

# Análisis de Datos de Entrada y Salida

## Modelación y Simulación 2



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ciencias y Sistemas

25/04/2016

# Índice

Objetivos

Alcance

Contenido

Resumen

Preguntas



# OBJETIVOS



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ciencias y Sistemas**

25/04/2016

# Objetivos

- Estudiar el uso de las distribuciones de probabilidad en los proyectos de simulación por computadora.
- Aplicar el análisis estadístico de los datos de entrada y salida.



# ALCANCES



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ciencias y Sistemas**

25/04/2016

# Alcance

- Caracterización de las distribuciones de probabilidad
- Análisis de los datos de salida de la simulación
- Ejemplos



# ANÁLISIS DE DATOS DE ENTRADA Y SALIDA



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ciencias y Sistemas**

25/04/2016



- El análisis de datos es un elemento clave de la simulación por computadora.
- Sin un análisis de datos de entrada, el modelo de simulación no puede ser creado y validado apropiadamente.
- De la misma forma, sin un apropiado análisis de datos de salida no se pueden extraer conclusiones válidas y no se pueden hacer recomendaciones certeras.





- Tres actividades principales están asociadas con los datos de entrada necesarios para la construcción de un modelo de simulación válida:
  1. Análisis de datos de entrada
  2. Generación de números aleatorios
  3. Generación de variables aleatorias



# Caracterización de las distribuciones de probabilidad

Una función de masa de probabilidad (PMF) o si los valores de los datos son continuas, una función de densidad de probabilidad (PDF), es un modelo para representar los patrones aleatorios en los datos de campo.



Una PMF es una función matemática que asigna un valor de probabilidad para un valor dado o intervalo de valores de una variable aleatoria.

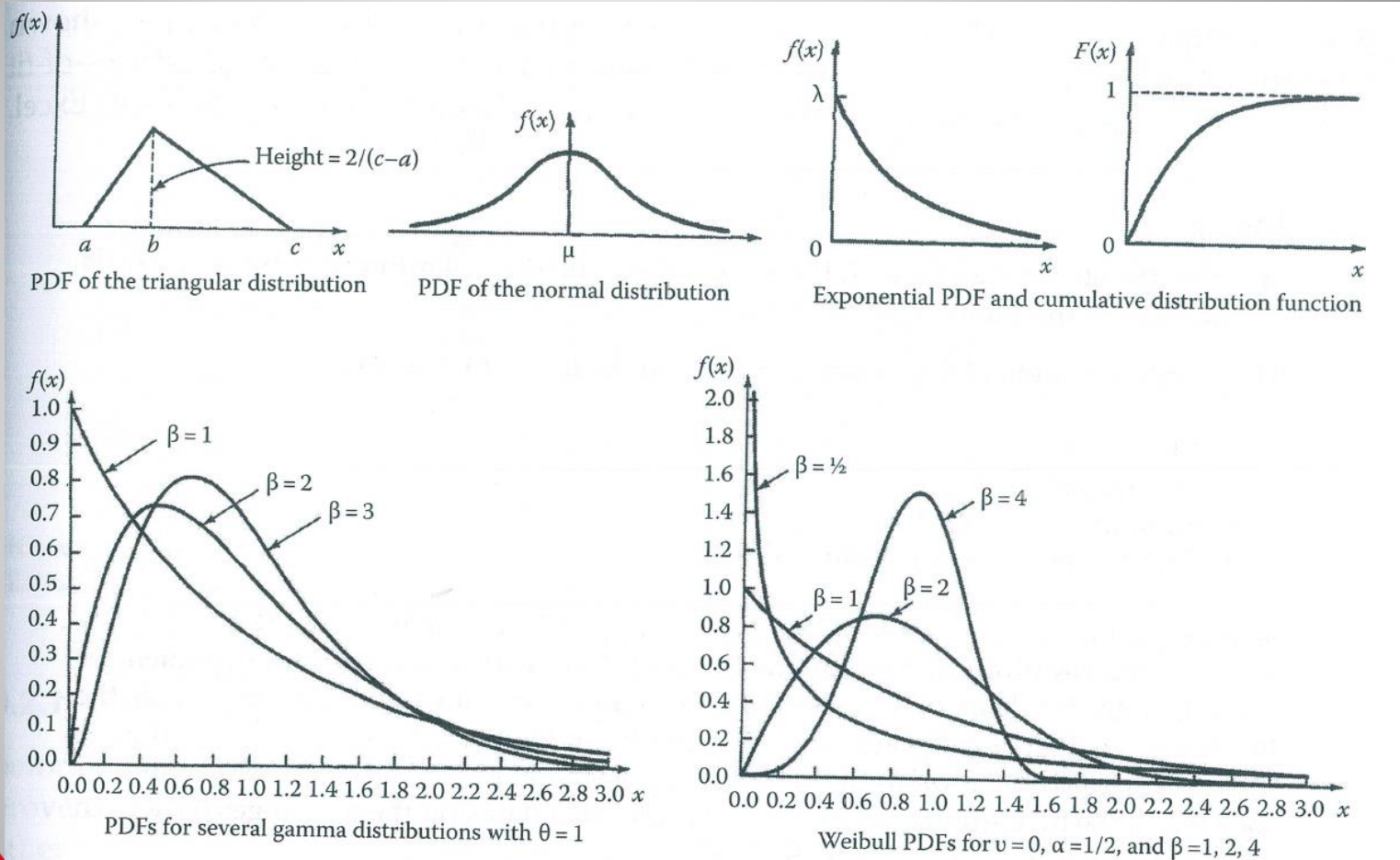
Los investigadores han determinado empíricamente que muchos fenómenos aleatorios en la práctica se pueden caracterizar utilizando un número bastante reducido de funciones de probabilidad y densidad.



