

# UNIVERSIDAD AUTONOMA



## DEL NORESTE AC

GESTION DE NEGOCIOS DE MANUFACTURA

ACUÑA COAH. SEPT-2011



**MATERIA.- ESTADISTICA APLICADA AL CONTROL DE CALIDAD Y 6 SIGMA.**

**MAESTRO.- ALEJANDRO GARZA.**

**PROYECTO FINAL.- MANUAL GENERAL MINITAB**

--Integrantes del Grupo--

- Jazmín Sifuentes
- Alejandro Cervantes
- Francisco García
- Irving Ossiel Cruz
- Juan Barrera
- Lauro De Luna
- Manuel Martínez
- Mauro Martínez
- Omar Hernández
- Ricardo Daniel Adame

# 6σ

# MANUAL MINITAB

Tema	pg #
1.- SIGMAS.....	3
2.- PROMEDIO.....	5
3.- DESVIACIÓN STD.....	6
4.- PRUEBA DE NORMALIDAD.....	11
5.- GRÁFICAS DE CONTROL.....	12
6.- PROMEDIO Y DESVIACIÓN STANDARD.....	20
7.- 1 SAMPLE T-TEST.....	22
8.- ANÁLISIS DE CAPACIDAD CPK.....	27
9.- SIX PACK.....	32
10.- REGRESIÓN.....	34
11.- CORRELACIÓN.....	38
12.- 2 SAMPLE T-TEST.....	40
13.- GAGES R y R.....	43



# 1.- NIVEL SIGMA

Sigma es una medida de variabilidad. Indica que “información” cae dentro de los requerimientos de los clientes, entre más grande es la sigma del proceso, mayores son las salidas del proceso de los productos y servicios que reúnen los requerimientos de los clientes

$\delta$  = Sigma

$\delta$  = Desviación estándar, mide la variación de datos

**6 $\delta$**  = Es equivalente a cero defectos. Es un nivel de funcionamiento correcto del 99.9997 por 100; donde los defectos en procesos y productos son prácticamente inexistentes.

Nivel $\sigma$	DPMO	Nivel de calidad (%)
1	690,000	30.8511
2	308,537	69.1230
3	66,807	93.3319
4	6,210	99.3790
5	233	99.9767
6	3.40	99.9997

El nivel de Sigma se determina de la diferencia de la **Media (X)** con los Límites superior (LS) e inferior (LI) entre la **desviación estándar**, seleccionando el Resultado mayor.

## Ejemplo

De los datos obtenidos de un proceso

Especificación = 100 +/-15

Límite Superior (LS) = 115

Límite Inferior (LI) = 85

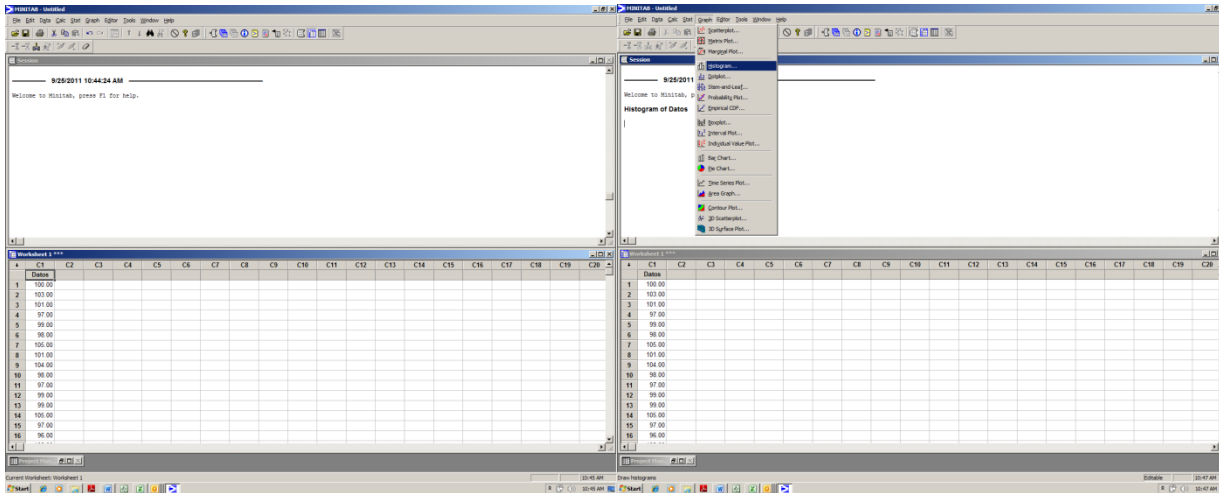
Media (X) = 99.55

Desviación Estándar = 2.98

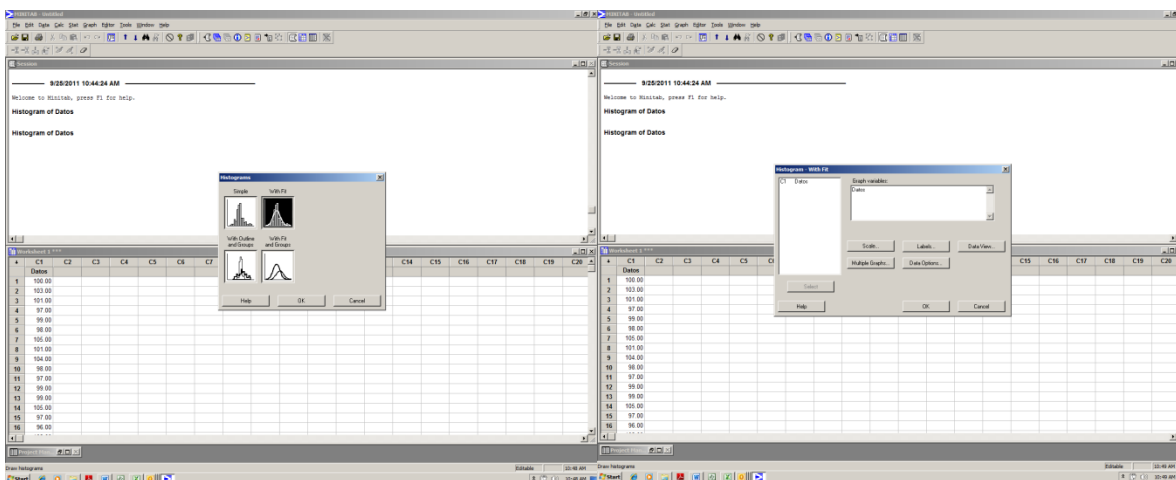
- $LS (115) - X(99.55) / \text{Desviación Estándar} (2.98) = 15.55 / 2.98 = 5.22$
- $LI (85) - X(99.55) / \text{Desviación Estándar} (2.98) = 14.55 / 2.98 = 4.88$

**Nivel Sigma = 5**

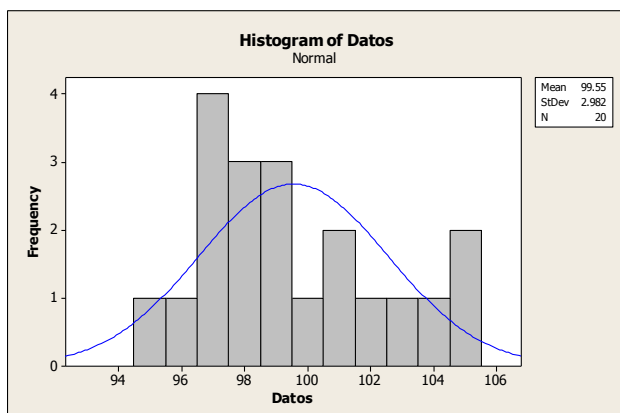
- Para el cálculo de la media y la desviación estándar usando MINITAB, vaciar los datos obtenidos en la hoja de trabajo MINITAB
- Seleccionar Histograma en el menú de Graficas



- Seleccionar la gráfica “WithFit”
- Seleccionar la columna de datos en el campo “Graph Variables”



- Obtener la Media y Desviación estándar de la gráfica resultante.



## 2.- PROMEDIO (MEDIA)

El promedio aritmético o media describe con un valor individual a todo un conjunto de observaciones, se conoce como la medida de tendencia central de mayor utilidad.

se obtiene dividiendo la suma de los valores observados en una serie entre el número de lecturas.

La media de una muestra (unos cuantos) se representa con el símbolo  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Suma de valores observados de una muestra

número de elementos de la muestra

La media de una población (todo) se representa con el símbolo  $\mu$

$$\mu = \frac{\sum x}{N}$$

Suma de valores de toda la población

número de elementos de la toda la población

Por ejemplo, el tiempo de espera (en minutos) de cinco clients en el banco fue de : 3, 2, 4, 1, y 2.

El tiempo promedio de espera es:

$$\bar{x} = \frac{3 + 2 + 4 + 1 + 2}{5} = \frac{12}{5} = 2.4 \text{ min}$$

En promedio, un cliente espera 2.4 minutos por servicio en un banco.

# 3.-DESVIACION STANDARD

## ¿Que es desviación estándar ( $\sigma$ )?

La desviación Estándar, en un conjunto de datos es una medida de dispersión, que nos indica cuánto pueden alejarse los valores respecto al promedio (media), por lo tanto es útil para buscar las probabilidades de que un evento ocurra

La desviación estándar puede ser interpretada como una medida de incertidumbre. Cuando se va a determinar si un grupo de medidas está de acuerdo con el modelo teórico, la desviación estándar de esas medidas es de vital importancia: si la media de las medidas está demasiado alejada de la predicción (con la distancia medida en desviaciones estándar), entonces consideramos que las medidas contradicen la teoría. Esto es coherente, ya que las mediciones caen fuera del rango de valores en el cual sería razonable esperar que ocurrieran si el modelo teórico fuera correcto. La desviación estándar es uno de tres parámetros de ubicación central; muestra la agrupación de los datos alrededor de un valor central (la media o promedio).

La fórmula es fácil: es la raíz cuadrada de la **varianza**. Así que, "¿qué es la varianza?"

## Varianza

La varianza (que es el cuadrado de la desviación estándar:  $\sigma^2$ ) se define así:

Es la media de las diferencias con la media **elevadas al cuadrado**.

En otras palabras, sigue estos pasos:

1. Calcula la media (el promedio de los números)
2. Ahora, por cada número resta la media y eleva el resultado al cuadrado (la diferencia elevada al cuadrado).
3. Ahora calcula la media de esas diferencias al cuadrado.

