Estimaciones sobre la utilización de los recursos.
- Número “óptimo” de operarios del sistema.
- Análisis de trade-off: **CALIDAD SERVICIO vs COSTOS**
- Calidad distintiva: **TIEMPO DE CICLO - 50 min.**



GENERAL

- *“Desarrollar un modelo de simulación que permita optimizar el ciclo Pedido-Entrega, realizando con esto una planificación de los recursos productivos de manera optima”*

ESPECIFICOS

- Estimar la demanda de pedidos y determinar distribuciones.
- Analizar el trade-off cantidad de recursos v/s calidad de servicio
- Proponer mejoras a la Gestión de Operaciones.

ESTUDIO CAPACIDAD DE CICLO PEDIDO-ENTREGA

- **Se Tiempo de Llegada de los pedidos**
 - Identificación de la demanda del servicio.
- **Ubicación geográfica de los clientes**
 - Identificación de zonas geográficas de demanda (ALTAS-MEDIAS-BAJAS)
- **Ubicación geográfica de los restaurantes pedidos por los clientes**
 - Identificación geográfica de la demanda por restaurantes.
- **Tiempo de atención telefónica**
 - Depende del tipo de cliente: NUEVO-ANTIGUO.
- **Tiempo de asignación de chóferes**
 - Se asigna pedido a chofer dependiendo de disponibilidad y ubicación de los choferes.

ESTUDIO CAPACIDAD DE CICLO PEDIDO-ENTREGA

- **Tiempo de preparación de los pedidos por los restaurantes**
 - Exógeno a la empresa.
 - Incidencia directa con el tiempo de ciclo.
- **Tiempo de viaje del chofer hasta el restaurante**
 - Desde la asignación hasta la llegada al restaurante del pedido.
- **Tiempo de viaje desde el restaurante hasta el cliente**
 - Entrega del producto.

FUENTES DE INFORMACION

- Ordenes de compra:
- Se analizaron 179 O/C.
 - Número de la O\C
 - Hora de Emisión
 - Hora de Entrega (estimada por ME)
- Referencia del Mapa (cuadrante asociado al cliente)
- Restaurante del pedido
- Experiencia de los operadores:
 - - Tiempo de atención telefónica para clientes nuevos y antiguos.
 - Tiempo que tarda el restaurante en elaborar el pedido.
 - Tiempo que tarda el chofer en entregar el pedido al cliente.

MEDICION DE VARIABLES DEL SISTEMA (2)

