



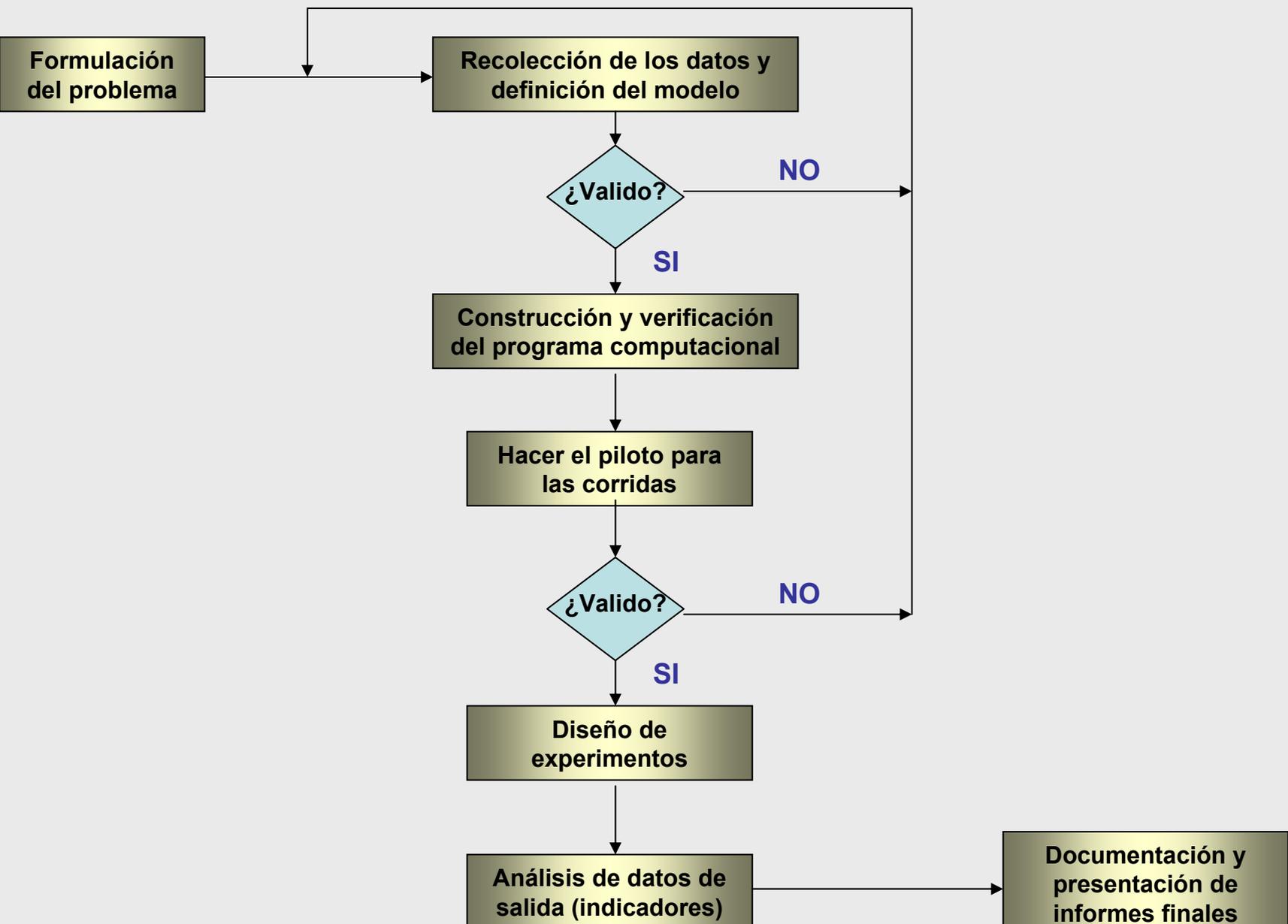
ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN

ESTUDIO DE SISTEMAS DINÁMICOS

JAIME MIRANDA

Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Chile

PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



EN GENERAL EL PROCESO ES...

Definición del Problema

Define el Problema a ser estudiado, incluyendo una declaración escrita del objetivo

Conceptualización del Modelo

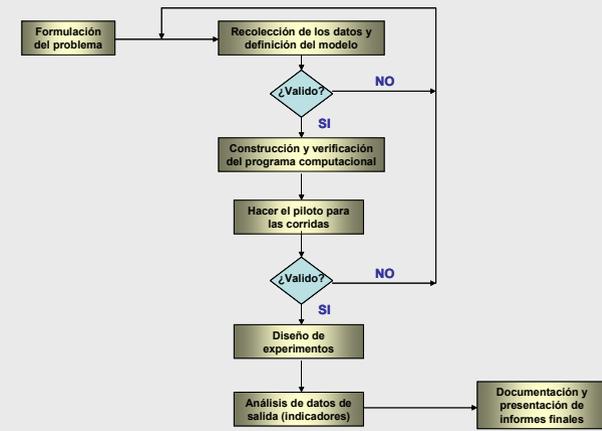
Abstraer el sistema en un modelo describiendo los elementos, sus características y sus interacciones (gráficos)

Recolección de Datos

Identificar, especificar y coleccionar datos en apoyo del modelo

Construcción del Modelo

Capturar el modelo conceptualizado utilizando los constructos de un lenguaje de simulación



EN GENERAL EL PROCESO ES...

Verificación y Validación

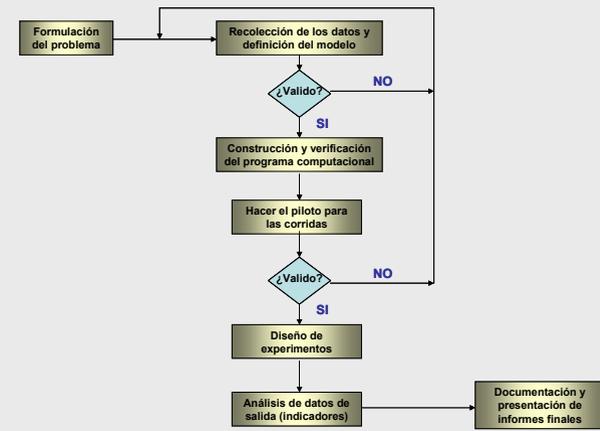
Establecer si el modelo ejecuta lo que se intenta y que exista una correspondencia entre el modelo y el sistema

Conducir Experimentos

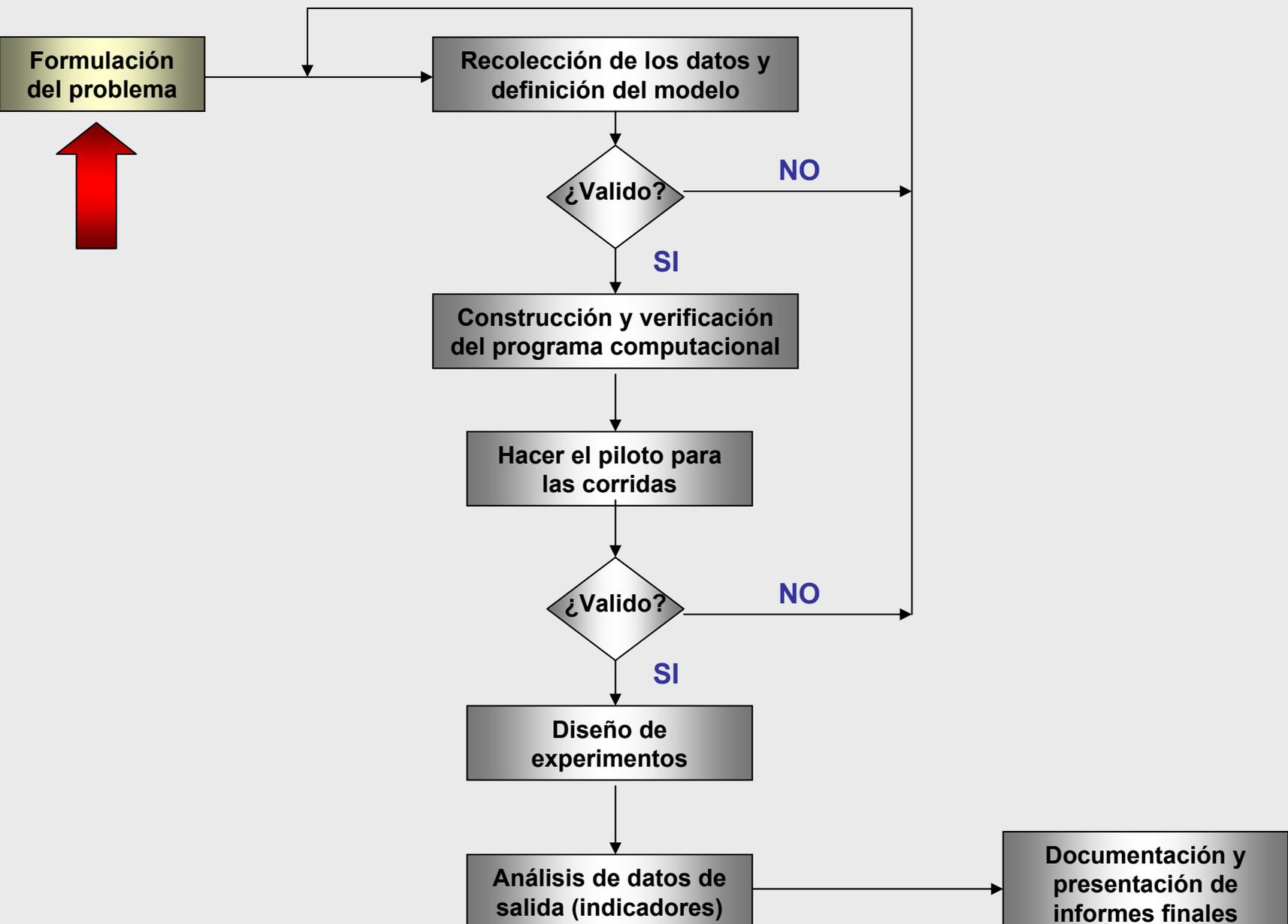
Hacer corridas de simulación controlados. Variando el valor de una variable de decisión manteniendo el resto exactamente igual. La variación en la salida se atribuye a estos cambios