## **\*Nota: ¿por qué *al cuadrado*?**

Elevar cada diferencia al cuadrado hace que todos los números sean positivos (para evitar que los números negativos reduzcan la varianza)

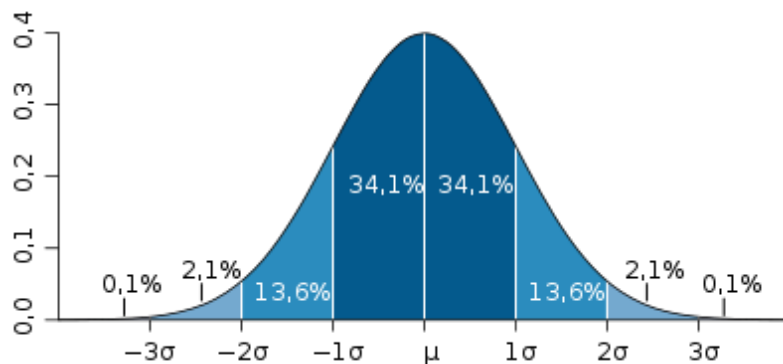
Y también hacen que las diferencias grandes se destaquen. Por ejemplo  $100^2=10,000$  es mucho más grande que  $50^2=2,500$ .

Pero elevarlas al cuadrado hace que la respuesta sea muy grande, así que lo deshacemos (con la raíz cuadrada) y así la desviación estándar es mucho más útil.

Formula de desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

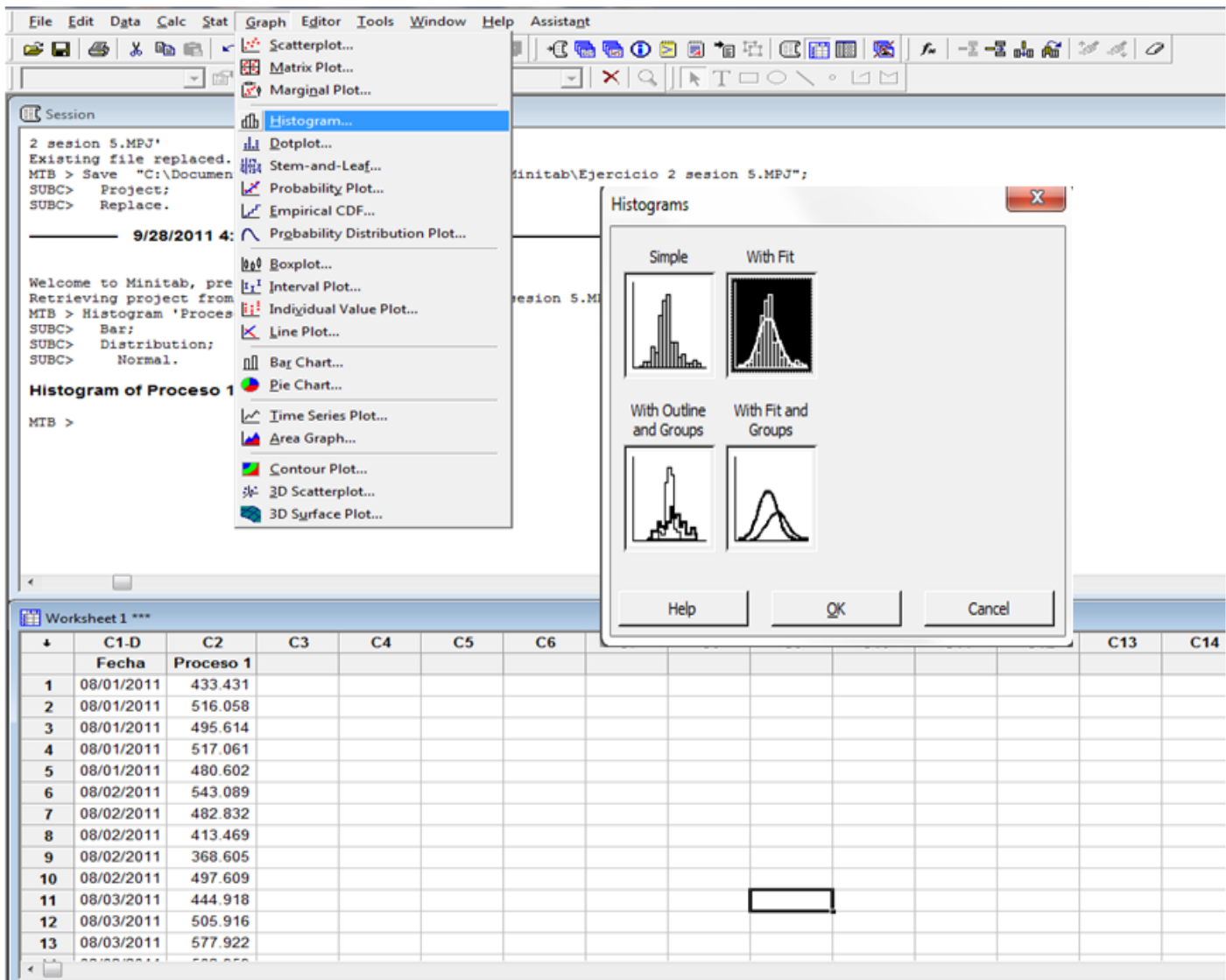
Curva de distribución Normal



La desviación estándar es un poderoso estadístico cuando es utilizado con modelos como la distribución Normal, ya que nos permite hacer predicciones acerca de la variación esperada del proceso basadas en una muestra del mismo.

Una de las propiedades de la curva normal es que si la curva se divide en desviaciones estándar, a partir del promedio:

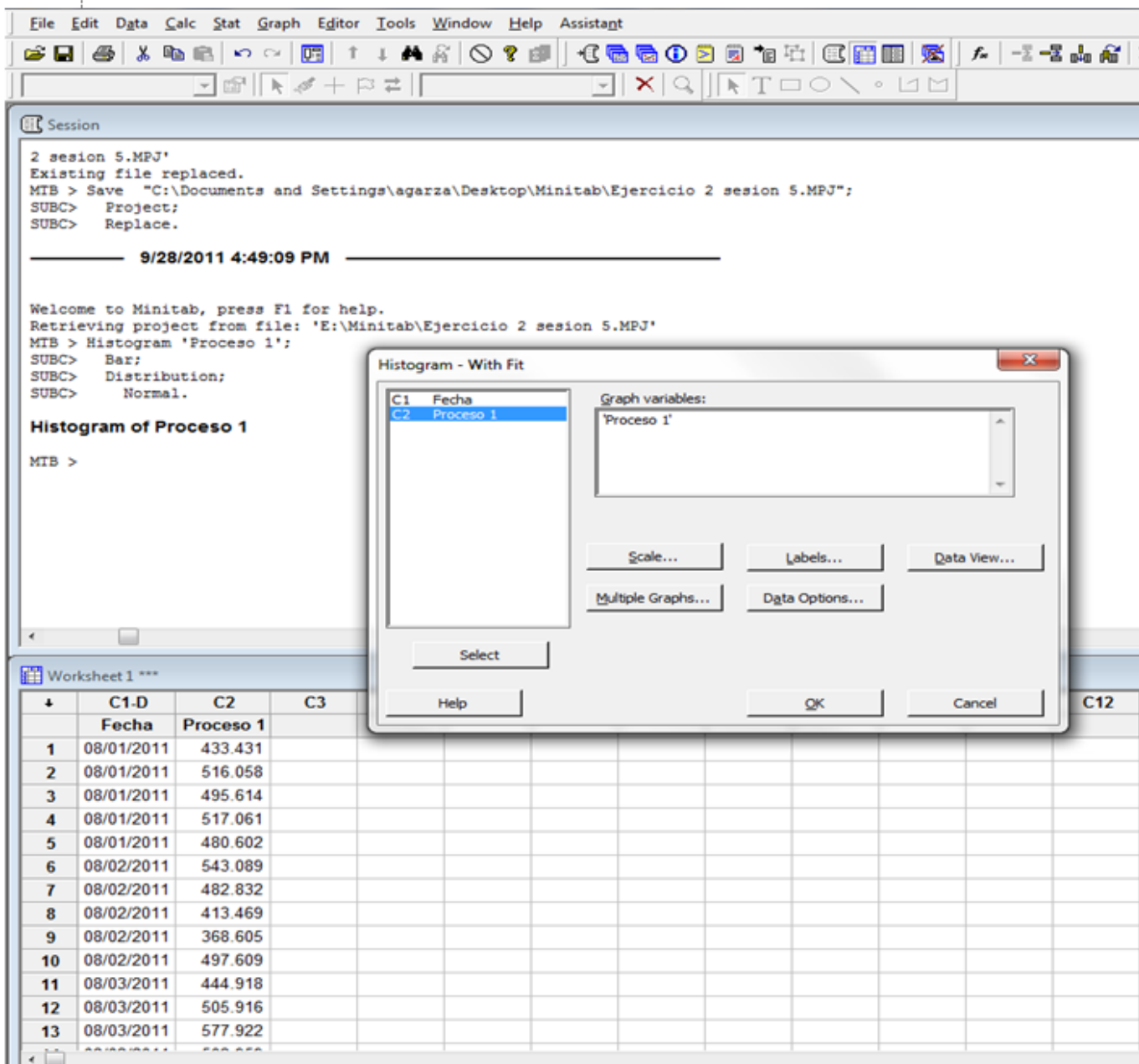
- El 68.26 % del área bajo de la curva cae dentro de  $\pm 1$  desviacion estandar
  - El 95.45% del área bajo la curva cae dentro de  $\pm 2$  desviacion estandar
  - El 99.73% del área bajo la curva cae dentro de  $\pm 3$  desviacion estandar
- 
- **A continuación mostraremos como obtener la desviación Estándar con el programa de minitab a partir de 100 datos**