SISTEMA GEOGRÁFICO USADO

Cuadrantes Menú Express

5	6	7
13	14	15
21	22	23
29	30	31

Sub-cuadrantes considerados

	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Cuadrantes
Agregados

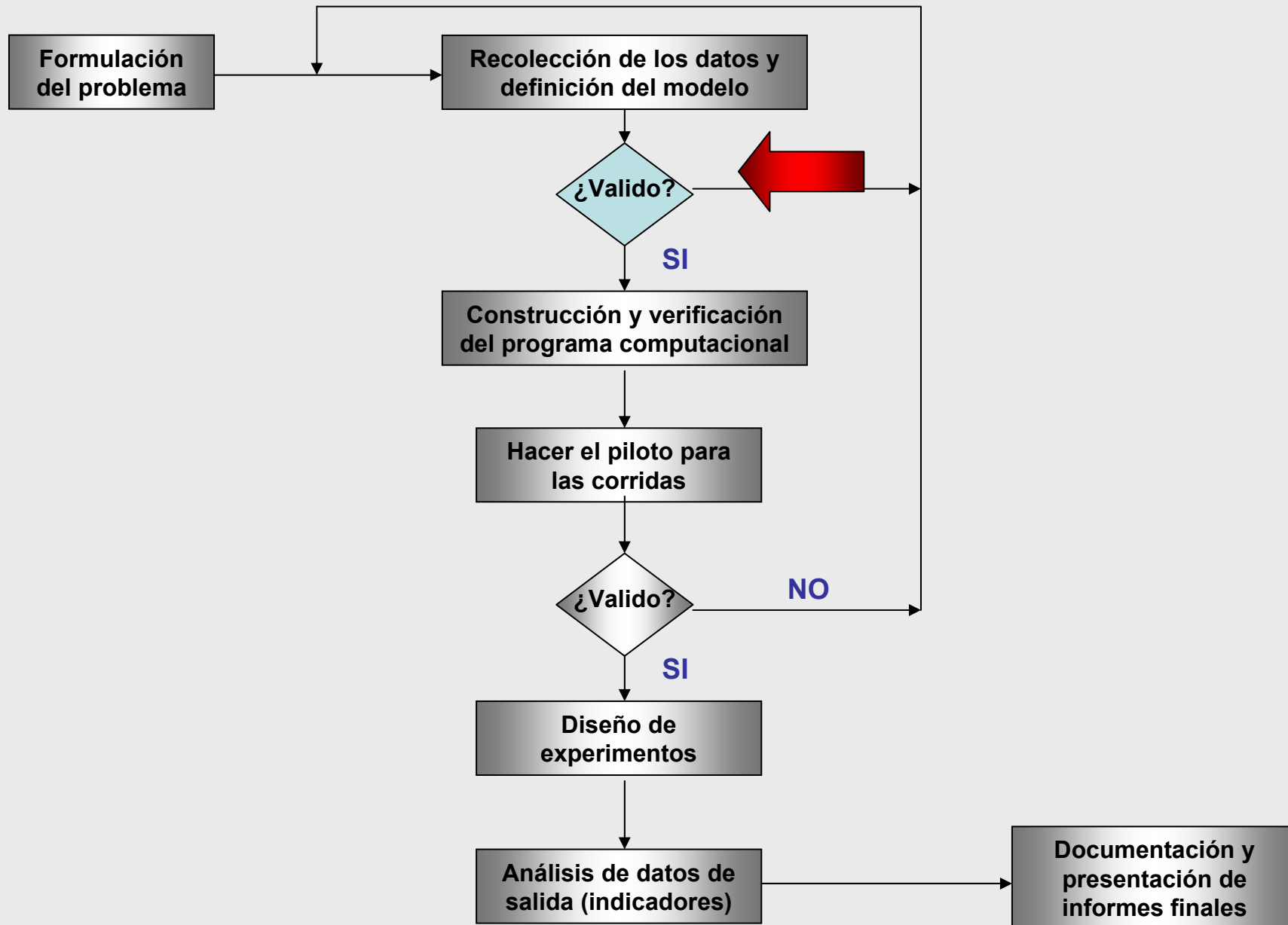
- Sólo estimaciones de los tiempos de viaje.
- Difícil de medir.
- Información geográfica en orden de compra.

Estimación del tiempo de viaje:

$$TV_{Ch-R} = \frac{D_{Ch-R}}{V}$$

$$TV_{R-Cl} = \frac{D_{R-Cl}}{V}$$

PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



Generación de variables aleatorias

- Generadores de números aleatorios
 - Cuadrados medios-Fibonacci.
- Distribuciones clásicas
 - Exponencial
 - Normal
 - Weibull
- Histogramas de pedidos en función del tiempo.
 - Determinación de peaks de demanda
 - Verificación de programación de turnos.
- Ajuste de distribuciones: **VARIABLES MEDIDAS**
 - Test Chi-cuadrado
 - Test de Kolgomorovov-Smirnov

“Simulación de un proceso con aspectos aleatorios requiere generar números a partir de distribuciones de probabilidad”

¿Qué son los números aleatorios?

- Son números que deben de cumplir los requisitos de espacio equiprobable
 - Todo elemento tenga la misma probabilidad de ser elegido y que la elección de uno no dependa de la elección del otro.
 - Métodos para generar una muestra aleatoria a partir de una distribución de probabilidad $f(t)$ a partir de números aleatorios uniformemente distribuidos en $(0,1)$

¿Qué son los números pseudoaleatorios?

- Son unos números generados por medio de una función (determinista, no aleatoria) y que aparentan ser aleatorios.
- Generación computacional.
- Son fáciles de generar.
- Generados a partir de una secuencia determinística.