Analizar Resultados

Estudiar los resultados de la simulación para inferir información y hacer recomendaciones para la resolución del problema



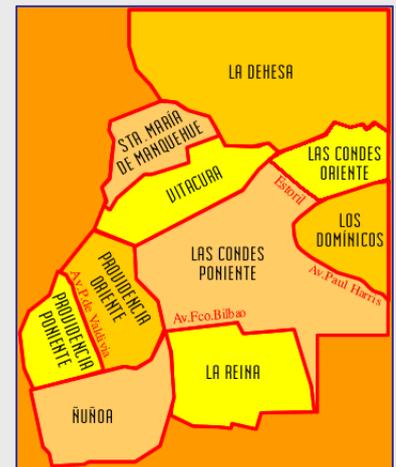
PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



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.



UN EJEMPLO PRACTICO

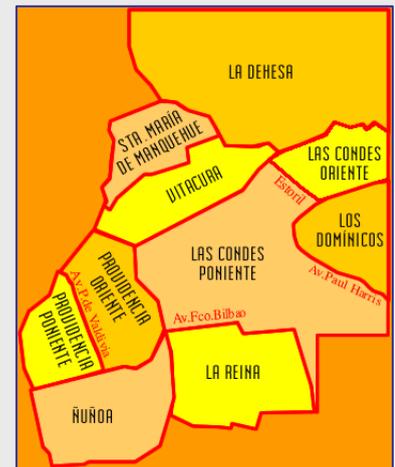
SITUACION (Descripción del problema)

→ 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).



Establecer Objetivos

Identificar y Priorizar Preguntas Claves

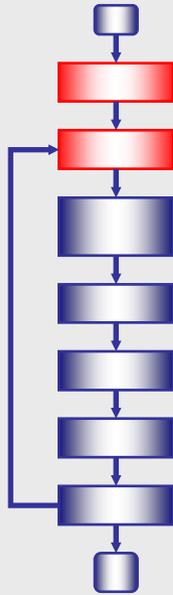
Salidas Requeridas para dar Respuesta Preguntas Claves

Establecer los Límites del Modelo y Restringir los detalles

Especificar las Entradas al Modelo

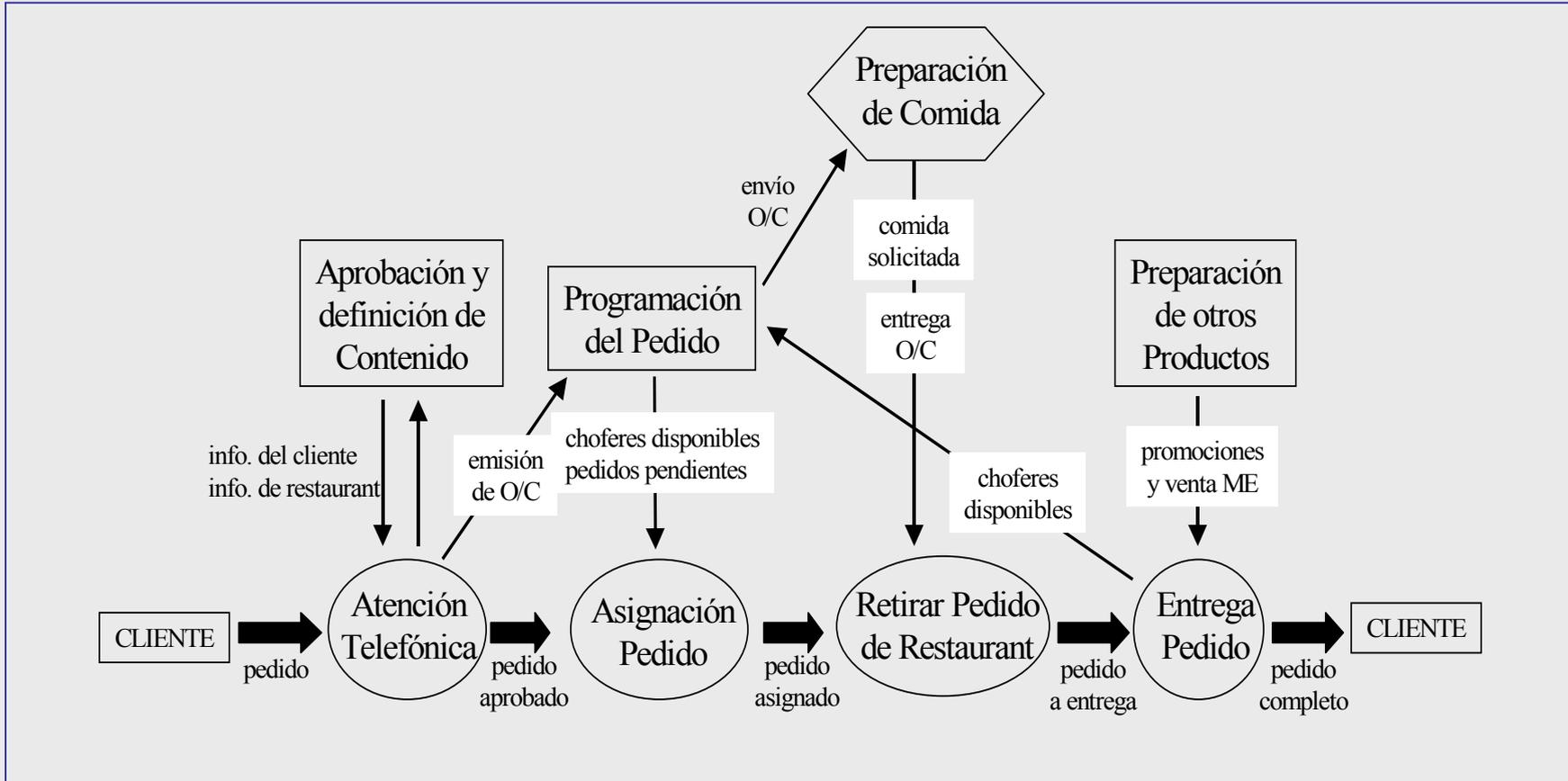
ESTUDIO CAPACIDAD DE CICLO PEDIDO-ENTREGA

- Se necesita estudiar situación actual del sistema.
- Estimaciones sobre la utilización de los recursos de la empresa.
- Búsqueda del número “óptimo” de operarios del sistema.
- Análisis de trade-off:
 - CALIDAD SERVICIO vs COSTOS
 - CALIDAD SERVICIO vs UTILIZACIÓN
- Calidad distintiva: **TIEMPO DE CICLO - 50 min.**
 - Si no se cumple la orden se da gratis.



DESCRIPCION DEL PROBLEMA (2)

EN DETALLE...