# Algunas de las distribuciones más conocidas son:

- Uniforme
- Triangular
- Normal
- Exponencial
- Binomial
- Poisson







Un método sencillo para la identificación de una función de distribución de probabilidad adecuada es el análisis gráfico de los datos utilizando un gráfico de frecuencia o histograma.

Los histogramas son creados por la división de los datos de muestra en una serie de contenedores o intervalos de igual anchura y mutuamente excluyentes.



# Ejemplo

La siguiente muestra representa el tiempo en minutos entre llegadas de reclamos a un agente de seguros.

Interarrival Times

13	294	134	16	107	87
242	164	82	32	84	411
204	83	89	77	23	16
21	55	27	8	34	71
6	315	280	166	323	61
172	18	118	52	135	52
29	72	95	150	219	58
7	153	72	299	66	221
22	70	108	115	85	15
53	114	55	25	38	60





# Solución

La caracterización de los datos inicia calculando los siguientes valores:

- Mínimo
- Máximo
- Media
- Desviación Estándar



# Solución

<i>Estadística Descriptiva</i>	
Media	104.55
Error típico	12.0479603
Mediana	74.5
Moda	55
Desviación estándar	93.3230992
Varianza de la muestra	8709.20085
Curtosis	1.43105437
Coficiente de asimetría	1.38301614
Rango	405
Mínimo	6
Máximo	411
Suma	6273
Cuenta	60



# Solución

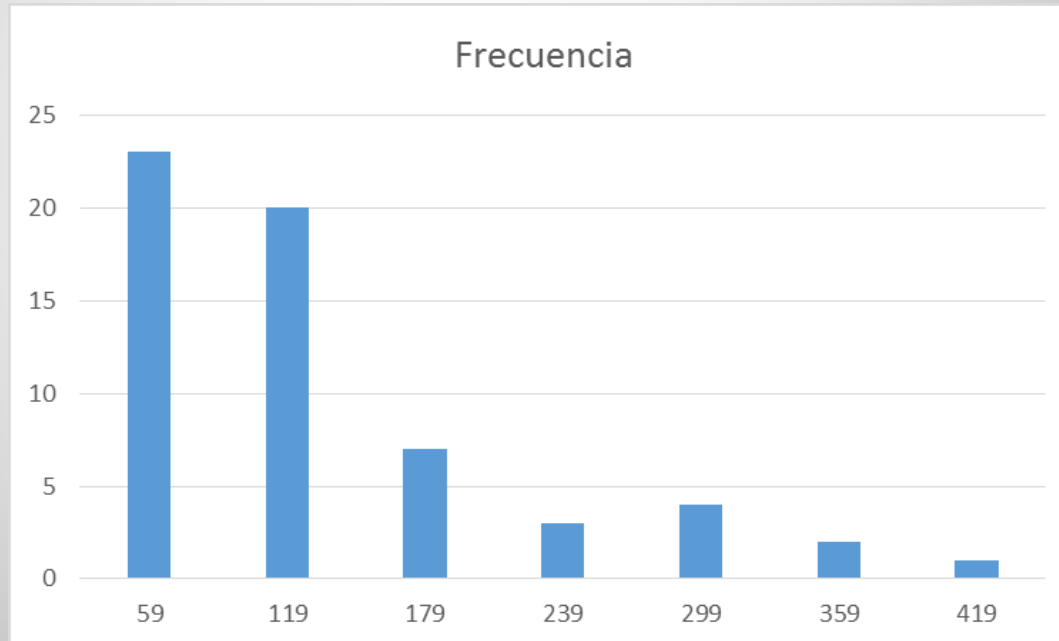
Si configuramos el ancho de los intervalos a 60, obtenemos la siguiente distribución de frecuencias:

<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Frecuencia</i>
0	59	23
60	119	20
120	179	7
180	239	3
240	299	4
300	359	2
360	419	1
y mayor...		0



# Solución

## Graficando el Histograma:



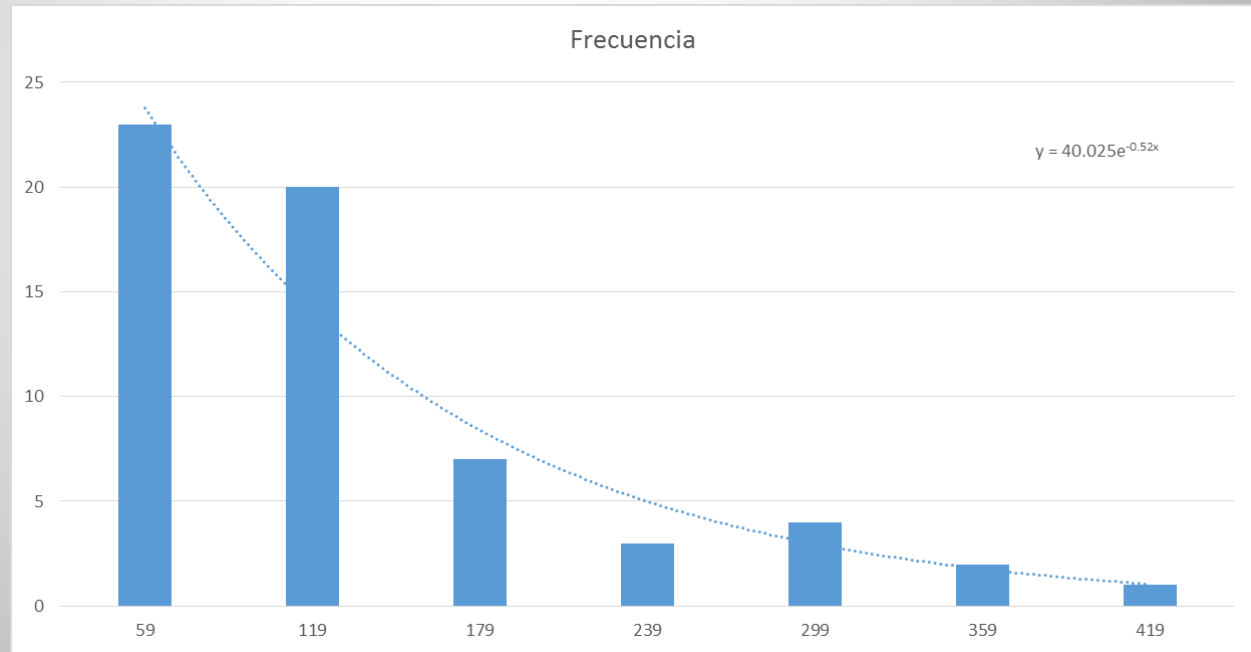
# Función de probabilidad

- Se debe buscar entre las distribuciones de probabilidad, cuál de ellas se ajusta más a nuestros datos.
- Existen herramientas que ya realizan estas pruebas y pueden indicarnos cuál de ellas se ajusta más a nuestros datos.