## Paso #1

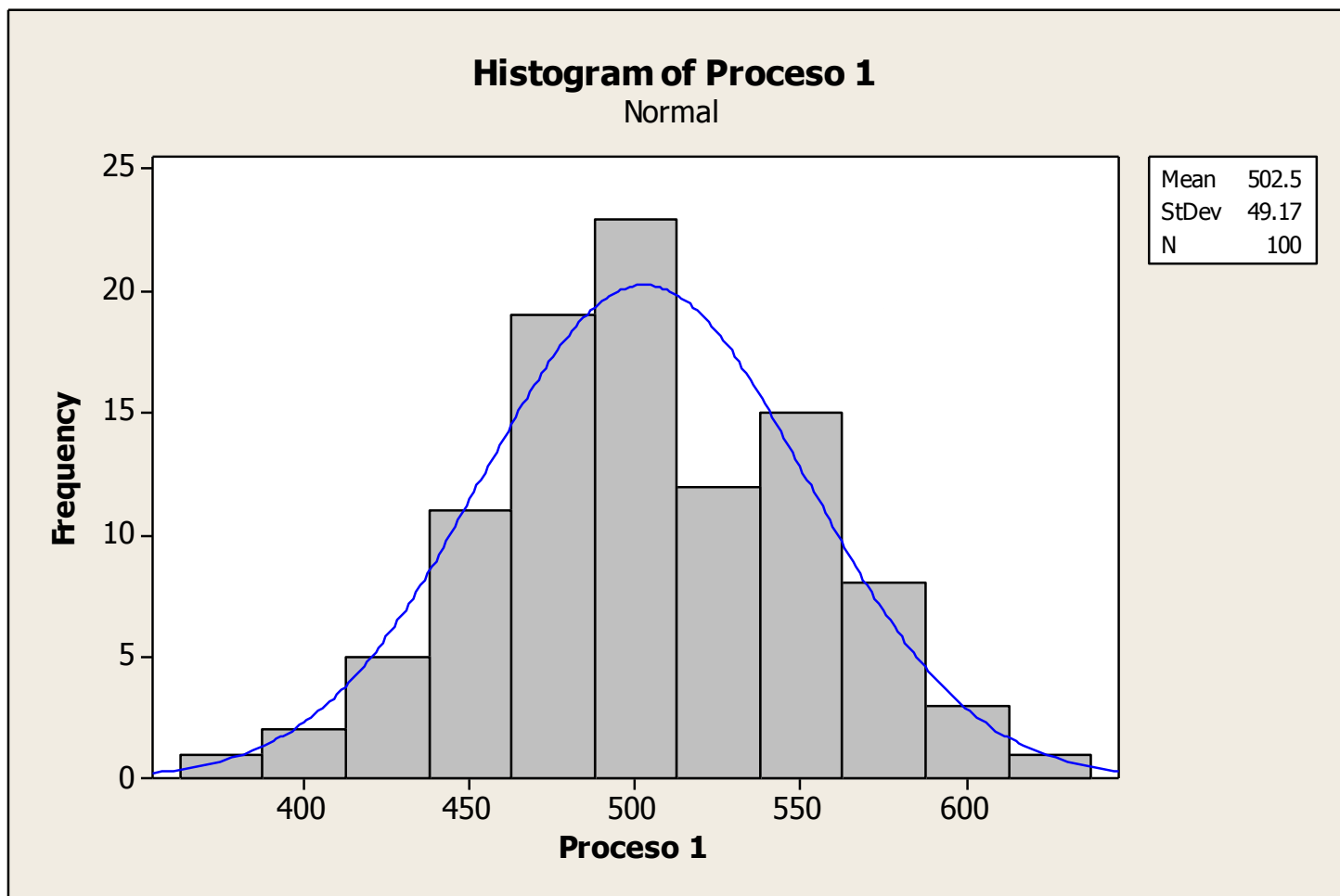
Una vez ingresados los datos en Minitab, nos vamos a la opción que dice **Graph** le damos click y seleccionamos **Histogram**, de ahí le damos click en la opción **With Fit** como se muestra en la pantalla superior





## Paso #2

Enseguida nos va aparecer la pantalla que dice **Histogram-With Fit**, de ahí nos vamos a la pantalla chica que dice **Graph variables** y le damos dos click. Enseguida nos va aparecer en la pantalla larga el nombre de la columna donde tenemos las fechas y los datos. En este caso vamos a darle doble click a la columna **C2 Proceso 1**, ya que es en donde tenemos los datos. En la pantalla **Graph variables** nos tiene que aparecer 'proceso 1' como se muestra en la pantalla superior. Paso seguido seleccionamos el botón OK



Por último obtendremos nuestra grafica en donde nos muestra la variación de nuestros datos bajo una curva normal con respecto a la media de los 100 datos. En este caso nuestra media fue de 502.5 y por otro lado nuestra desviación estándar fue de 49.17

# 4.-PRUEBA DE NORMALIDAD

Antes de realizar cualquier estudio estadístico, para determinar si los datos que se desean analizar son confiables, se debe de realizar una prueba de normalidad. Una de las pruebas más utilizadas es la Anderson-Darling.

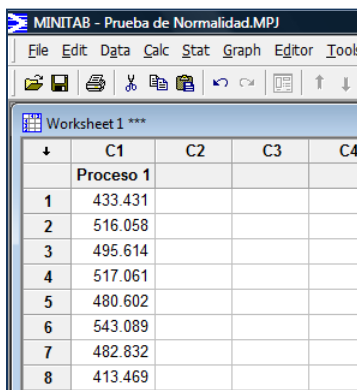
Esta prueba utiliza el "Normal Probability Plot" para verificar que los datos son normales. El grafico mostrara un Valor de Probabilidad ("P-Value"), si este es mayor a 0.05, los datos son normales con un 95% de confiabilidad.

1- para generar el grafico, se abre el archivo que contiene los registros tomados.

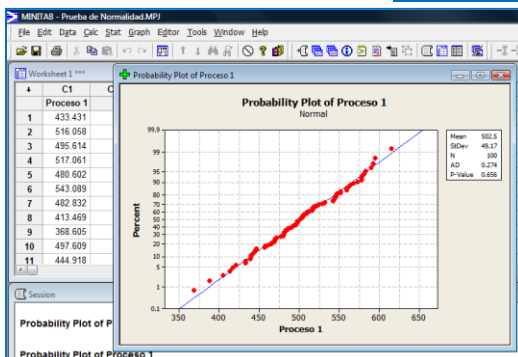
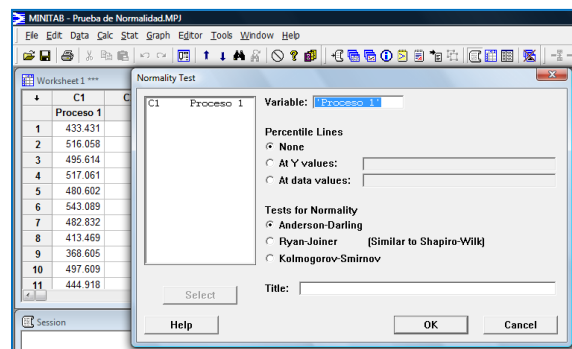
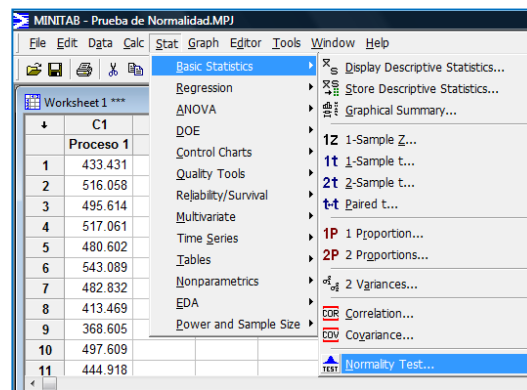
2- Seleccione.... Stat > Basic Statics > Normality Test .

3- En el recuadro **Variable**, ingrese el dato que desee analizar y asegure que este seleccionada la opción Anderson Darling.

4- Oprima Ok para que se genere el grafico de la prueba de normalidad.



	C1	C2	C3	C4
	Proceso 1			
1	433.431			
2	516.058			
3	495.614			
4	517.061			
5	480.602			
6	543.089			
7	482.832			
8	413.469			



**Interpretación:** Si  $P\text{-Value} > 0.05$ , los datos son normales con un 95% de nivel de confianza, por lo tanto para ejemplo mostrado del proceso 1 los datos mostrados son normales ya que  $P\text{-Value}$  es 0.656.

De manera visual se puede observar que los datos siguen la línea de referencia lo cual indica que vienen de una distribución normal.

## 5.- GRAFICAS DE CONTROL

**Las gráficas de control consisten en un diagrama en donde se registran sucesivamente los resultados de una inspección durante un proceso.**

Para mejorar el proceso utilizando las gráficas de control tienen que repetirse las siguientes fases.

1. Recolección.
    - Se toman los datos y se grafican.
  2. Control.
    - Se calculan los límites en base a los datos obtenidos y se grafican.
    - Se identifican las causas especiales y se llevan a cabo las acciones correctivas necesarias.
  3. Análisis y mejoramiento.
    - Se cualifica la variación debido a causas comunes y se llevan a cabo acciones para reducirla.
- Estas tres fases se repiten para lograr un mejoramiento continuo del proceso.

Los beneficios de utilizar correctamente las graficas de control pueden ser entre otros:

- Contribuir a que el proceso se desempeñe consistentemente y sea predecible.
- Proporcionar información a los operadores para un control continuo del proceso.
- Distingue las causas comunes de las especiales, como guía para llevar a cabo acciones locales o en el sistema.

Los requisitos para el uso adecuado de las graficas de control son:

- Tener definido el proceso.
- Identificar las características a controlar.
- Definir el sistema de medición.
- Ajustar el proceso para reducir la variación innecesaria.

## Graficas de Promedios, Rangos y Desviación Estándar.

Graficar y comprobar los promedios de las muestras no es suficiente, pues la media de un proceso puede permanecer estable por cortos periodos de tiempo mientras que su dispersión o variación puede cambiar.

Por lo tanto es necesario utilizar junto con la grafica de promedios la **gráfica de rangos**. Esta gráfica se basa en el concepto de que los rangos calculados para las muestras pequeñas tienden a estar distribuidos normalmente.

La gráfica de **desviación estándar** nos sirve para ver cómo se comporta el grado de dispersión de los datos con respecto a la media de las muestras.

**Promedio:** La media es el promedio. Esta se encuentra dividiendo la suma de los valores entre el número total de los valores.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{N}$$

$\bar{X}_i$ , Promedio de Subgrupo  
N Número de Subgrupos  
o también:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum x_i}{N \cdot n}$$

$x_i$  Mediciones individuales  
N Número de Subgrupos  
n Número de mediciones dentro del Subgrupo

### Rango:

Rango es una medida común de variación. Para determinar el rango reste el valor menor de una muestra al valor mayor de la misma muestra.

Rango = "R"

Xmax = Valor máximo

Xmin = Valor mínimo

R = Xmax – Xmin

### Desviación Estándar:

La desviación estándar es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio.

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - s^2/n}{n - 1}}$$

### Consideraciones para la obtención de datos.

- La variación de los subgrupos a escogerse debe ser pequeña y pueden consistir de 4 o 5 piezas consecutivas en el proceso.
- La frecuencia en la recolección de datos debe ser tomada en periodos de tiempo relativamente pequeños, esto con la intención de detectar cualquier situación que cause una variación en nuestro proceso.
- El número de subgrupos debe ser suficiente de modo que nos permita que las fuentes de variación tengan la oportunidad de verse reflejadas en nuestras gráficas.

Estas gráficas tienen una línea central que representa el promedio histórico de la característica que se esté controlando además cuenta con otras dos líneas que representan los límites superior e inferior obtenidos también de datos históricos. En el caso de minitab tanto la línea central como los límites se calculan automáticamente con los datos ingresados.

Las gráficas de control pueden ser por variables o por atributos.

Por variables:

Una característica de calidad medible como dimensión, peso, volumen es una variable cuantitativa por eso se usan las graficas de control por variables proporcionan información del rendimiento de los procesos.