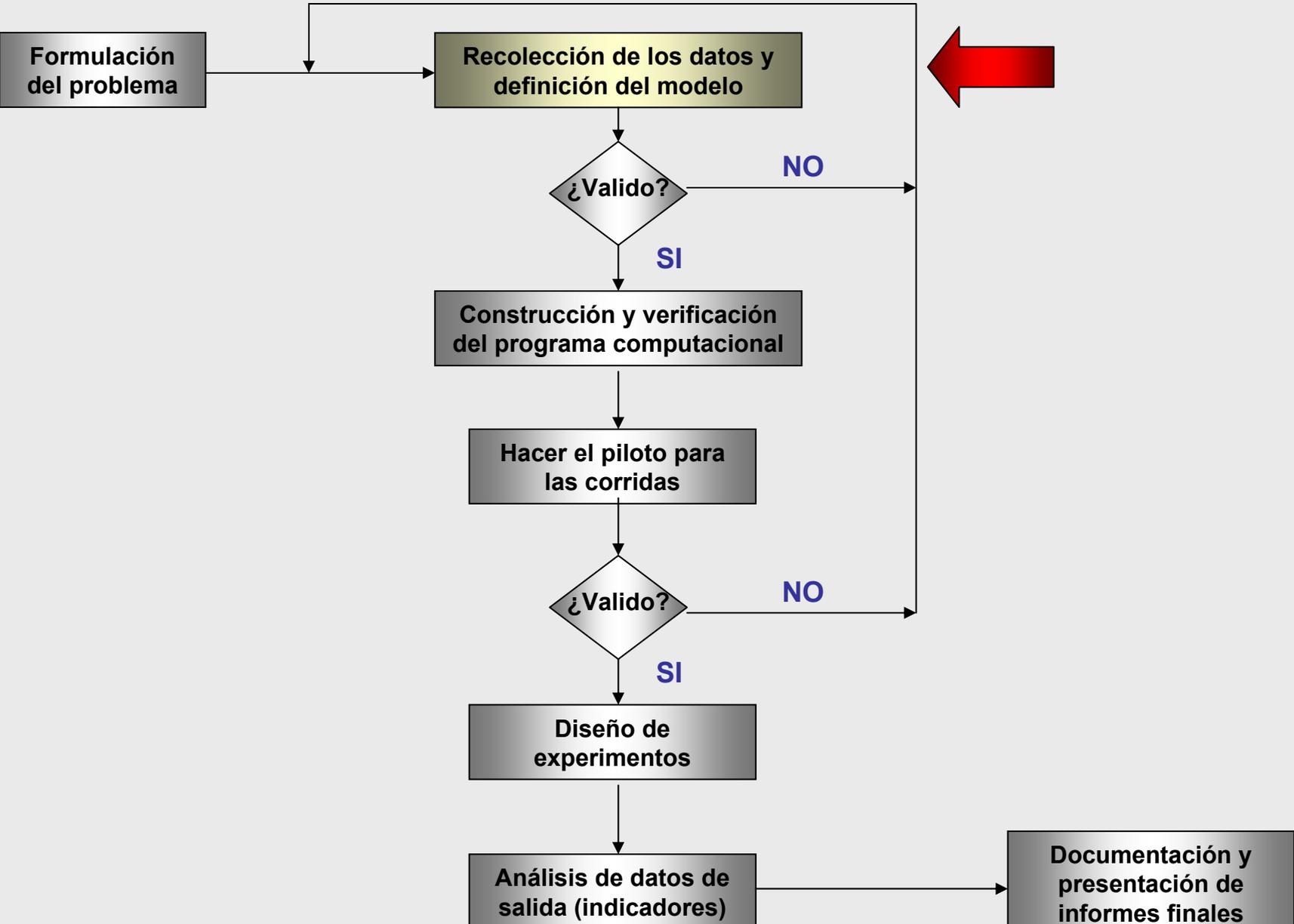
GENERAL

- “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
- Determinar distribuciones que serán de usadas como entradas a los modelos.
- Estimar las variables a usar en el estudio.
- Generar indicadores de desempeño.
- Analizar el trade-off cantidad o uso de los recursos v/s calidad de servicio.
- Proponer mejoras a la Gestión de Operaciones.

PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



ESTUDIO CAPACIDAD DE CICLO PEDIDO-ENTREGA

- 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 chóferes.

ESTUDIO CAPACIDAD DE CICLO PEDIDO-ENTREGA

- Tiempo de preparación de los pedidos por los restaurantes
 - Exógeno a la empresa.
 - Depende del tipo de comida preparada por cada restaurante.
 - Incidencia directa con el tiempo de ciclo.

- Tiempo de viaje del chofer hasta el restaurante
 - Desde la asignación del pedido hasta la llegada al restaurante por parte del chofer.

- Tiempo de viaje desde el restaurante hasta el cliente
 - Desde la salida del restaurante hasta la entrega del producto al cliente.



FUENTES DE INFORMACION

- Ordenes de compra o pedidos.
- 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.



SISTEMA GEOGRÁFICO UTILIZADO

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

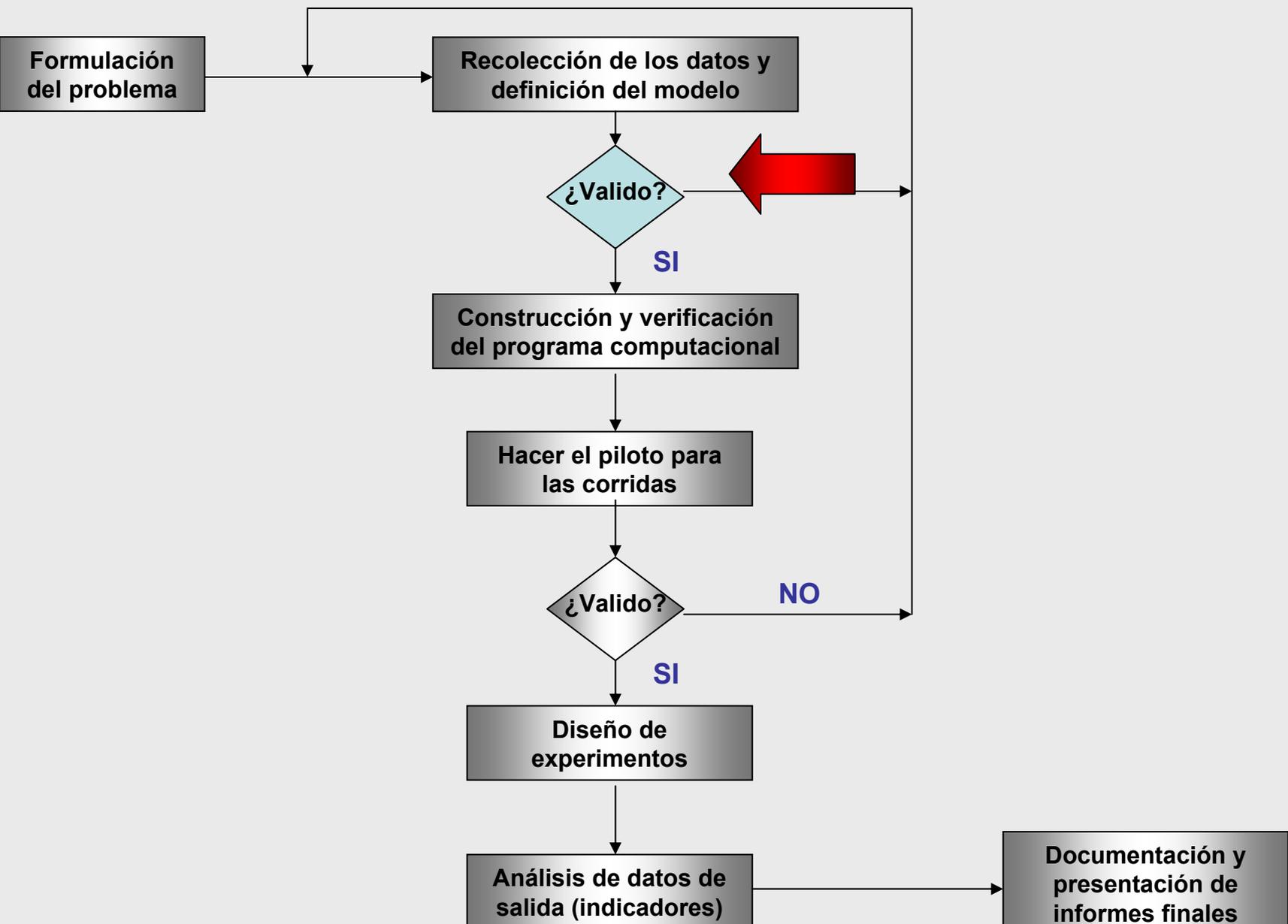
- Sólo estimaciones de los tiempos de viaje.
- Difícil de medir.
- Información geográfica en orden de compra.

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



¿A QUÉ DISTRIBUCIÓN SE ASEMEJA?