# Función de probabilidad

- Utilizando MS Excel se puede obtener algunas de las distribuciones de probabilidad:





# Función de probabilidad

- Utilizando Stat::Fit, que es un paquete incluido en ExtendSim, se pueden generar estas distribuciones y realizar pruebas de ajuste:

Table 9.1.sfp: Automatic Fitting

Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Pearson 6(6., 1.99e+003, 1.13, 24.)	97.5	do not reject
Inverse Weibull(-60.4, 2.39, 8.8e-003)	85.8	do not reject
Gamma(6., 1., 98.5)	79.	do not reject
Erlang(6., 1., 98.5)	79.	do not reject
Exponential(6., 98.5)	79.	do not reject
Johnson SU(-3.16, 6.42, -3.41, 1.09)	69.8	do not reject
Lognormal(-4.57, 4.32, 0.907)	69.4	do not reject
Inverse Gaussian(-11.7, 136, 116)	66.9	do not reject
LogLogistic(6., 1.51, 65.9)	58.6	do not reject
Pearson 5(-25.4, 2.5, 206)	57.6	do not reject
Weibull(6., 0.949, 96.5)	46.7	do not reject
Beta(6., 464, 0.839, 2.87)	44.5	do not reject
Extreme Value IA(69., 72.8)	2.61	reject
Logistic(88.8, 48.9)	0.917	reject
Laplace(74.5, 66.3)	0.261	reject
Cauchy(67.2, 39.3)	0.164	reject
Chi Squared(-4.25e+003, 4.35e+003)	0.139	reject
Rayleigh(-38.8, 121)	0.114	reject
Normal(105, 92.5)	0.108	reject
Power Function(6., 445, 0.46)	3.58e-002	reject
Extreme Value IB(156, 115)	7.31e-004	reject
Triangular(5.91, 422, 5.98)	0.	reject
Pareto(6., 0.412)	0.	reject
Uniform(6., 411)	0.	reject
Johnson SB	no fit	reject





# Análisis de los datos de salida de la simulación

En el contexto del diseño de procesos de negocio, los estudios de simulación son realizados por las siguientes razones:



- Para estimar las características (por ejemplo, media y desviación estándar) de las variables de salida (por ejemplo, CT, rendimiento, WIP, utilización de recurso y costos) dado algunas condiciones de entrada y los valores de configuración de los parámetros clave. Esta estimación ayuda a entender el comportamiento y el rendimiento de un proceso de negocio existente o predecir el comportamiento de un diseño propuesto.



- Para comparar las características (ejemplo, mínimo y máximo) de las variables de salida dadas algunas condiciones de entrada y los valores de configuración de los parámetros clave. Estas comparaciones ayudan a elegir el mejor diseño de un conjunto de configuraciones de proceso alternativas. También, las comparaciones se pueden utilizar para determinar las mejores condiciones de operación para un diseño de proceso propuesto.



## Ejemplo

- Un modelo de simulación se ha construido para estimar el número de pólizas de seguros que están en proceso al final de un día de trabajo en un servicio de suscripción. Después de ejecutar el modelo de simulación una vez, el WIP se estima en 20 pólizas al final del día.



# Ejemplo

- Tomar decisiones en base al enunciado anterior sería un gran error. La estimación está basada en una sola corrida que representa un día de trabajo iniciando con un proceso vacío, es decir que el WIP al inicio de cada día sería 0, lo cuál es un error ya que al correrlo varias veces se puede observar que el proceso no es estable y el WIP se aumenta cada día. Esto es confirmado con la ejecución del modelo para 300 días obteniendo un resultado final de 1487 pólizas.





# No terminación de procesos

Un proceso sin terminar es aquel cuya operación no termina naturalmente durante un horizonte de tiempo práctico.

Muchos procesos de negocio tienen esta característica.