- Para subgrupo de datos

Ejemplo de subgrupos

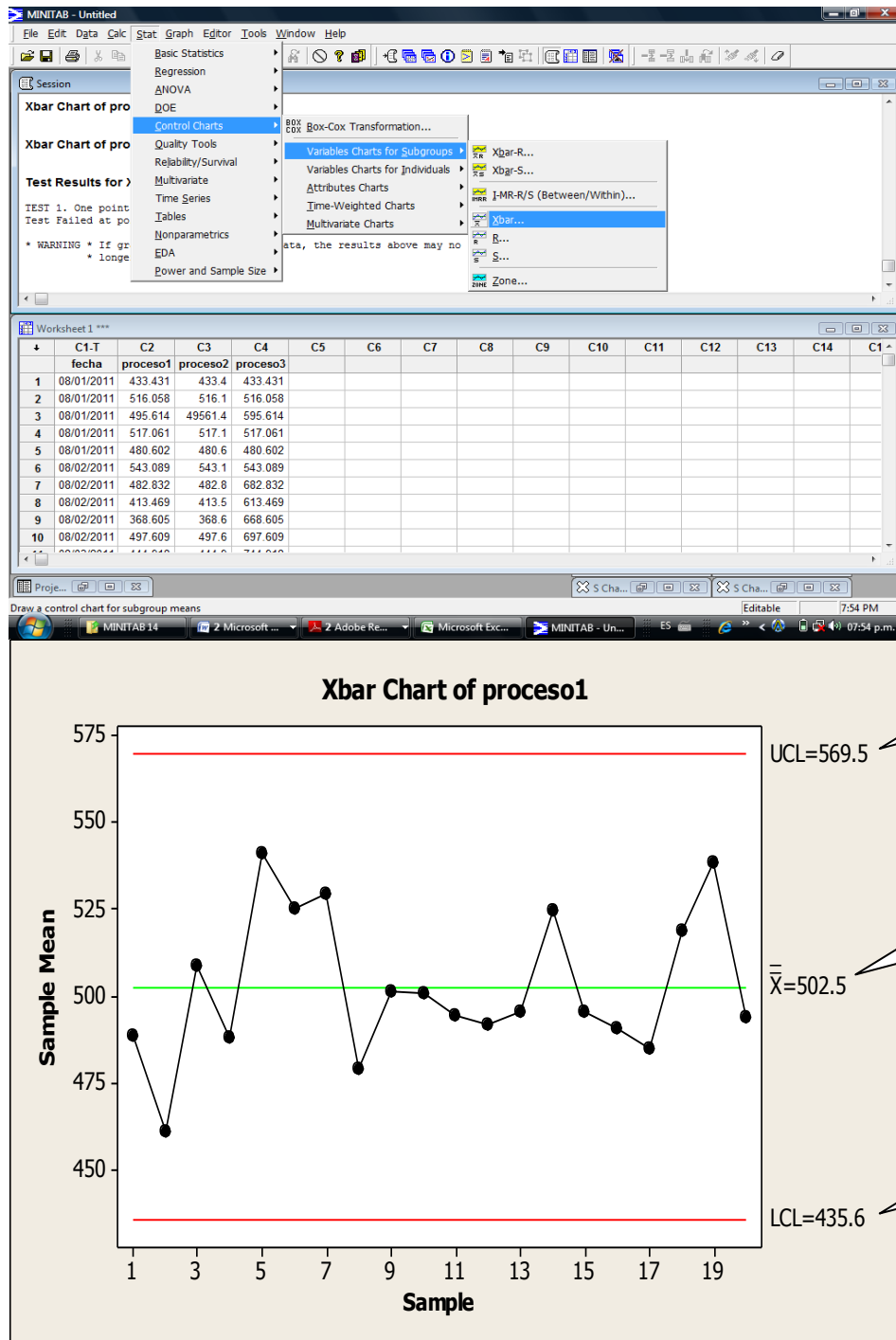
Fecha	Proceso 1	proceso 2	proceso 3	Subgrupos
08/01/2011	433.4305	433.4305	433.4305	
08/01/2011	516.0579	516.0579	516.0579	
08/01/2011	495.6135	495.6135	595.6135	
08/02/2011	543.0888	543.0888	543.0888	
08/02/2011	482.8317	482.8317	682.8317	
08/02/2011	413.4687	413.4687	613.4687	
08/03/2011	444.9185	444.9185	744.9185	
08/03/2011	505.916	577.9224	705.916	
08/03/2011	577.9224	503.9585	777.9224	

Ejemplo de un Diagrama para 20 subgrupos

## Graficas x bar

Seguiríamos los siguientes pasos en Minitab

o Stat/Control Charts/Variables Charts for Subgroups/Xbar

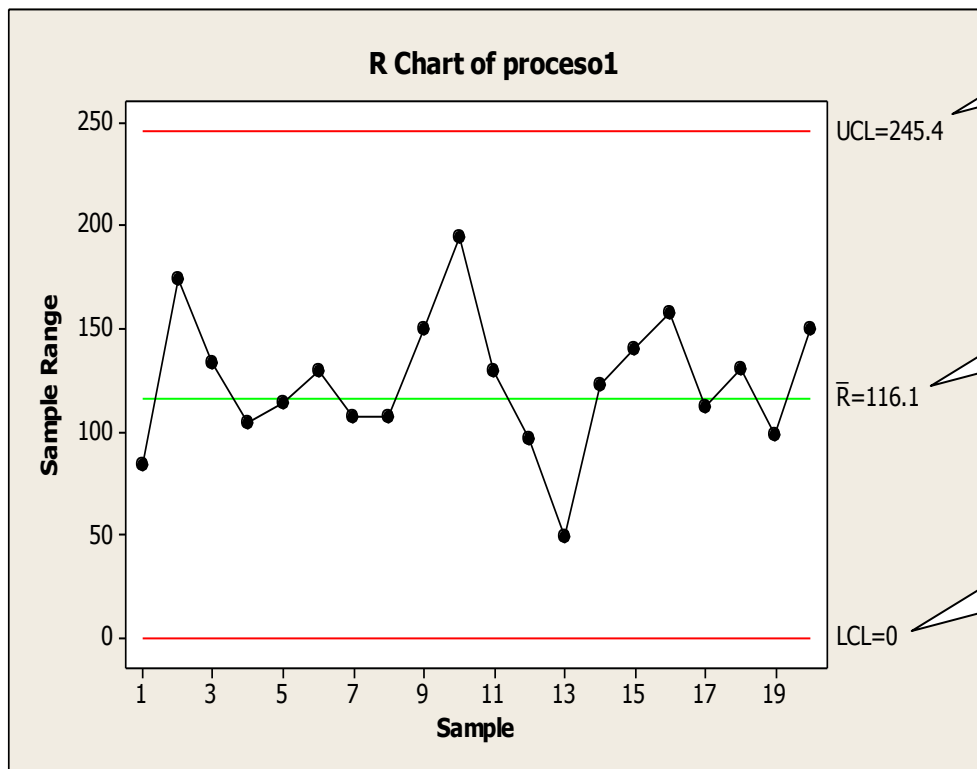
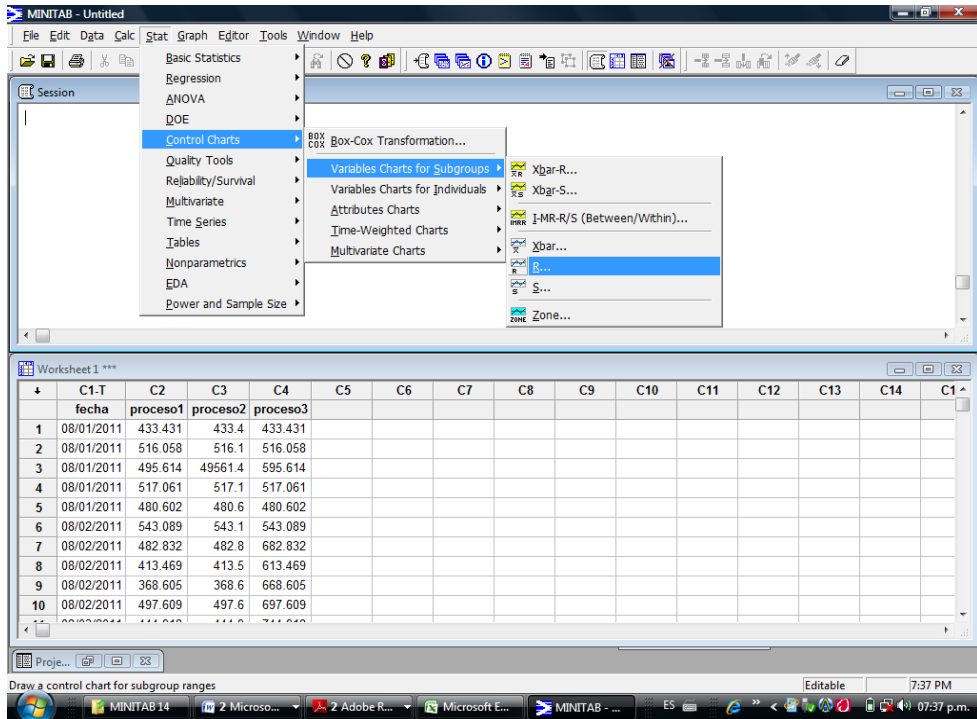


En esta gráfica no se muestran puntos fuera de los límites de control.

## Graficas R

Seguiríamos los siguientes pasos en Minitab

o Stat/Control Charts/Variables Charts for Subgroups/R



Esta línea nos muestra el límite superior de control.

La línea central nos muestra el promedio histórico del Rango.