CUADRADOS MEDIOS

ITERACIÓN 1:

1. Elegir un número aleatorio X_0 (semilla) de $2n$ cifras.
2. Elevar X_0 al cuadrado.
3. El nuevo número aleatorio, X_1 , se determina eligiendo las $2n$ cifras centrales de X_0^2 .

ITERACIÓN i ($i \geq 2$):

1. Elevar X_{i-1} al cuadrado.
2. El nuevo número aleatorio, X_i , se determina eligiendo las $2n$ cifras centrales de X_{i-1}^2 .

GENERADOR ADITIVO DE FIBONACCI

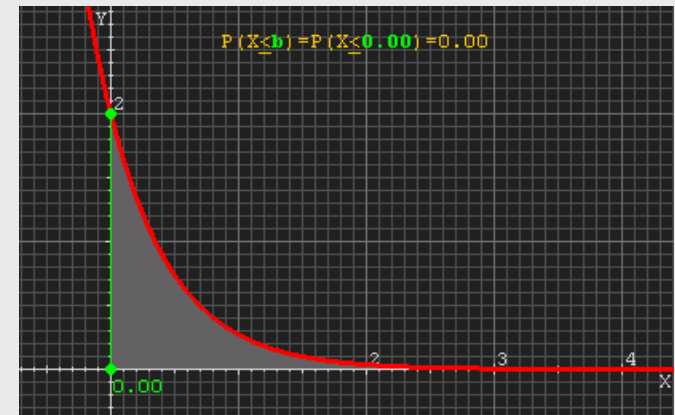
$$X_{n+1} = X_n + X_{n-1} \bmod(m)$$

GENERADOR CONGRUENCIAL CUADRATICO

$$X_{n+1} = d \cdot X_n^2 + a \cdot X_n + c \bmod(m)$$

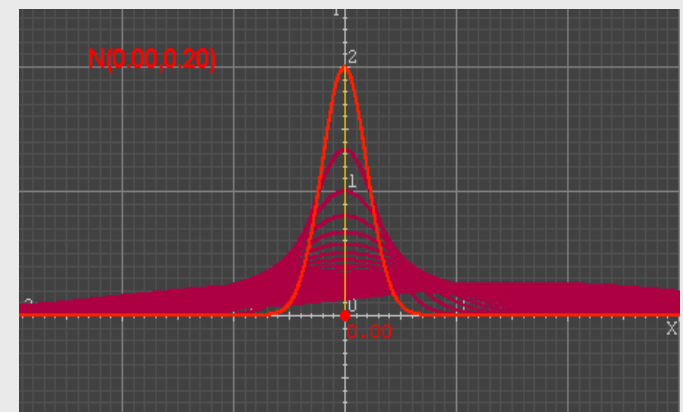
Distribución exponencial

$$f(x) = ke^{-kx}$$



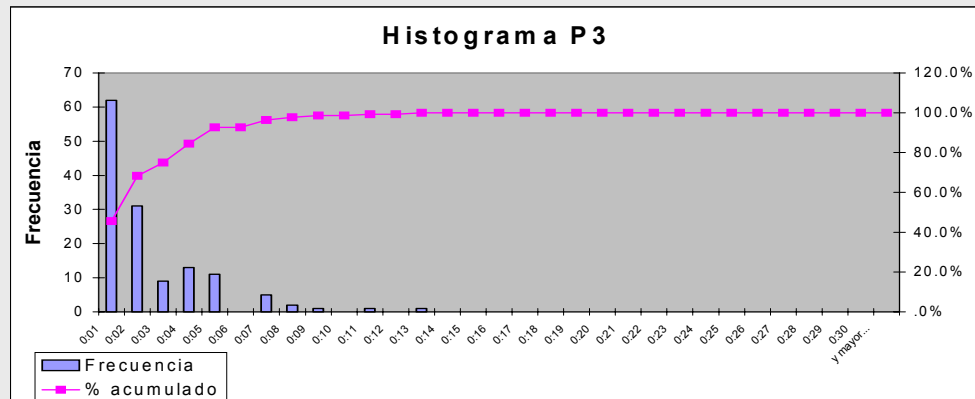
Distribución normal

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



AJUSTE DE DISTRIBUCIONES

CLASES	Frecuencia	% acumulado
0:01	62	45.59%