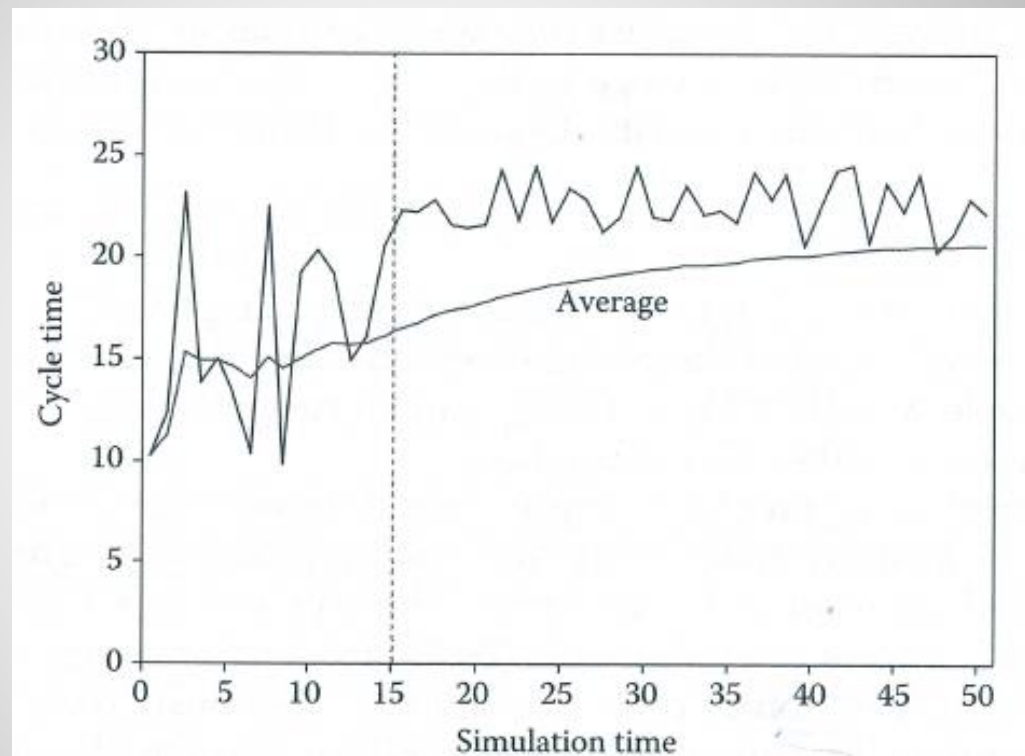
- Por ejemplo, creación de una orden, aprobación de créditos, suscripción de pólizas, etc.
- Estos procesos sin terminar tienen la particularidad que las condiciones con las que terminan un día son las condiciones iniciales del siguiente día.
- Otros sistemas, como las redes de tráfico y las telecomunicaciones son claramente procesos sin terminar debido a que su operación no se divide en unidades discretas de tiempo (como días laborables).





- La mayoría de los procesos sin terminar eventualmente llegan a ser estables.
- Usualmente los procesos sin terminar pasan a través de una etapa transitoria antes de llegar a ser estables.
- Una variable de salida, tal como la utilización de un recurso, exhibe un período transitorio en el comienzo de una simulación antes de alcanzar un estado de equilibrio que representa la condición de largo plazo para el recurso dado.





# Procesos terminados

Un proceso terminado es aquel que usualmente inicia en un estado vacío y también termina en un estado vacío.

El proceso termina después de un tiempo determinado.



# Ejemplo

Un proyecto consiste en siete actividades con duración y relaciones de precedencia dadas a continuación:

Activity	Duration (Days)	Immediate Predecessor
A	Uniform (2, 6)	None
B	Uniform (2, 17)	None
C	Exponential (7)	A and B
D	Normal (8, 2)	B
E	Normal (4, 1)	C and D
F	Beta (7, 2) with min = 3, max = 9	D
G	Exponential (5)	E and F