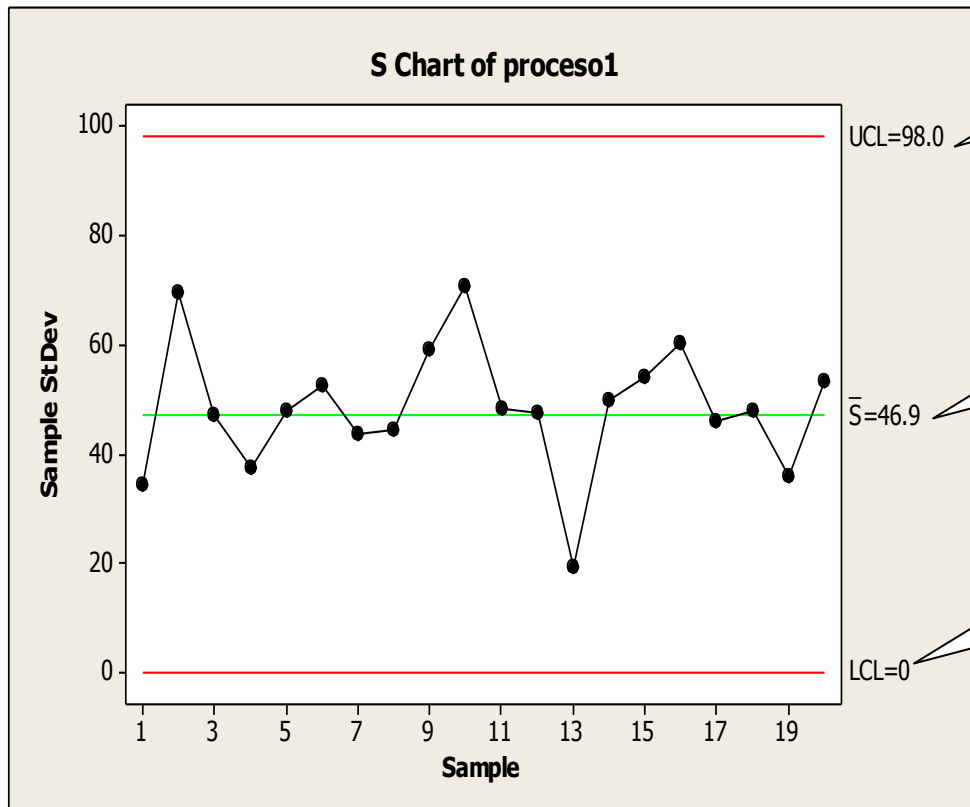
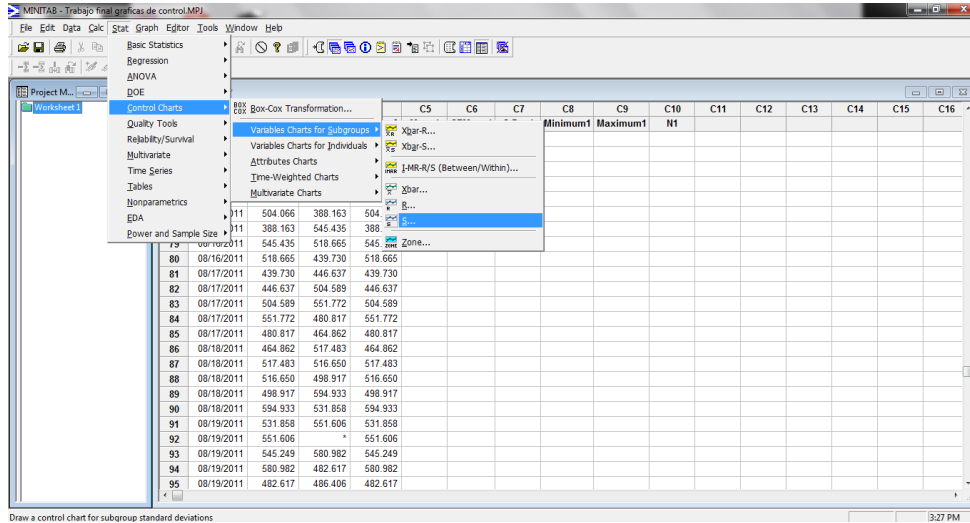
Esta línea nos muestra el límite inferior de control.



## Graficas S

Seguiríamos los siguientes pasos en Minitab

o Stat/Control Charts/Variables Charts for Subgroups/S



Esta línea nos muestra el límite superior de control.

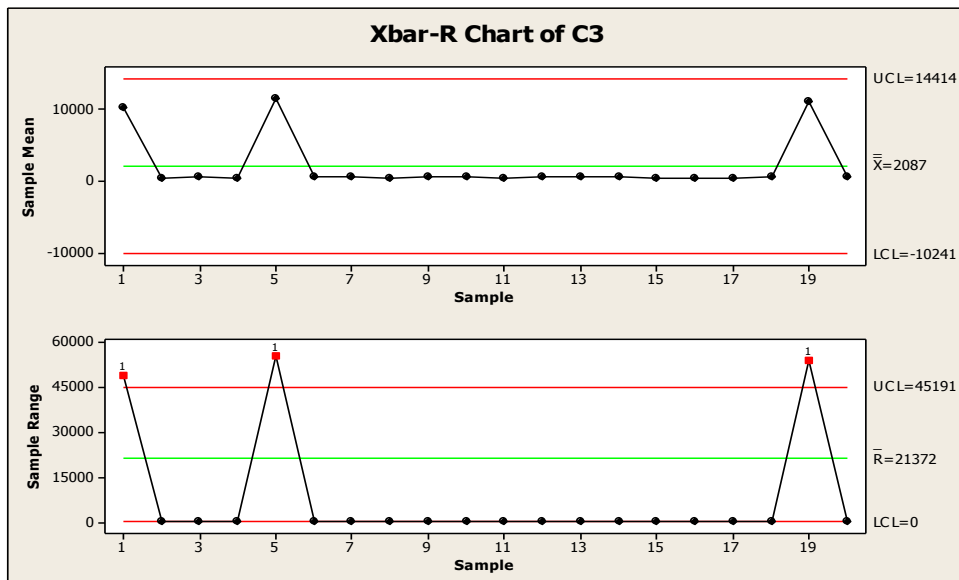
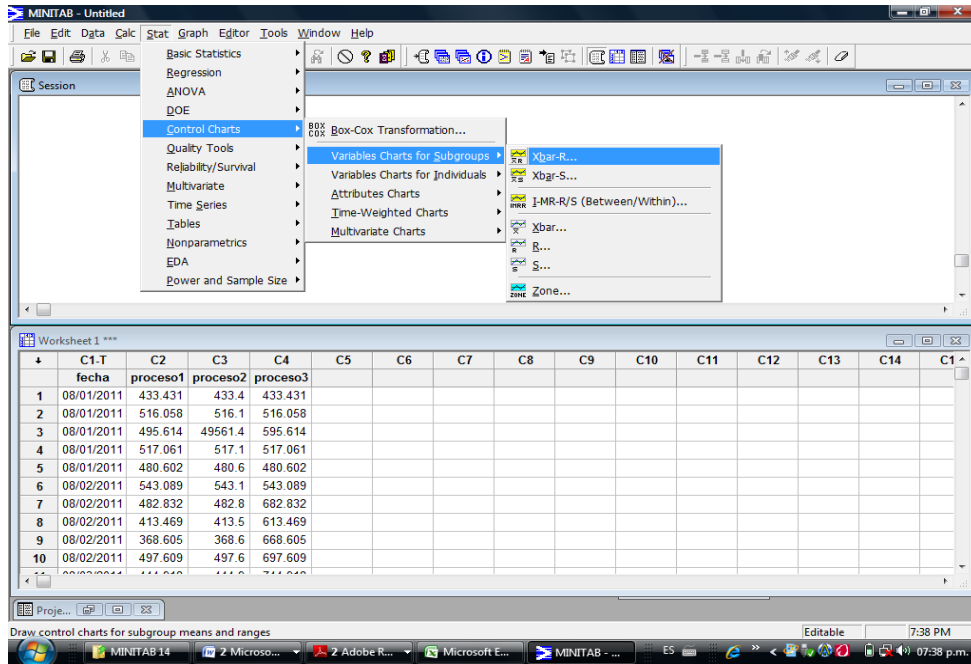
La línea central nos muestra el promedio de la desviación estándar.

Esta línea nos muestra el límite inferior de control.

## Grafica Xbar - R

Seguiríamos los siguientes pasos en Minitab

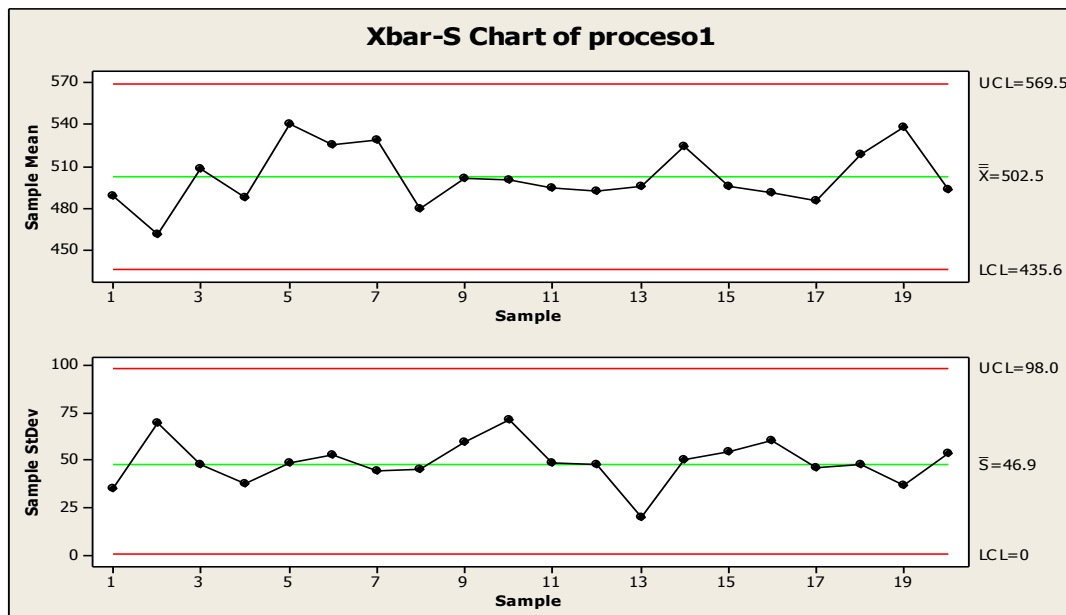
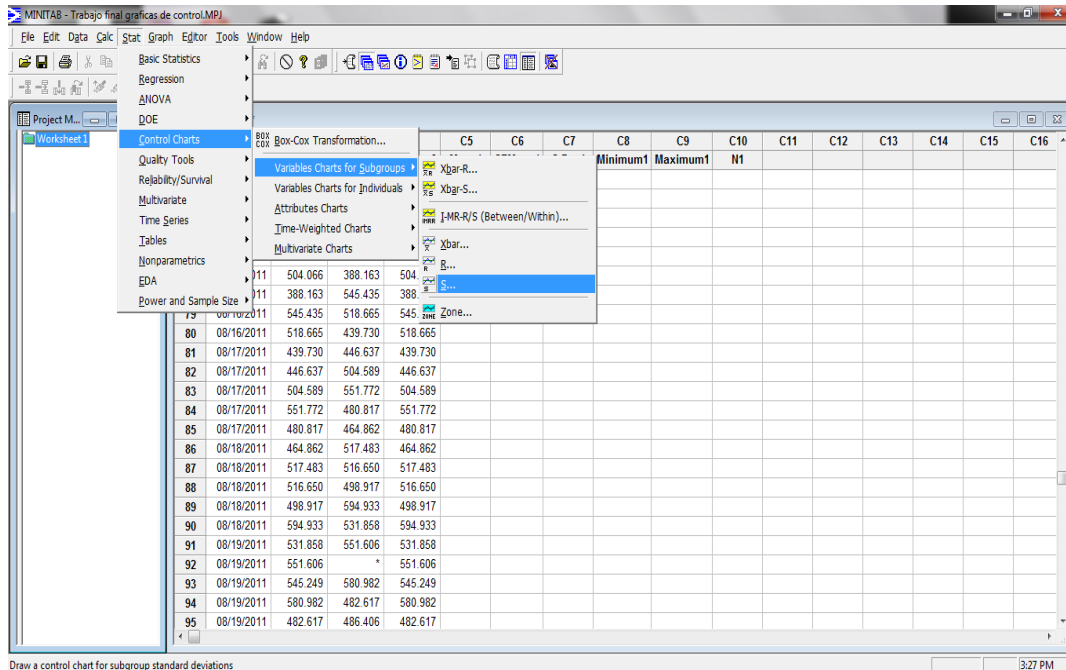
o Stat/Control Charts/Variables Charts for Subgroups/Xbar-R