0:02	31	68.38%
0:03	9	75.00%
0:04	13	84.56%
0:05	11	92.65%
0:06	0	92.65%
0:07	5	96.32%
0:08	2	97.79%
0:09	1	98.53%
0:10	0	98.53%
0:11	1	99.26%
0:12	0	99.26%
0:13	1	100.00%
0:14	0	100.00%
0:15	0	100.00%
0:16	0	100.00%
0:17	0	100.00%
0:18	0	100.00%
0:19	0	100.00%
0:20	0	100.00%
0:21	0	100.00%
0:22	0	100.00%
0:23	0	100.00%
0:24	0	100.00%
0:25	0	100.00%
0:26	0	100.00%
0:27	0	100.00%
0:28	0	100.00%
0:29	0	100.00%
0:30	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%



Hipótesis H_0 : Distribución Exponencial con media 1,95 (minutos)

TEST DE AJUSTE DE DISTRIBUCION		
TEST	VALOR ESTADISTICO	VALOR CRITICO (95%)
Chi-cuadrado	25,30	124,34
K_S	1,05	1,09

VALOR ESTADISTICO < VALOR CRITICO  **SE ACEPTA LA HIPÓTESIS H_0**

AJUSTE DE DISTRIBUCIONES (2)

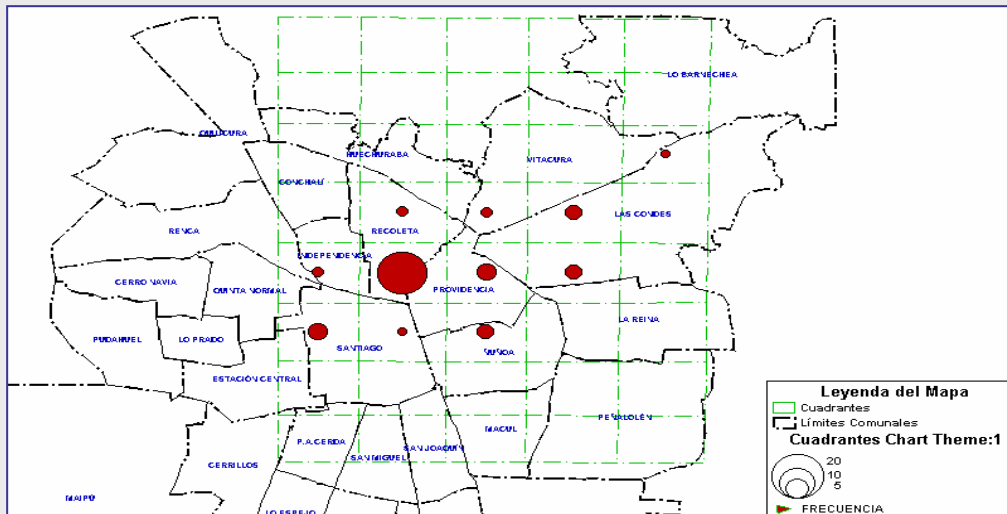
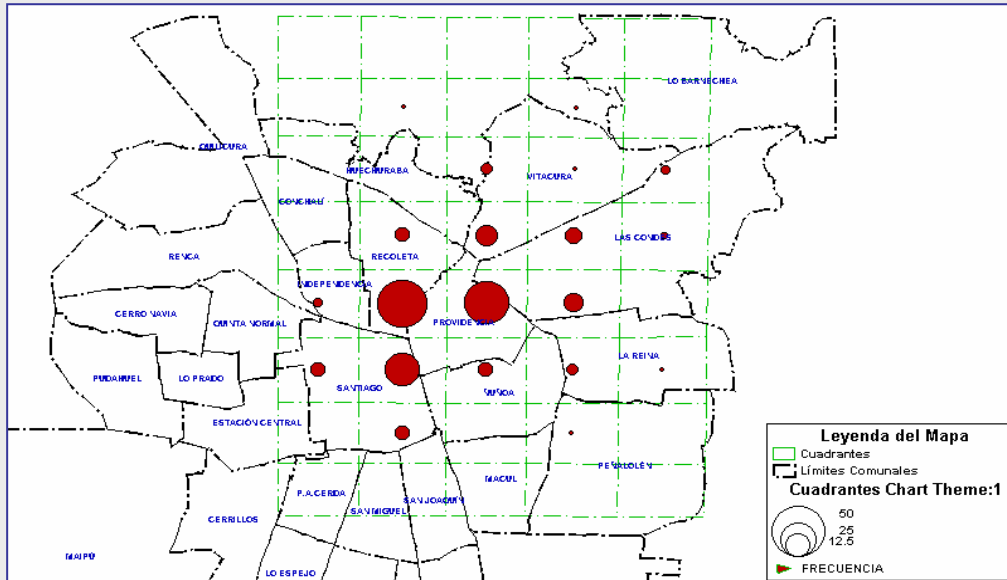
DISTRIBUCIONES EMPÍRICAS