# Ejemplo

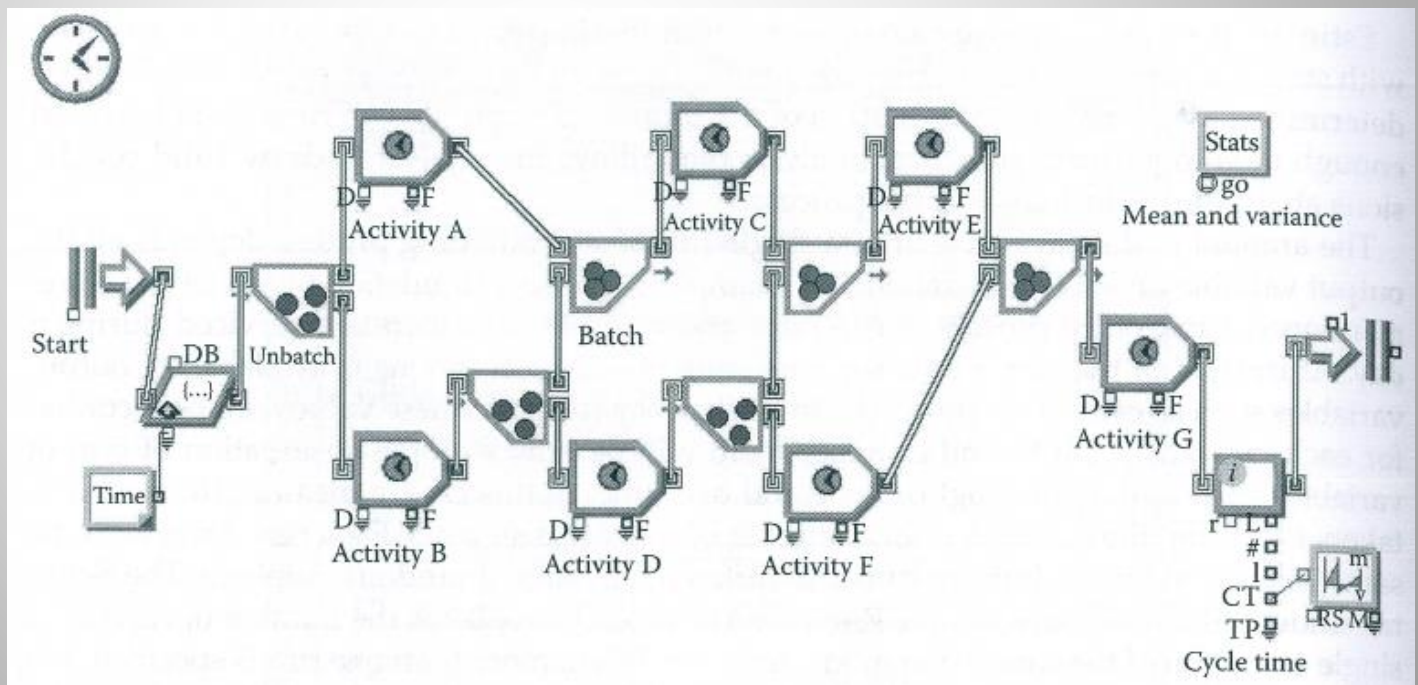
Por lo que se necesita calcular el tiempo de ciclo (CT) del proceso mediante la modelación y simulación.





# Ejemplo

El modelo del enunciado anterior quedaría de la siguiente forma:



## Ejemplo

Para estimar el resultado, el modelo anterior se ejecutó 100 veces usando 200 unidades de tiempo.

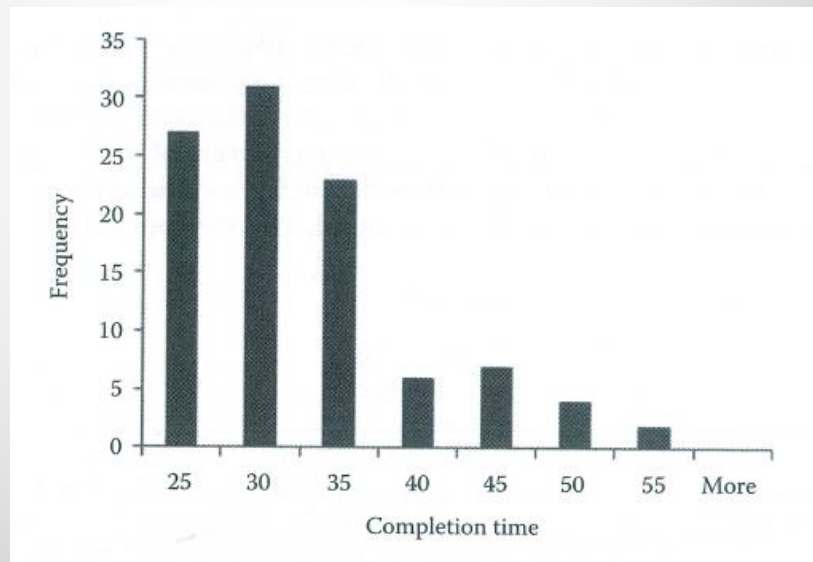
Utilizando las herramientas estadísticas se exportaron los datos de salida a Excel.





## Ejemplo

Luego se construyó el histograma sobre los datos de salida y se obtuvo lo siguiente:



## Ejemplo

El histograma muestra que más del 80% del tiempo el proyecto es completado en 35 días o menos. El tiempo esperado para completar el proyecto es de 30.2 días con una desviación estándar de 7.4 días.



# Resumen