## Grafica Xbar – S

Seguiríamos los siguientes pasos en Minitab

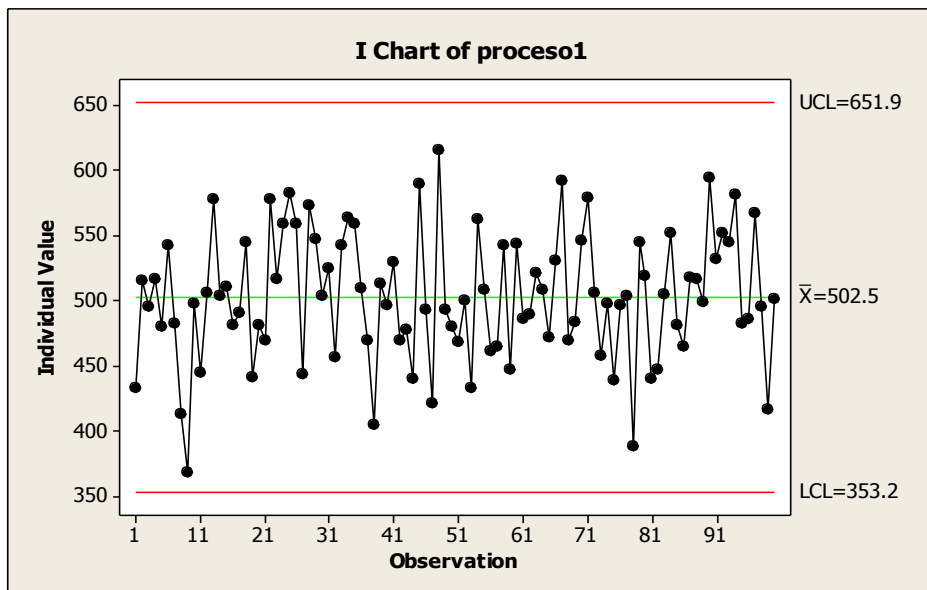
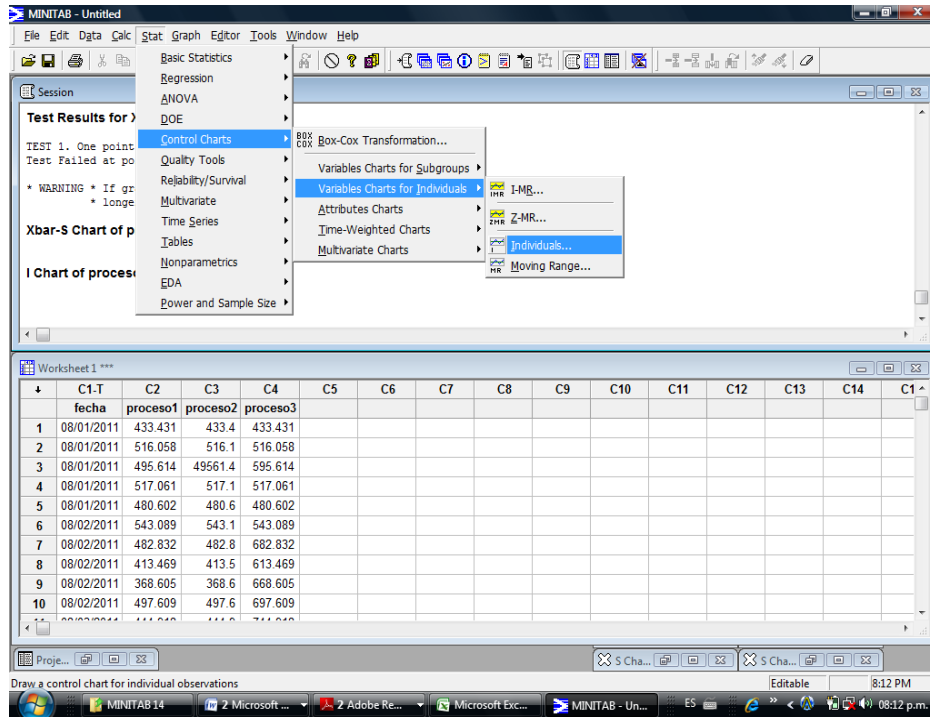
o Stat/Control Charts/Variables Charts for Subgroups/Xbar-S



## Graficas de control para observaciones individuales

Seguiríamos los siguientes pasos en Minitab

o Stat/Control Charts/Variables Charts for Individuals/Individuals



Se muestra que los procesos están estables en esta sección de datos

## Clasificación de graficas por atributos

Son utilizados para contrastar las características cualitativas esto es características no cuantificables numéricamente.

Seleccionar: stat - control chart - attributes chart - p, u, np, c

### Graficas p (proporción de unidades defectuosas)

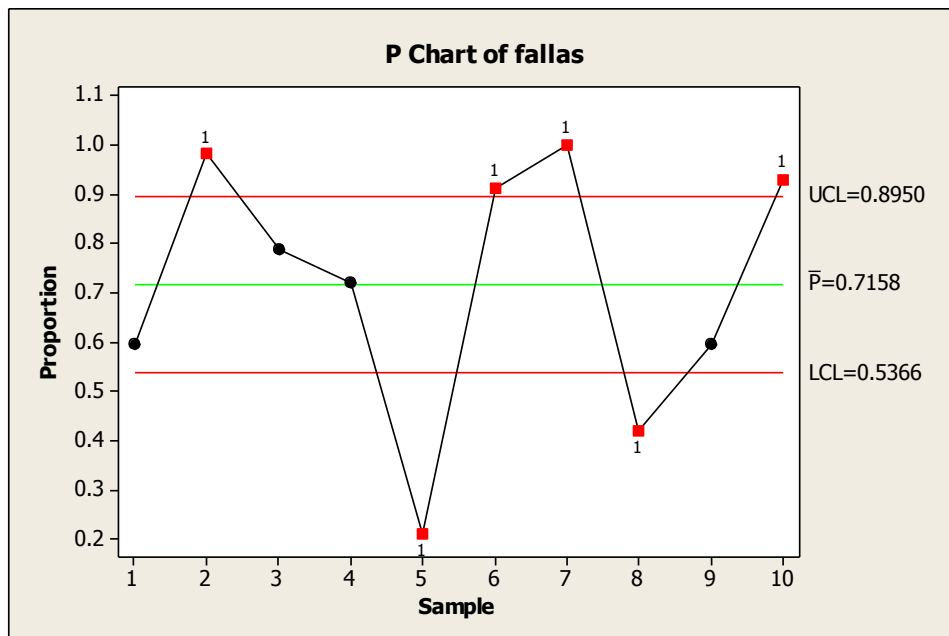
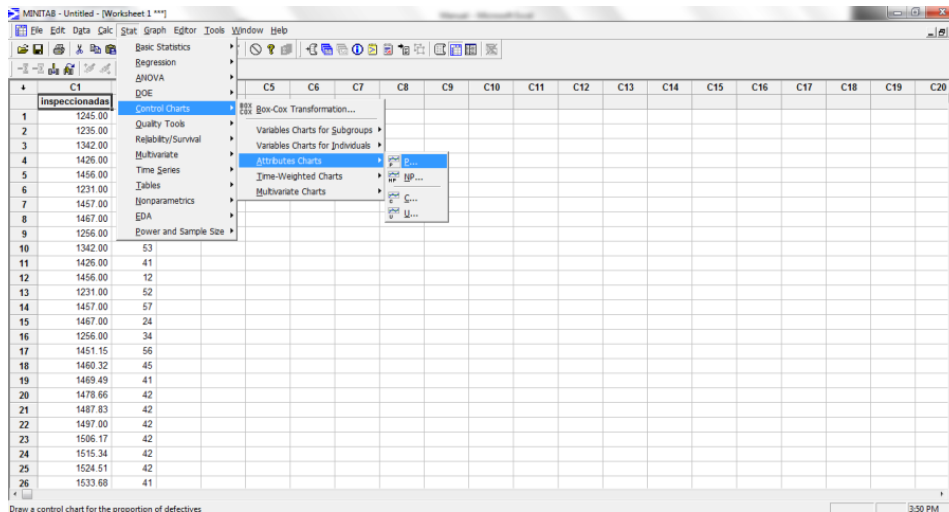
Ejemplo Datos

inspeccionadas	fallas
1245	34
1235	56
1342	45
1426	41
1456	12
1231	52
1457	57
1467	24
1256	34
1342	53

## Graficas p (proporción de unidades defectuosas)

Las gráficas “P” miden la proporción de piezas defectuosas en un grupo de piezas inspeccionadas.

Es importante tener en cuenta que cada componente, parte o artículo inspeccionado se registra como conforme o no conforme sin considerar que un solo artículo tenga varios defectos.