Distribución Geográfica Clientes

$$P_{Ubicación-Cliente} = \frac{PedidosCuadrante}{PedidosTotales}$$

cuadrantes con cero pedido:

$$P = 1/10.000$$



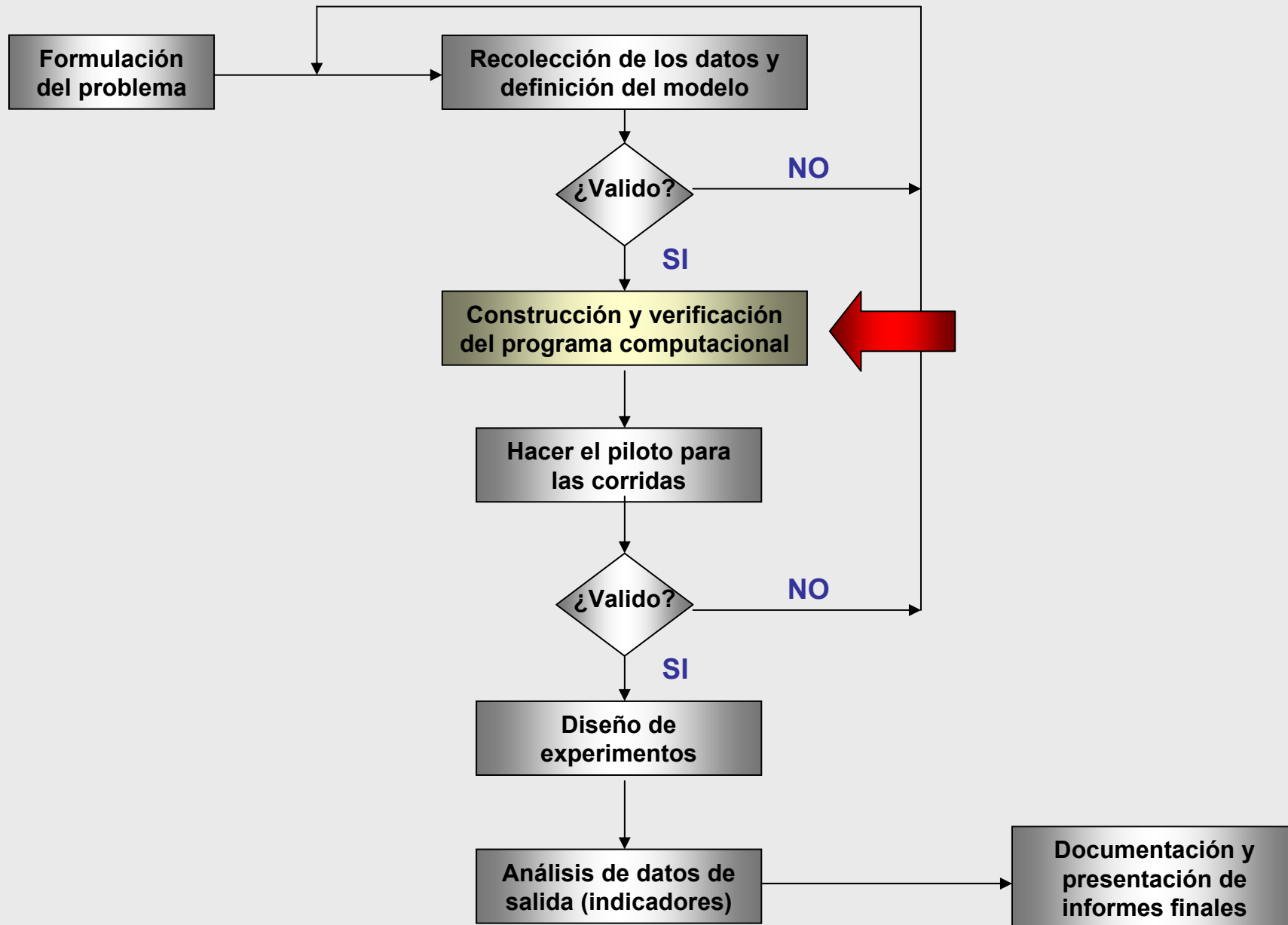
Distribución Geográfica Restaurantes

$$P_{restaurante} = \frac{PedidosRestaurante}{PedidosTotales}$$

DISTRIBUCIONES TRIANGULARES

TIEMPOS			
	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo	Tiempo Más Probable
TATelefN	5	15	11
TATelefV	1	12	5
TAPedidoCH	1	15	6
TRestRapido	10	15	12
TRestMedio	15	20	18
TRestLento	18	30	25
TChRest	3	5	4

PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



IDEA:

- Analizar el problema
- Abstraerlo de sus características
- Generar y seleccionar los supuestos que caracterizan el sistema.
- Descomponer el problema en subproblemas más simples (Nivel jerárquico).
- Buscar analogías y relaciones lógico-matemático entre las entidades del sistema.
- Elaborar y enriquecer la modelación aumentando la aproximación.

El modelo debe ser fácil de comprender (sencillez v/s representatividad)

- Fijar variables (constantes)
- Eliminación de variables poco relevantes
- Restricción mediante cotas del sistema.

MODELACION EN EXTEND

EXTEND V.4

- Orientado a apoyar el proceso de toma de decisiones.
- Permite visualizar y analizar resultados de un escenario en distintos escenarios.
- Minimizan el costo de implementaciones “fallidas”.