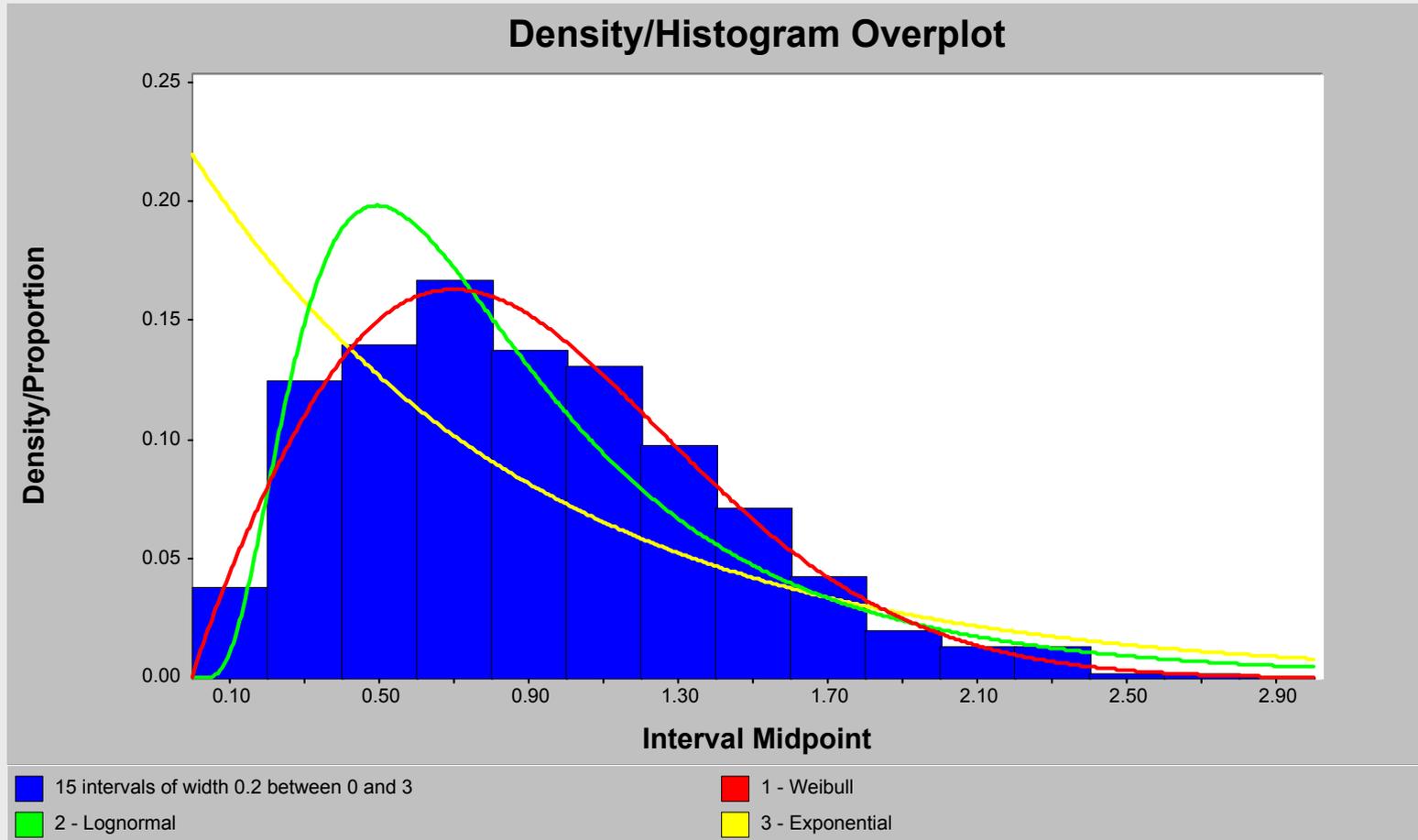


Figura 2. Histograma de densidad para datos de tiempos de servicio.

GENERACIÓN DE VARIABLES ALEATORIAS

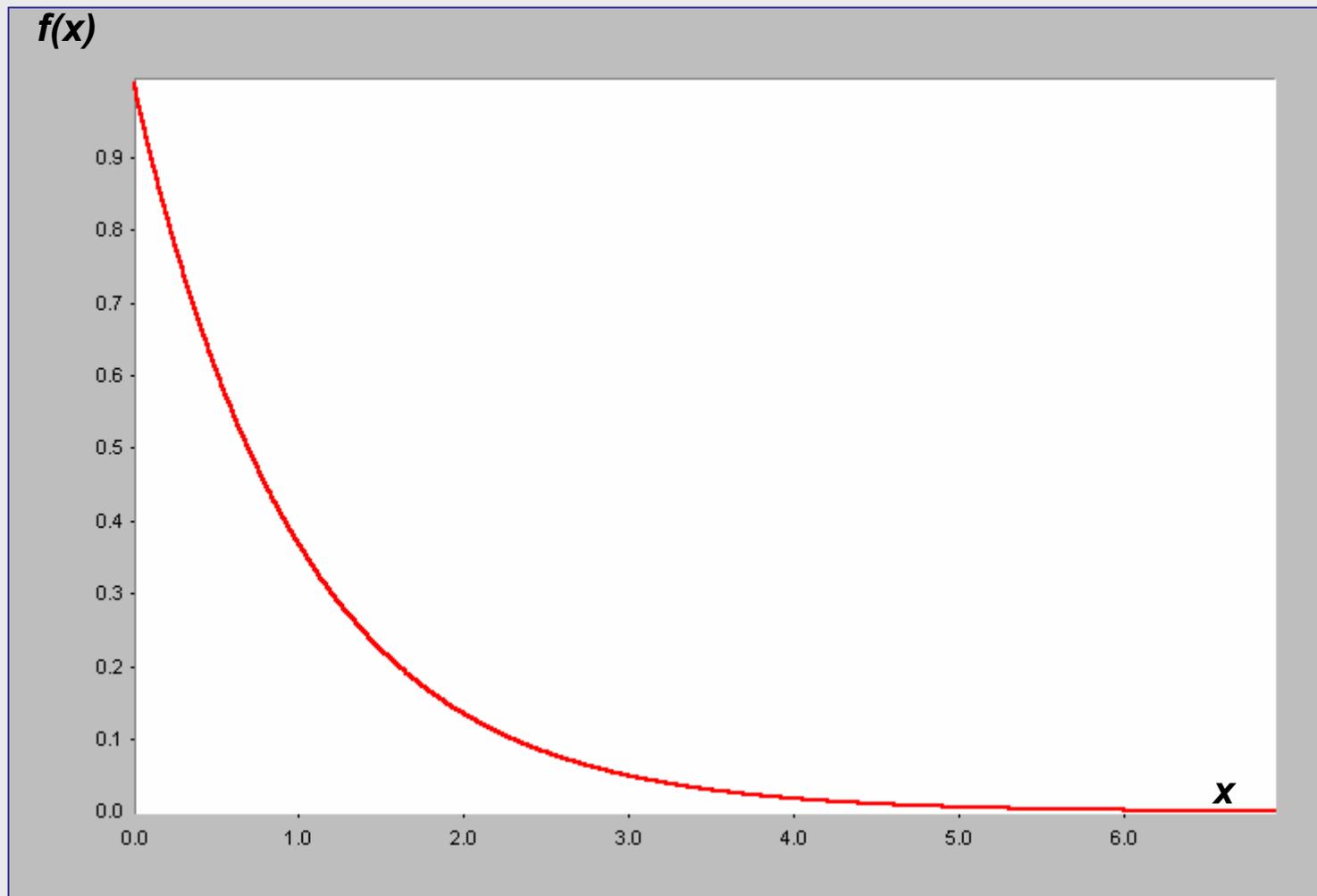
- Generadores de números aleatorios
 - Cuadrados medios
 - Fibonacci.

- Distribuciones clásicas
 - Exponencial
 - Normal
 - Weibull

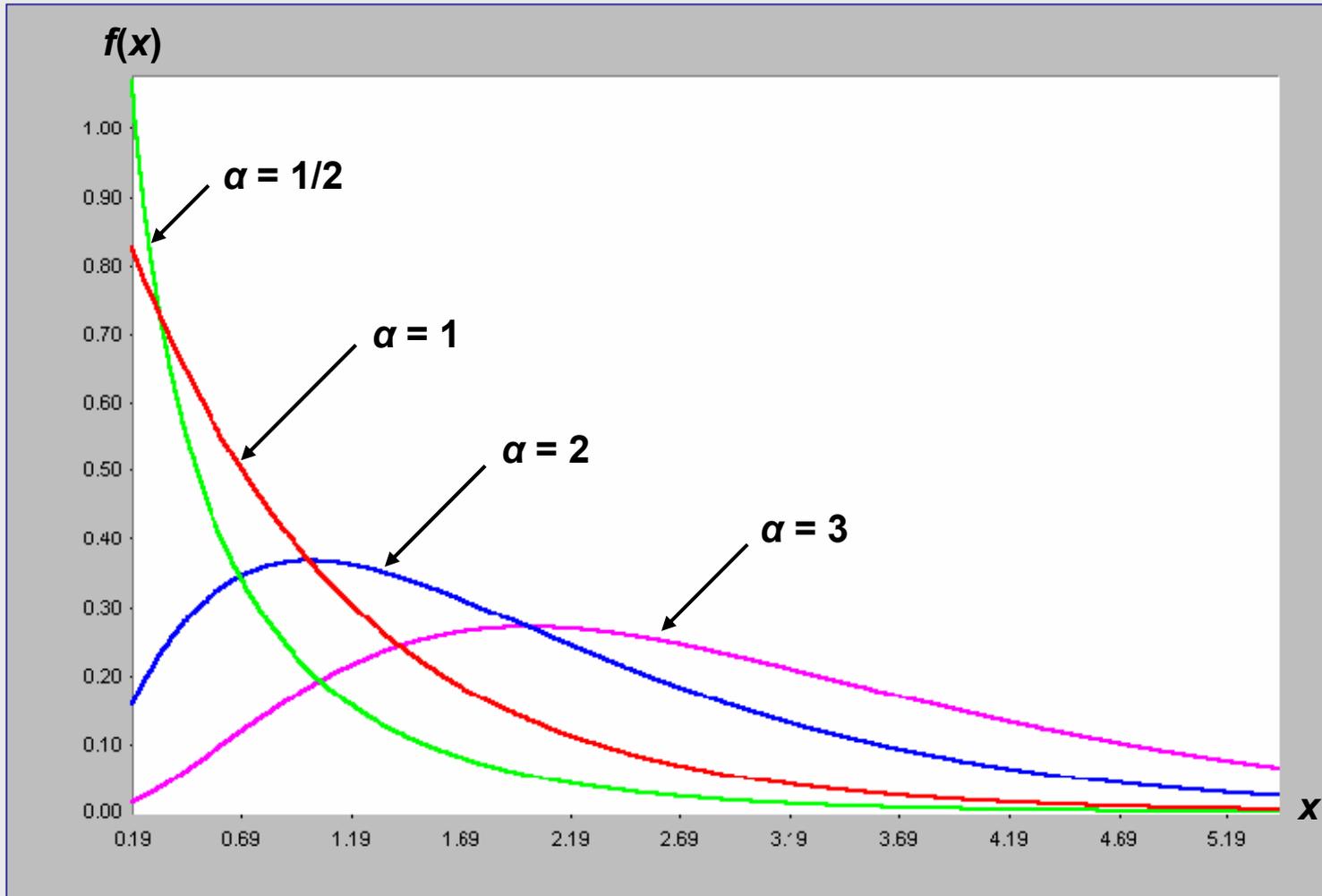
- Histogramas de pedidos en función del tiempo.
 - Determinación de peaks de demanda
 - Verificación de programación de turnos.