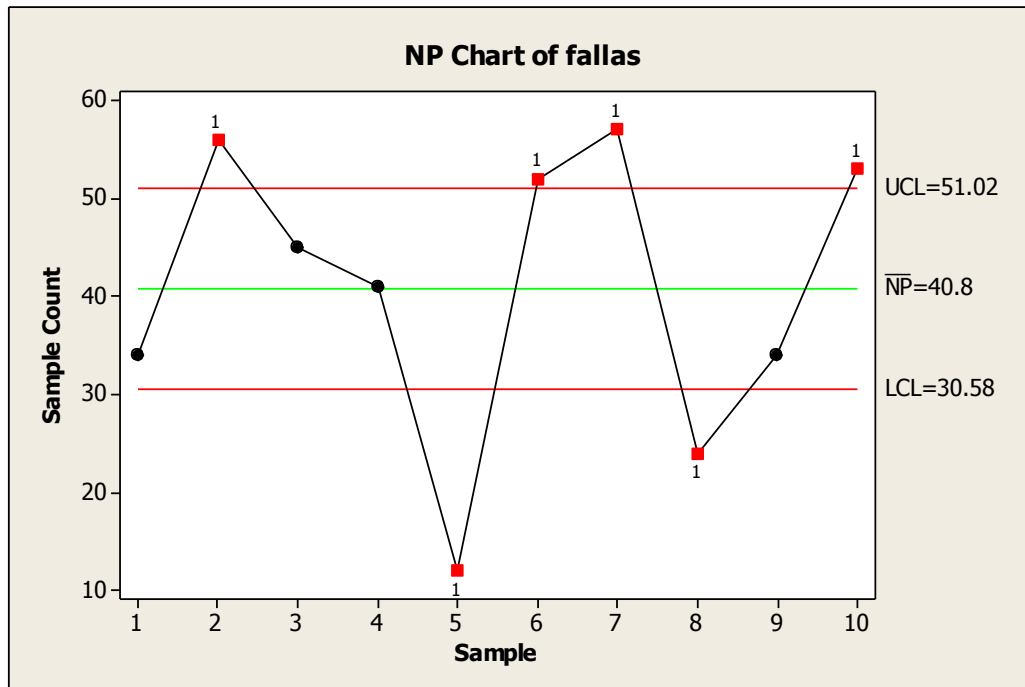
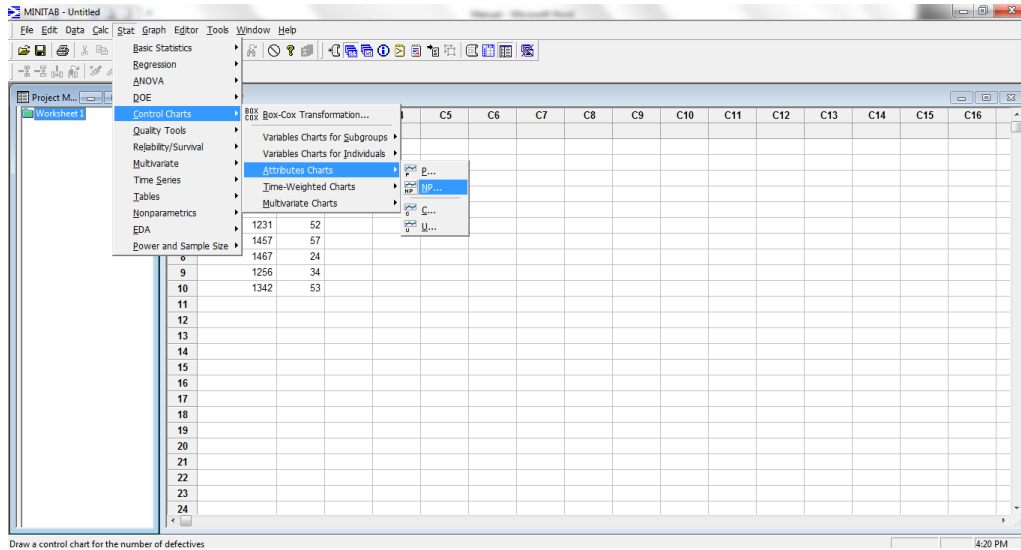


La gráfica nos muestra 6 puntos fuera de control.

## Grafica Np

Esta gráfica nos mide el número de partes defectuosas en un lote inspeccionado. Es idéntica a la gráfica "P" excepto que se grafica el numero de partes defectuosas y no la proporción, ambas aplican para las mismas situaciones escogiendo la grafica np cuando:

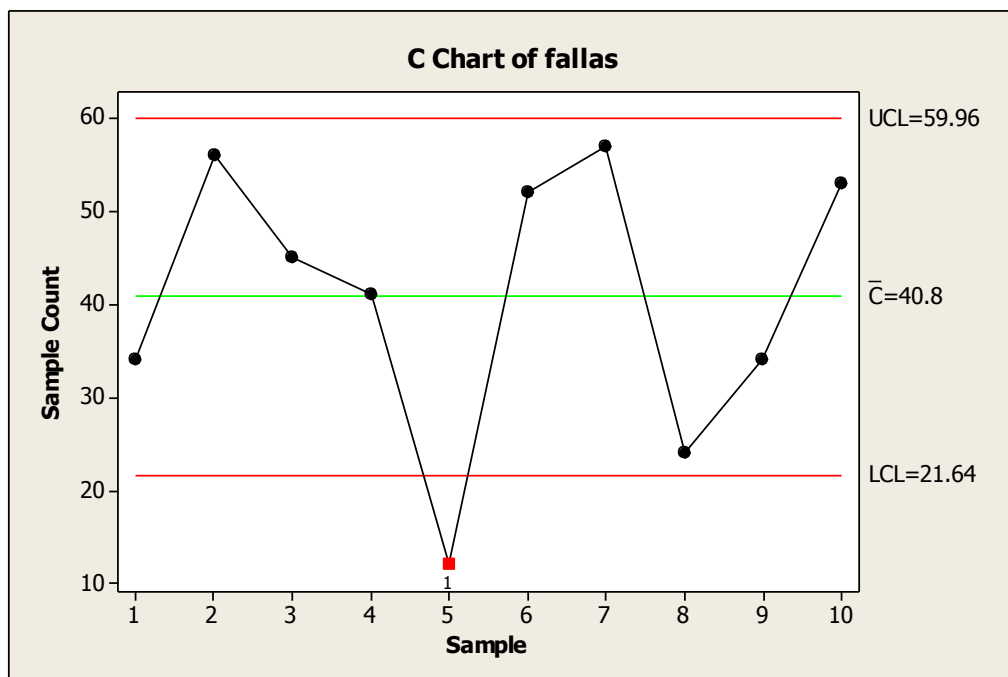
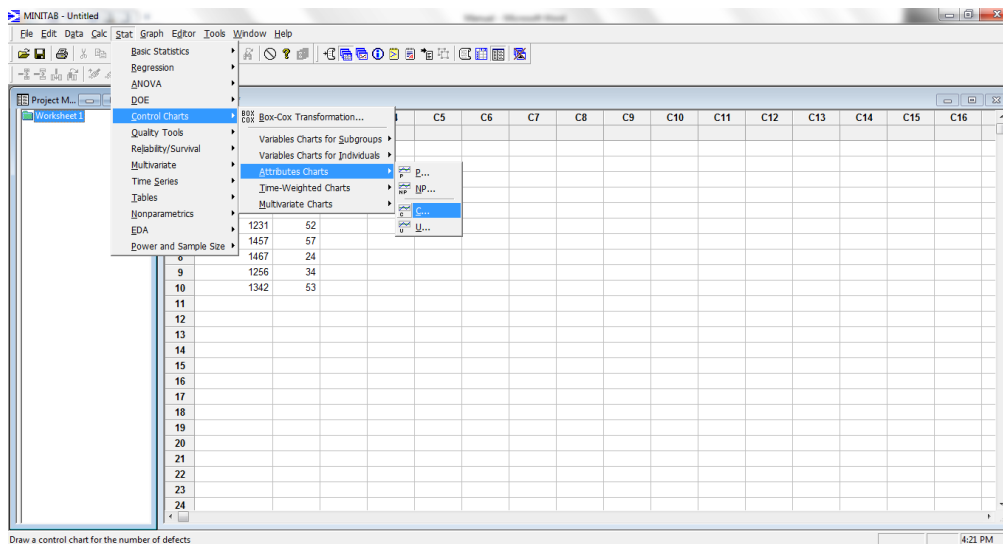
- El número real de piezas defectuosas tiene mayor significado o es mas fácil de reportar.
- El tamaño de muestra permanece constante de periodo a periodo.



## Grafica c

La grafica “C” mide el número de defectos en un lote de inspección. Esta grafica requiere un tamaño de muestra constante. Aplica en dos tipos de situaciones de inspección.

- Cuando los defectos están dispersos a través de un flujo continuo del producto.
- Cuando los defectos de diferentes fuentes potenciales pueden encontrarse en una sola unidad.

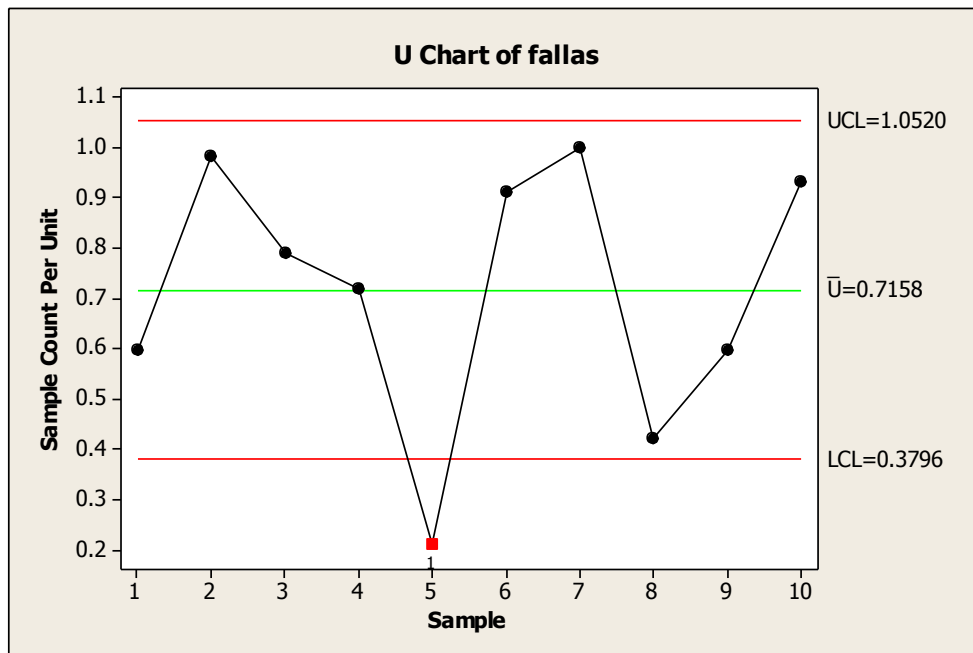
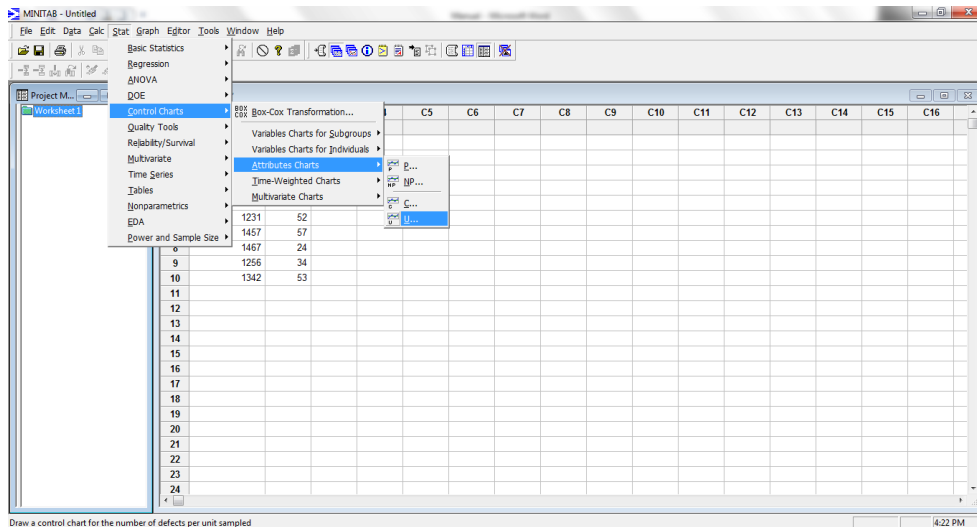




## Graficas U

La gráfica “U” mide el numero de defectos por unidad inspeccionada en subgrupos que pueden tener distintos tamaños. Es similar a la gráfica “C” excepto que el número de defectos es expresado en base unitaria. Las dos gráficas son adecuadas para las mismas situaciones: sin embargo la gráfica “U” puede utilizarse si:

- a) La muestra incluye mas de una “unidad”
- b) El tamaño de la muestra puede variar de periodo a periodo.