- Alta representabilidad de sistemas complejos estudiando repuestas a condiciones dinámicas.
- Posee una serie de librerías diseñadas para sistemas y fines específicos.
- Cada biblioteca esta compuesta por “bloques” prediseñados.

¿Por qué usar EXTEND?

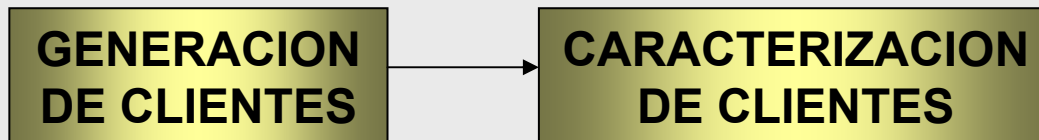
- Permite simular y modelar cualquier tipo de sistema.
- Gráfica y Animación incorporadas permite una mejor comprensión y visualización del modelo por terceras personas.
- Reportes de simulación entregan toda la información necesaria para tomar las mejores decisiones.
- Manejo jerárquico permite representar en forma más ordenada y clara los modelos.

EJEMPLO MENU EXPRESS (ME)

- Existen dos tipo de clientes, los cuales llamaremos:
 - ANTIGUOS: Clientes que han interactuado con ME, poseen sus datos personales.
 - NUEVOS: Clientes que llaman por primera vez, no se posee ninguna información.
- Una pequeña fracción de los llamados son rechazados
 - Pedido infactible.
 - Número equivocado.
- Los pedidos son realizados a varios restaurantes, con diversos tipos de cocina(~45).
- Se agruparan en tres grandes grupos (selección arbitraria).
- Hay que tener en cuenta la congestión vehicular de Santiago.
- Según las ordenes de compra el 77,47% de los clientes son Antiguos (22,53% Clientes nuevos).
- Se estima que un 2% de los clientes son rechazados.