- Ajuste de distribuciones: **VARIABLES MEDIDAS**
 - Test Chi-cuadrado
 - Test de Kolmogorov-Smirnov

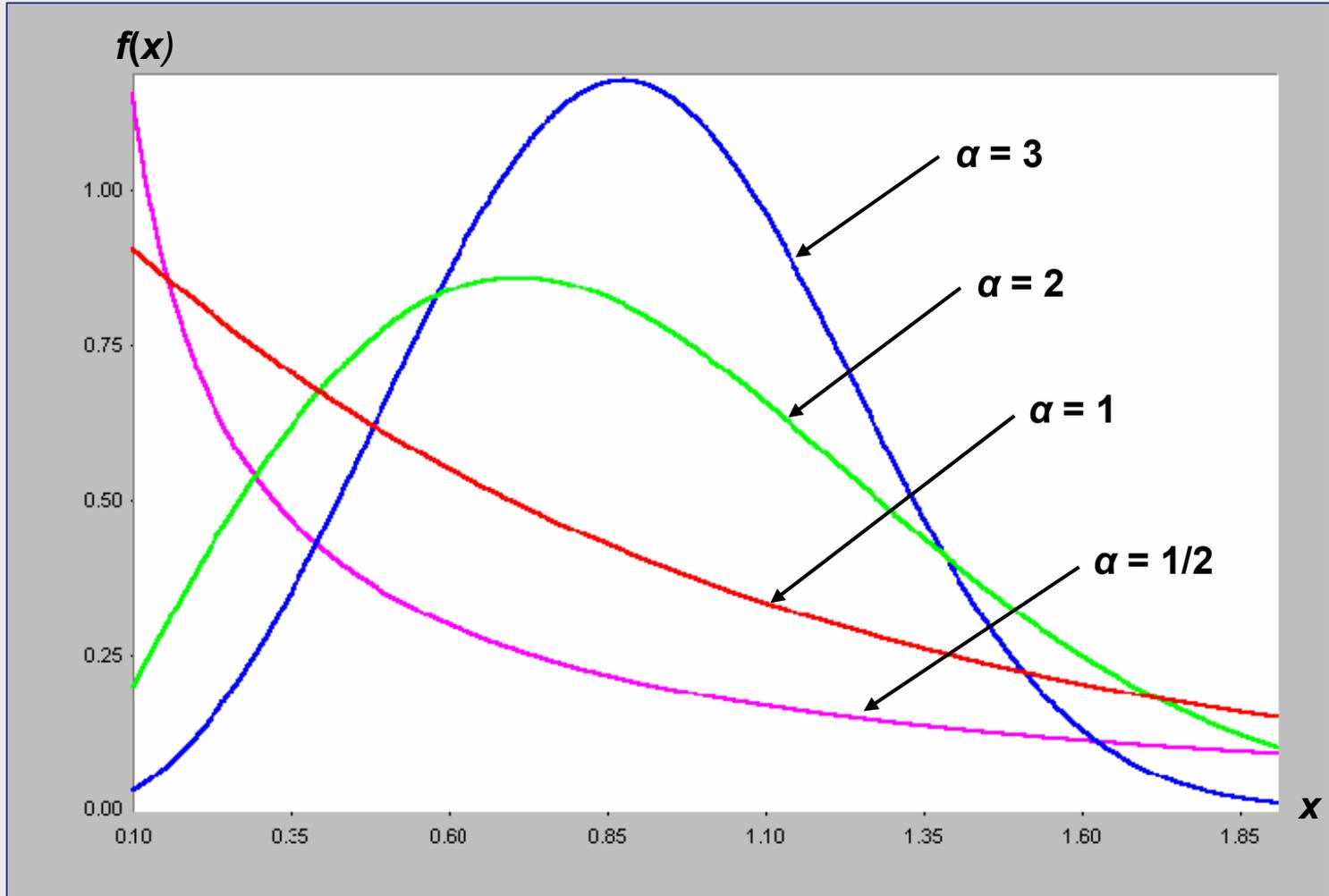
EXPONENCIAL - expo(β)



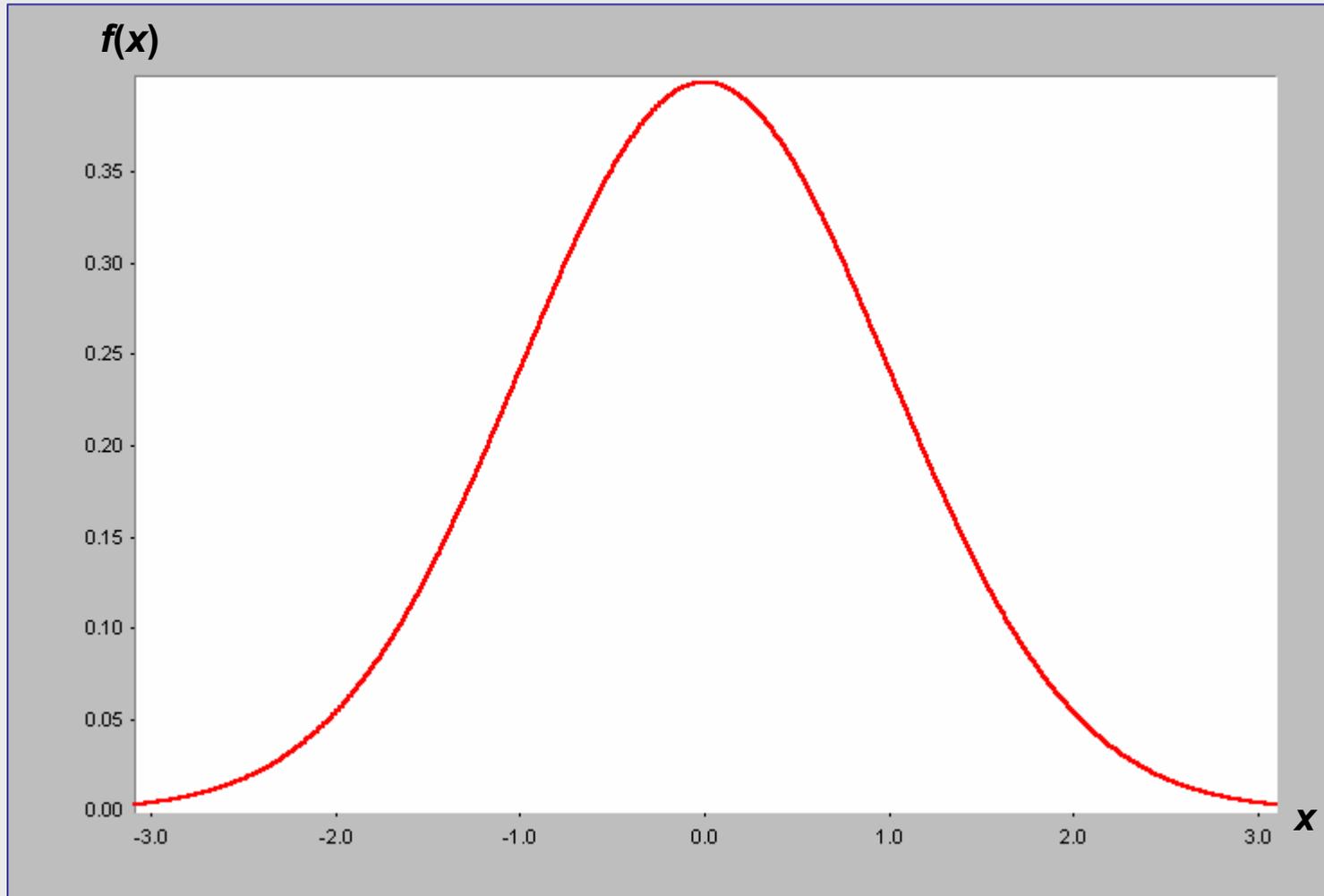
GAMMA - gamma(α , β)



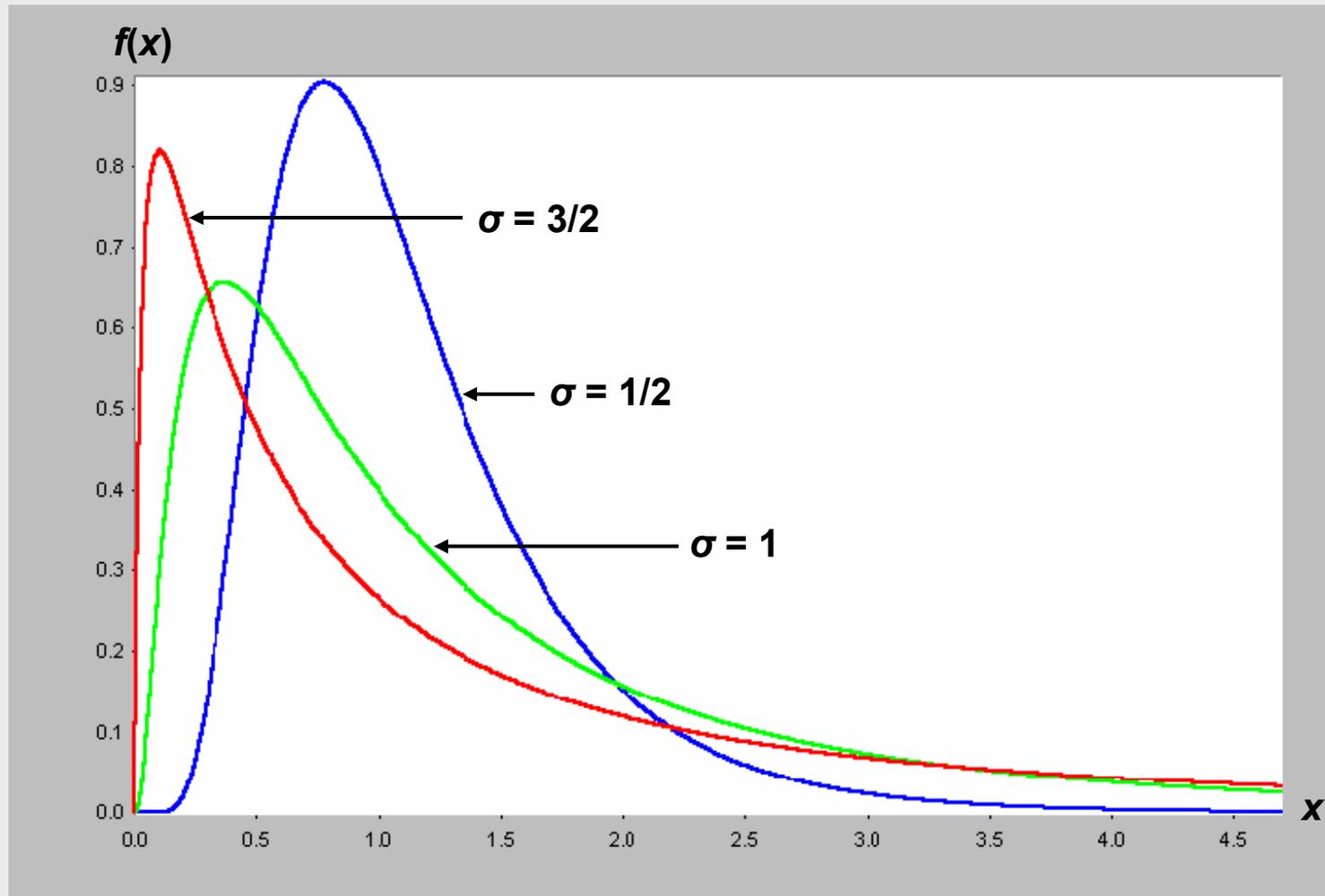
WEIBULL - Weibull(α , β)



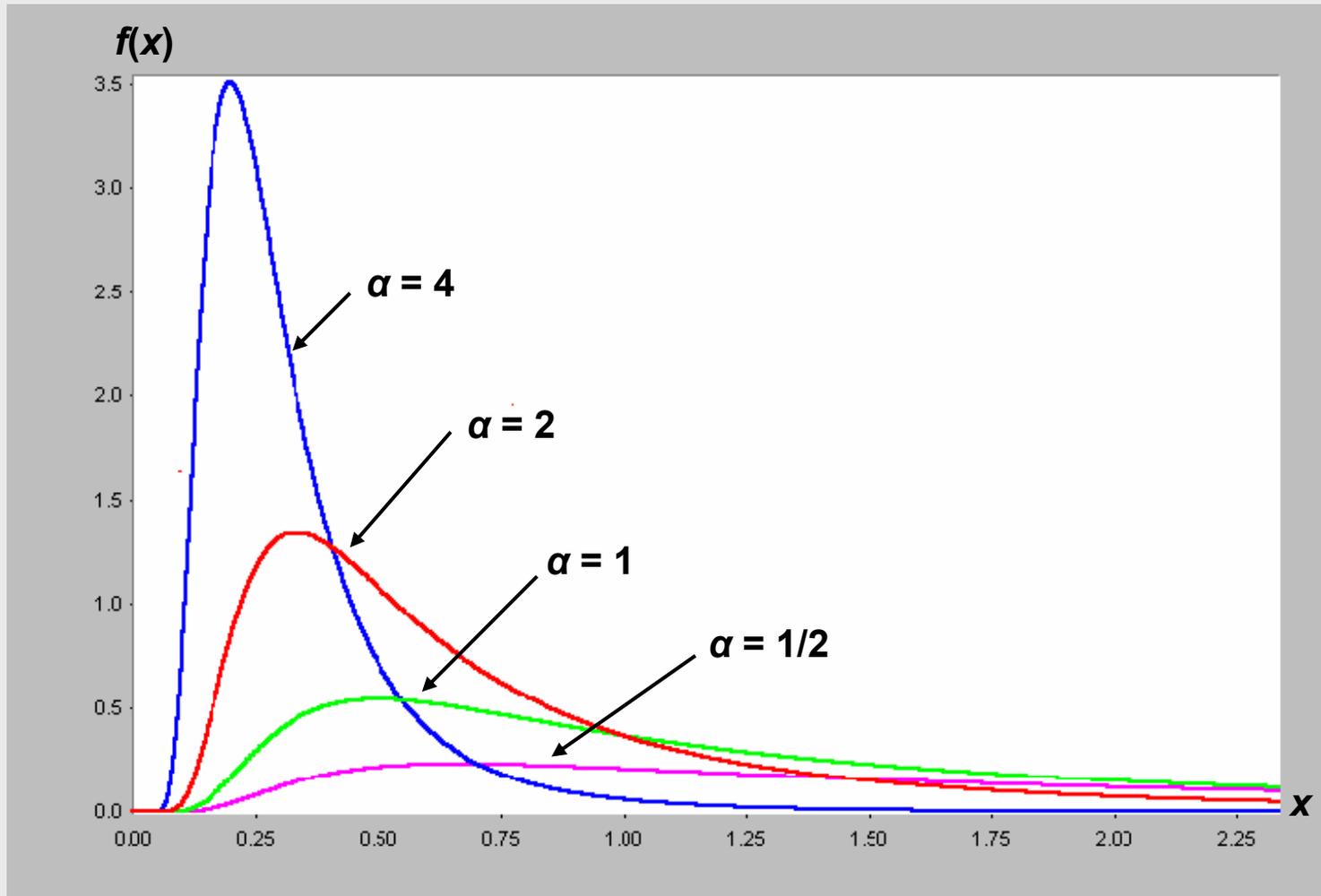
NORMAL - $N(\mu, \sigma^2)$



LOGNORMAL - LN(μ , σ^2)