Que se necesita para la generación de entidades (clientes)?

- Un generador de números aleatorios.
- El cual a través de distribuciones de probabilidad calculadas genera entidades.
- Se deben considerar las probabilidades empíricas (triangulares y discretas).



MODELAMIENTO SISTEMA PEDIDO-ENTREGA (2)

¿Qué se necesita caracterizar a los clientes?

→ Ubicación geográfica

- De donde están llamando los clientes.
- Estimación de distancias y tiempos.

→ Tipo de pedido del cliente

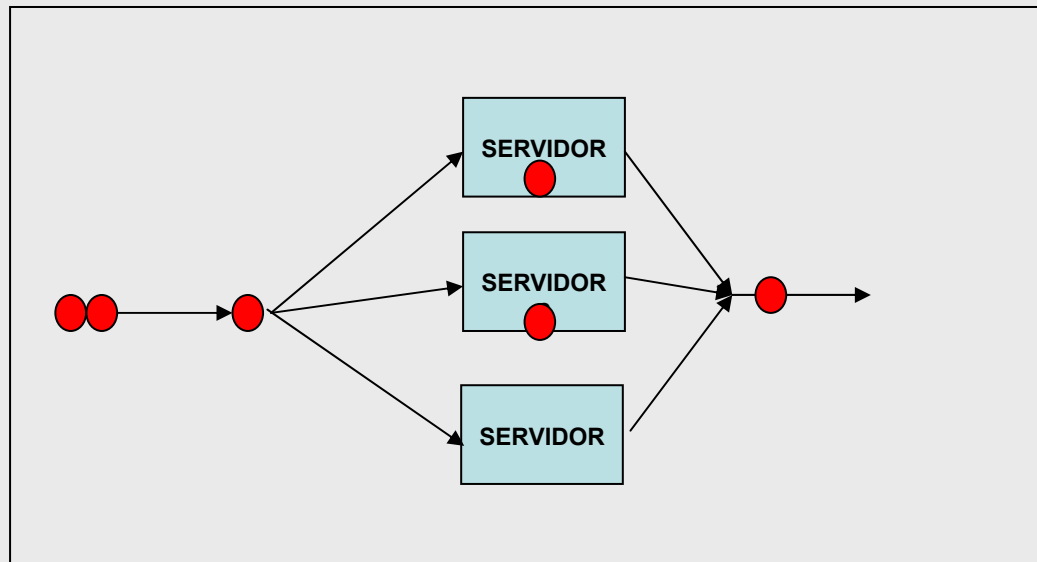
- Restaurante solicitado.
- ¿es factible el pedido?

→ Tipo de cliente.

- Antiguo o nuevo.
- Disposición a la espera telefónica en línea.

¿Qué se necesita para la atención telefónica (clientes)?

- Tiempos de atención de los llamados (por clientes).
- Número de telefonistas (servidores).
- Tiempos máximos de espera (determinístico o aleatorio).
- Medidas de eficiencia y utilización.
- Modelación del sistema de cola de atención telefónica.



MODELAMIENTO SISTEMA PEDIDO-ENTREGA (4)

CARACTERIZACION TELEFONISTAS			
	MINIMO	MAXIMO	MAS PROBABLE
TIEMPO DE ATENCIÓN (A)	5	15	11
TIEMPO DE ATENCIÓN (N)	1	12	5

NUMERO DE TLEFONISTAS	
Periodo 1	2
Periodo 2	6

TIEMPO MAXIMO DE ESPERA	1 MINUTO
--------------------------------	-----------------

METODOLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO DE UN PROBLEMA DE SIMULACIÓN

IN740: MODELOS INDUSTRIALES

JAIME MIRANDA