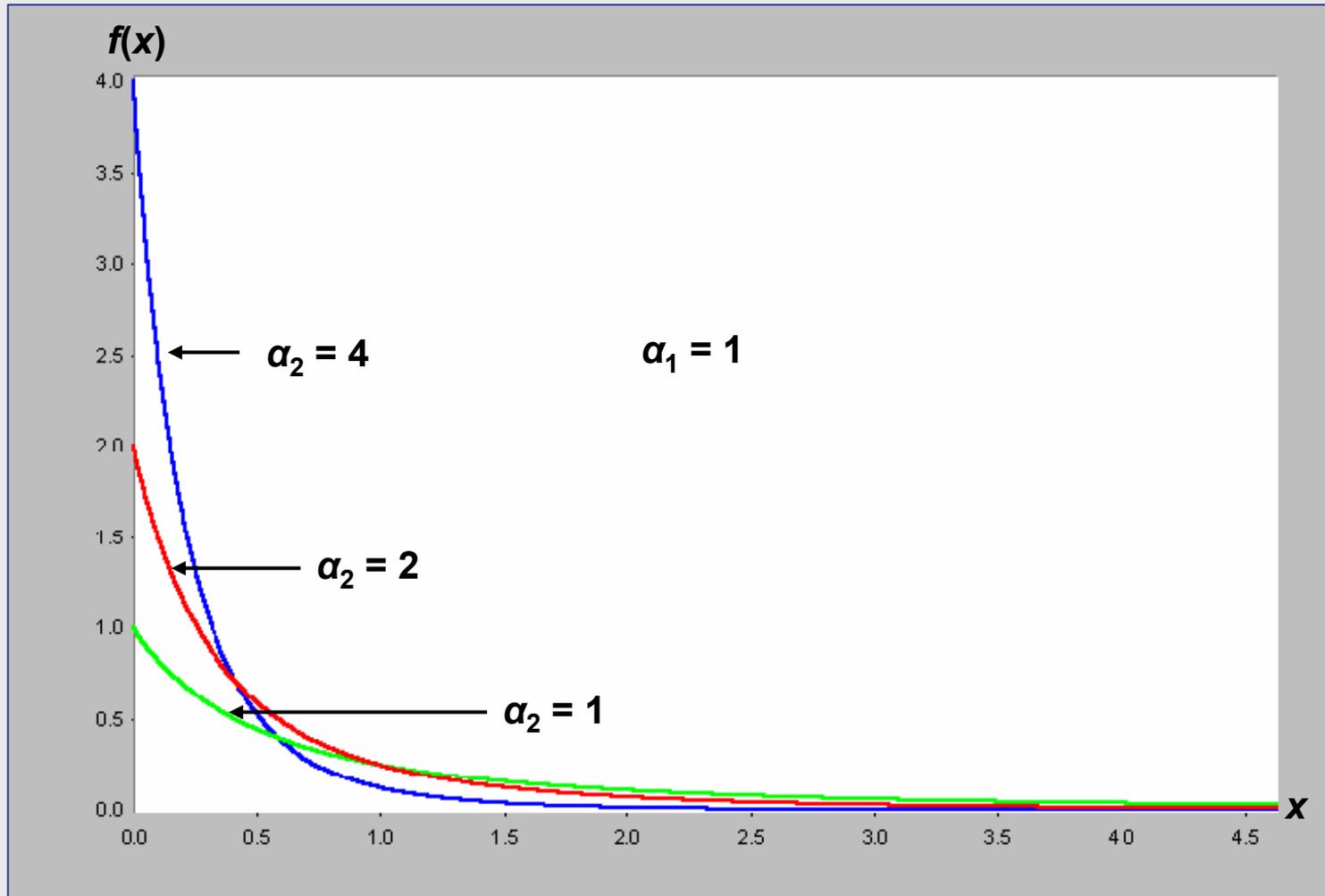


TIPO PEARSON V - PT5(α , β)

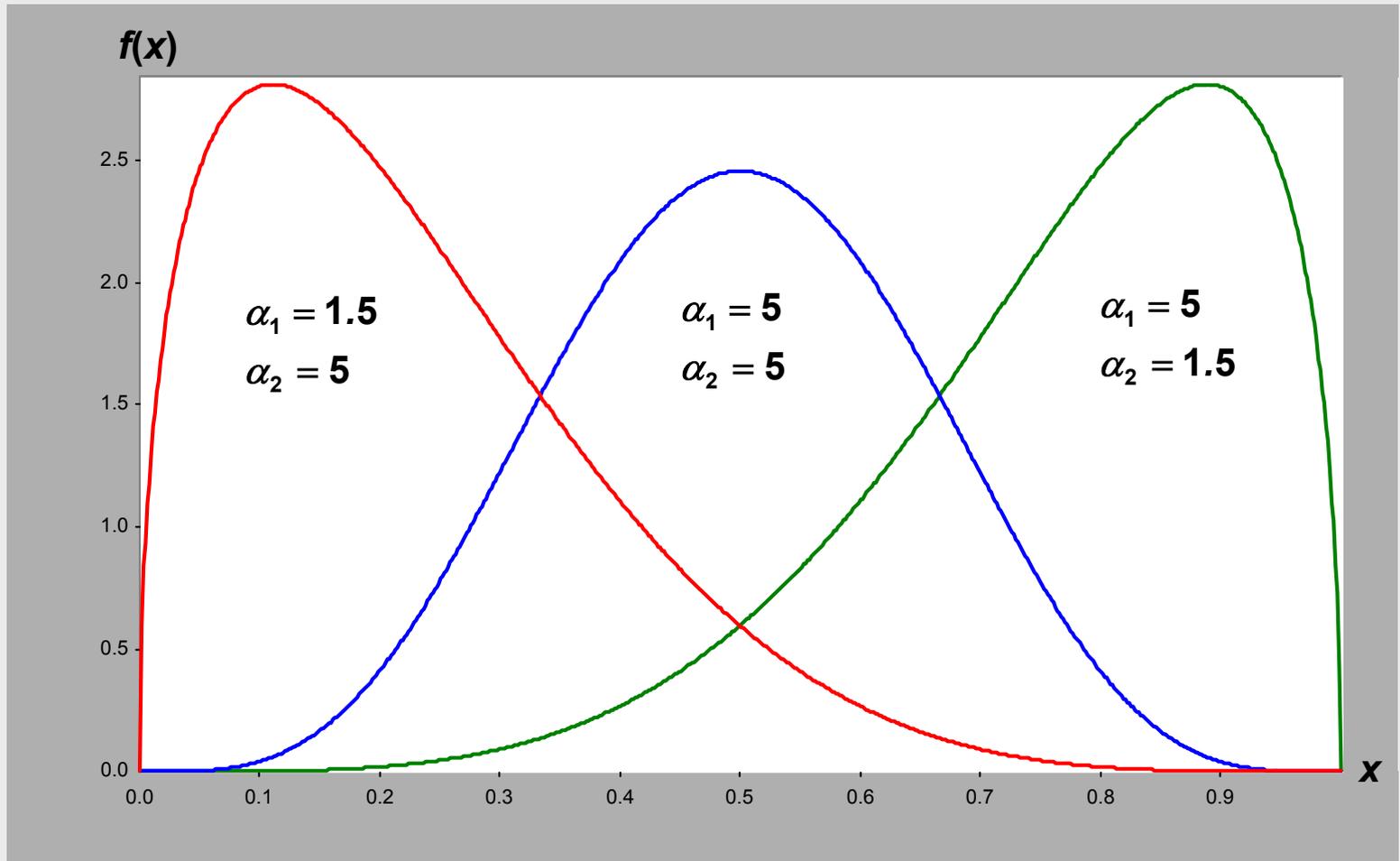


PT5(α , 1) funciones de densidad

TIPO PEARSON VI - PT6($\alpha_1, \alpha_2, \beta$)

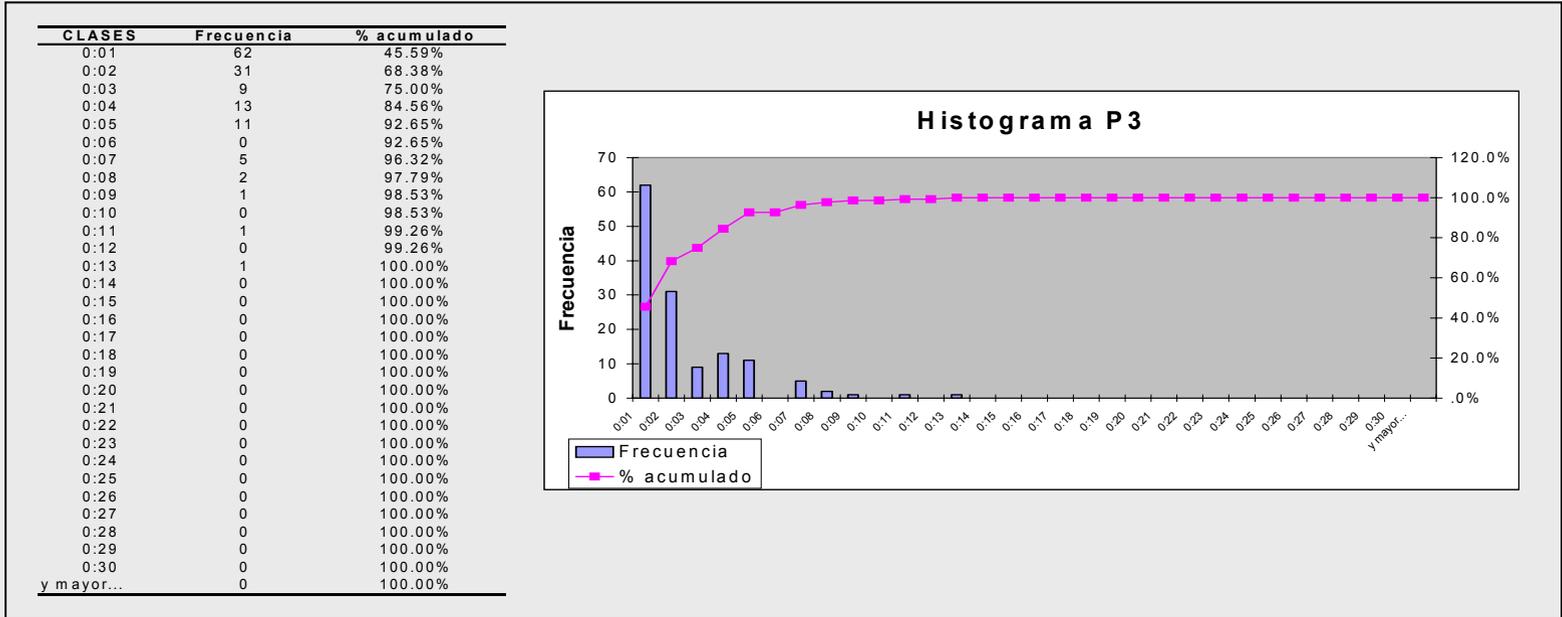


BETA - beta(α_1, α_2, a, b)



beta($\alpha_1, \alpha_2, 0, 1$) funciones de densidad

AJUSTE DE DISTRIBUCIONES: CASO PRACTICO



Hipótesis Ho: 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 Ho

AJUSTE DE DISTRIBUCIONES: CASO PRACTICO (2)

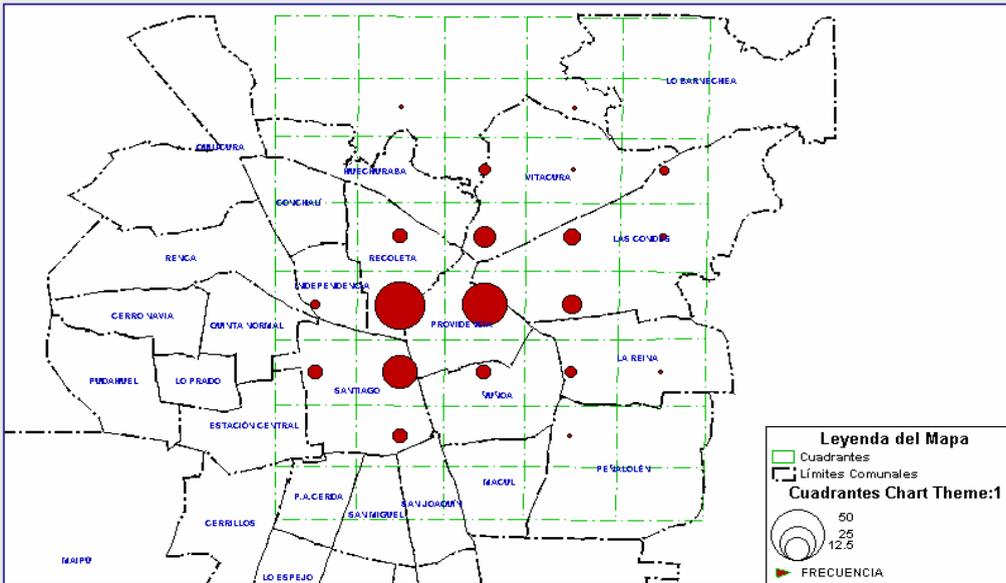
DISTRIBUCIONES EMPÍRICAS

Distribución Geográfica Clientes

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

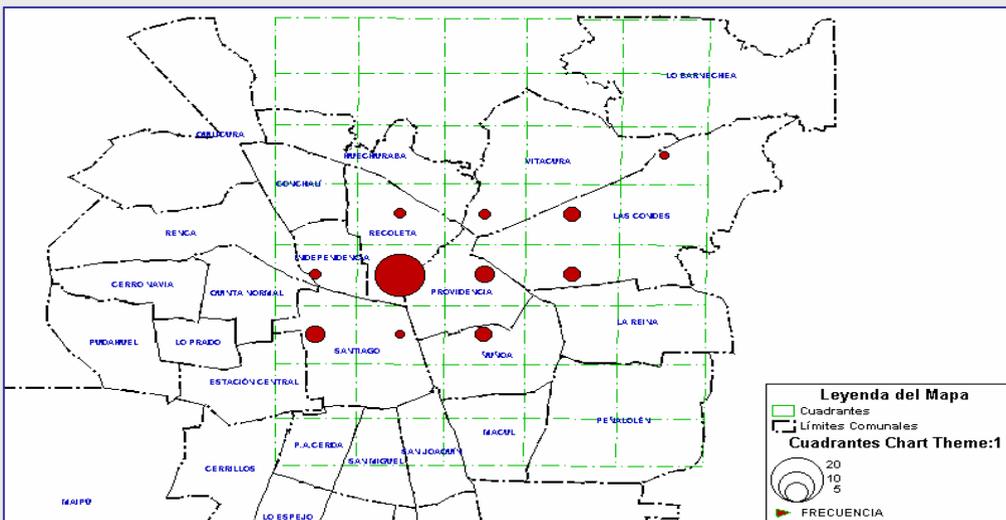
cuadrantes con cero pedido:

$$P = 1/10.000$$



Distribución Geográfica Restaurantes

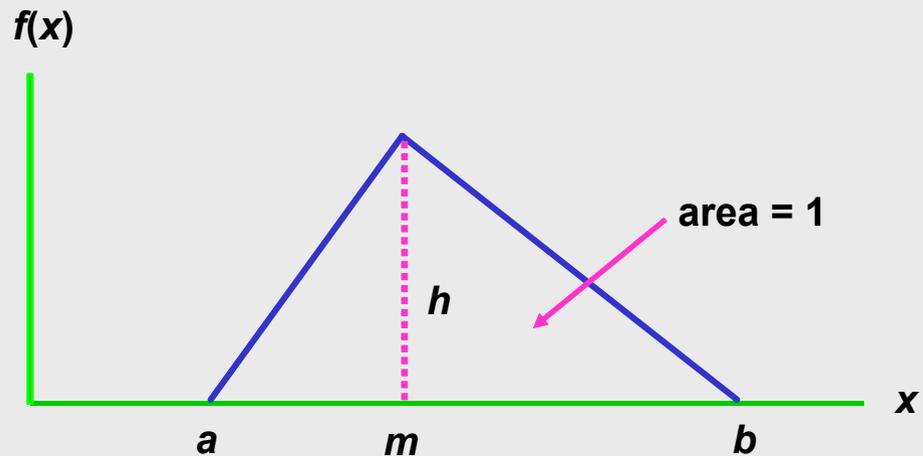
$$P_{restaurante} = \frac{PedidosRestaurante}{PedidosTotales}$$



ELIGIENDO UNA DISTRIBUCIÓN EN LA AUSENCIA DE DATOS

Asuma que la variable aleatoria X es continua y asigne un tiempo para la tarea.
Consulte con un experto en la materia para las siguientes estimaciones subjetivas:

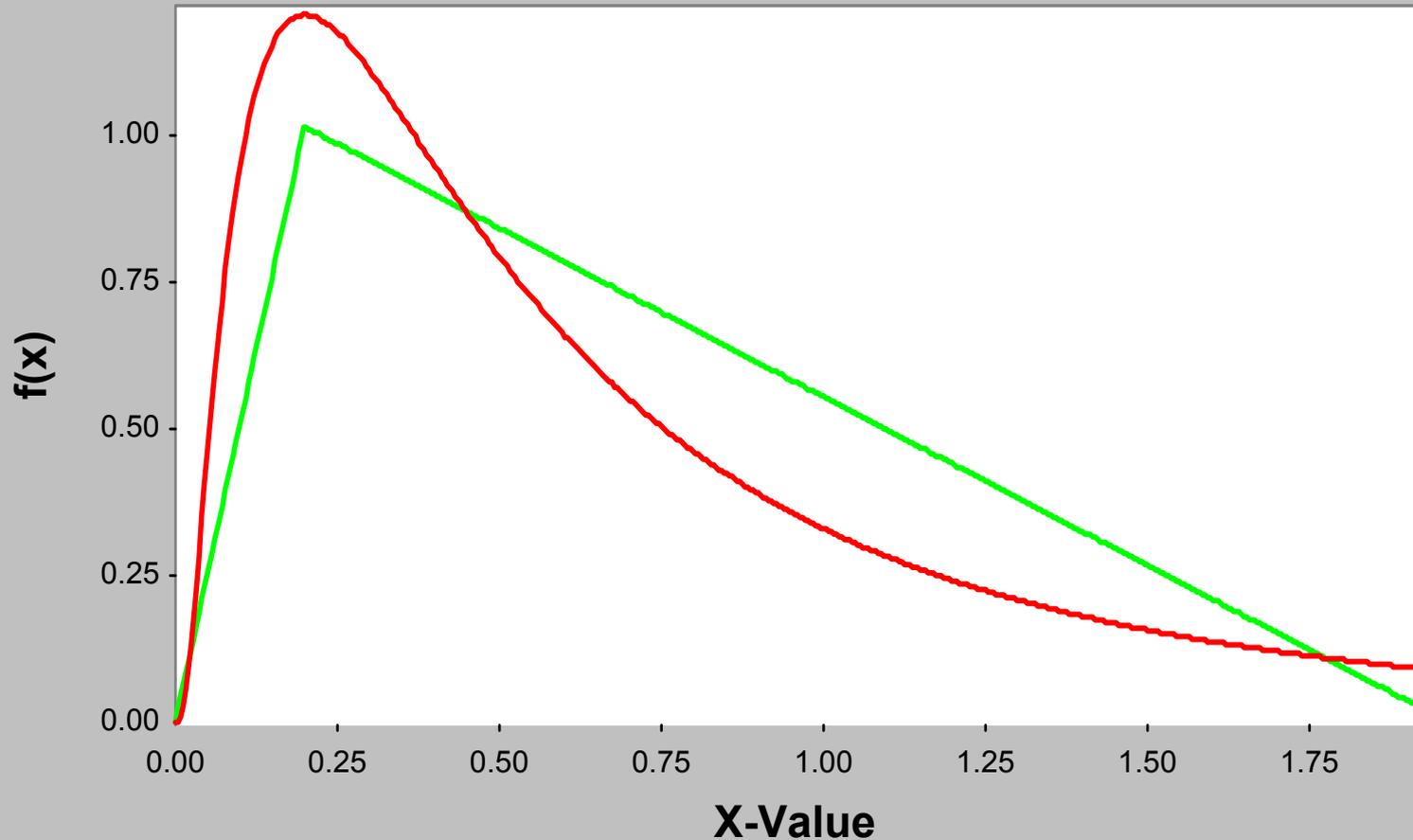
- a = tiempo mínimo de tarea
- b = tiempo máximo de tarea
- m = tiempo probable de tarea (modo)



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

Density Function Plot



1 - Lognormal

2 - Triangular



ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN

ESTUDIO DE SISTEMAS DINÁMICOS

JAIME MIRANDA

Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Chile