## 6.- PROMEDIO Y DESVIACION STANDARD

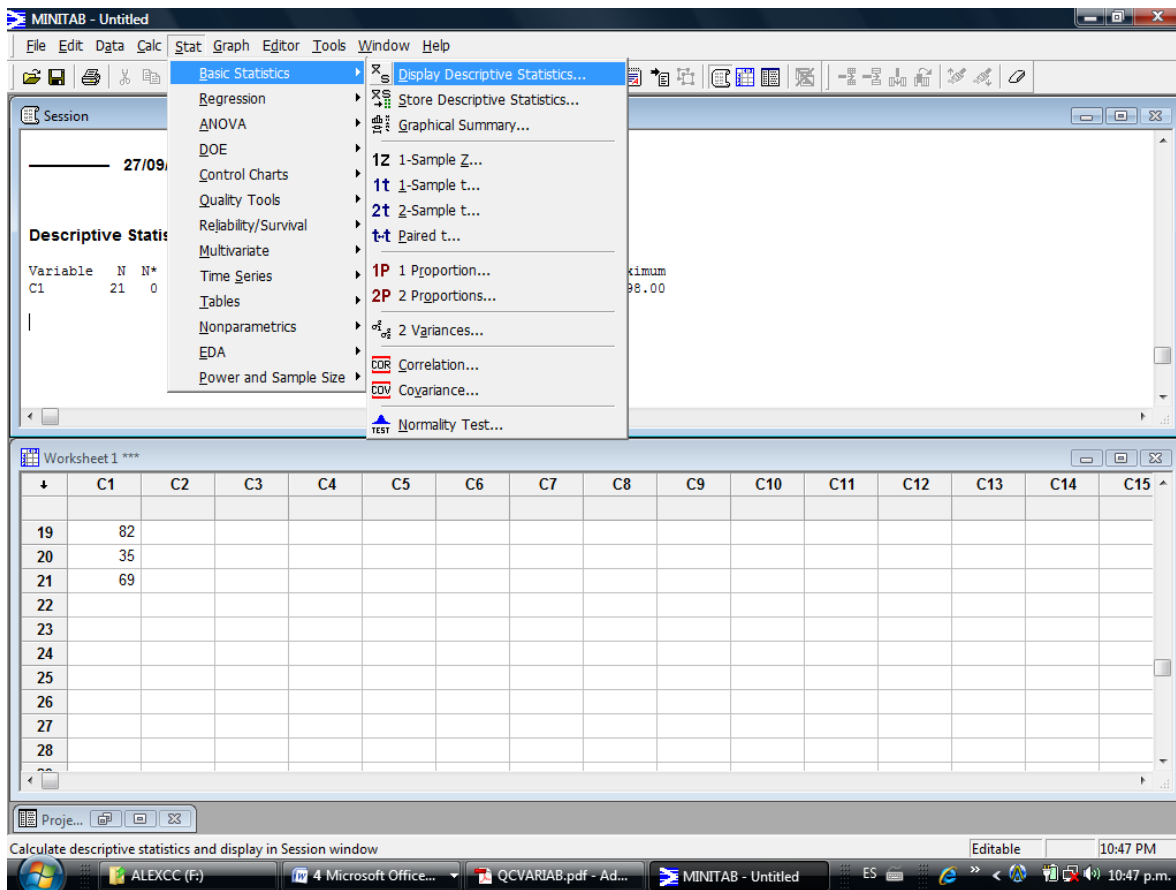
Se obtiene dividiendo la suma de los valores observados en una serie entre el número de lecturas.

La media de una muestra (unos cuantos) se representa con el símbolo  $\bar{x}$

**Ejemplo sacar promedio de de una población de datos**

1. 25
2. 36
3. 57
4. 89
5. 33
6. 47
7. 78
8. 16
9. 46
10. 79
11. 98
12. 34
13. 65
14. 73
15. 68
16. 35
17. 34
18. 57
19. 82
20. 35
21. 69

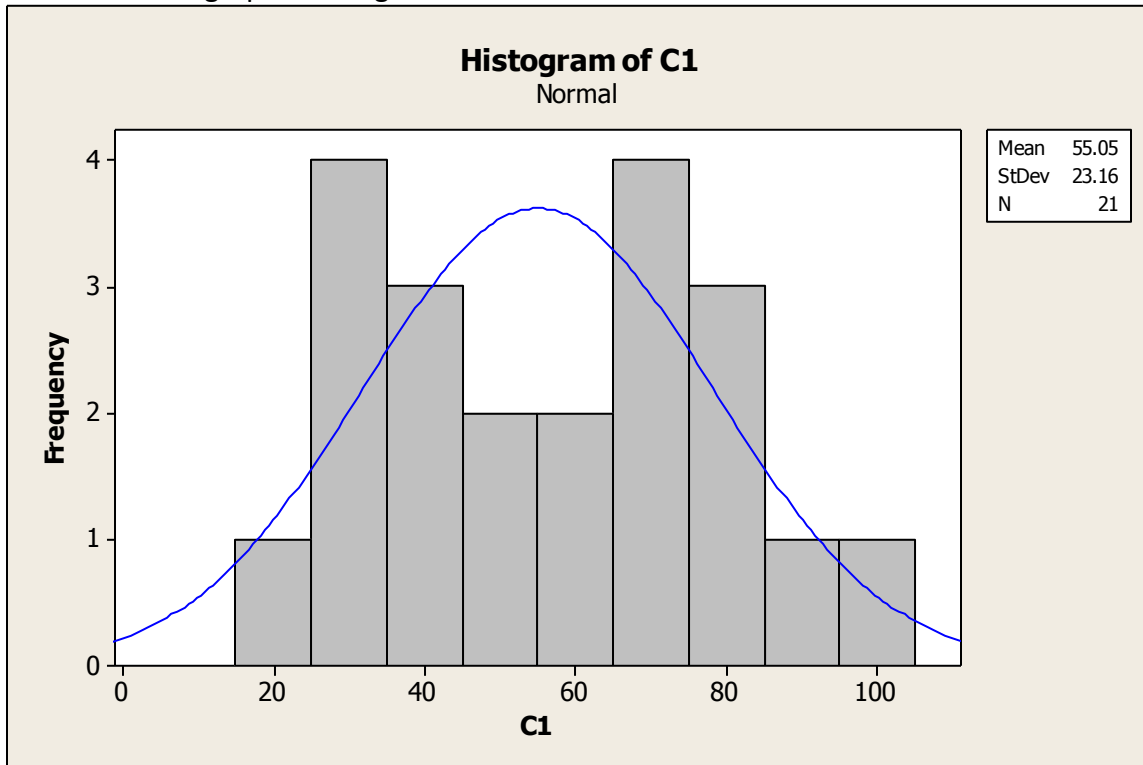
Para sacar el promedio y la desviación estándar se selecciona como se muestra



## Descriptive Statistics: C1

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
C1	21	0	55.05	5.05	23.16	16.00	34.50	57.00	75.50	98.00

Seleccionando graph – histogram – whit fit se obtiene



Aquí se muestra la media y la desviación standar

## 7.-ONE-SAMPLE T-INTERVAL DE CONFIANZA Y PRUEBA DE HIPOTESIS

Use 1-Sample t para calcular un intervalo de confianza y realizar una prueba de hipótesis de la media cuando la desviación estándar de la población ( $\sigma$ ) es desconocida. Para una two-tailed-one-sample t(Prueba de dos colas):

$H_0: \mu = \mu_0$  hipótesis contra  $H_1: \mu \neq \mu_0$  hipótesis

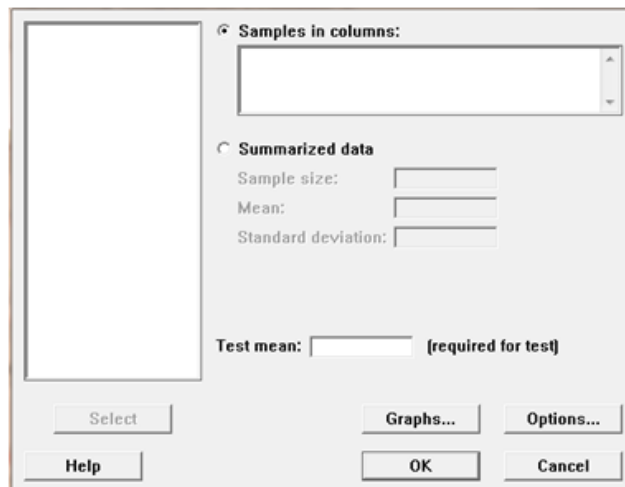
donde  $\mu$  es la media de la población.

### Datos

Introduzca cada muestra en una columna numérica única. Puede generar una prueba de hipótesis o intervalo de confianza para más de una columna al mismo tiempo. MINITAB omite automáticamente los datos que faltan de los cálculos.

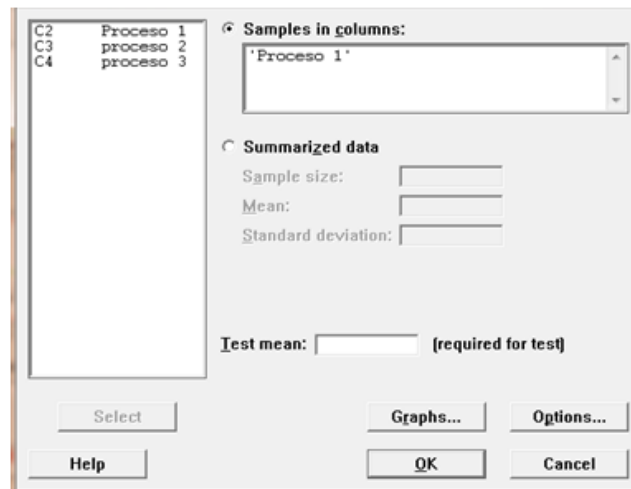
Para generar una t-Intervalo de confianza y Prueba de Hipótesis:

#### 1. Stat / Basic Statistics / 1-Sample t



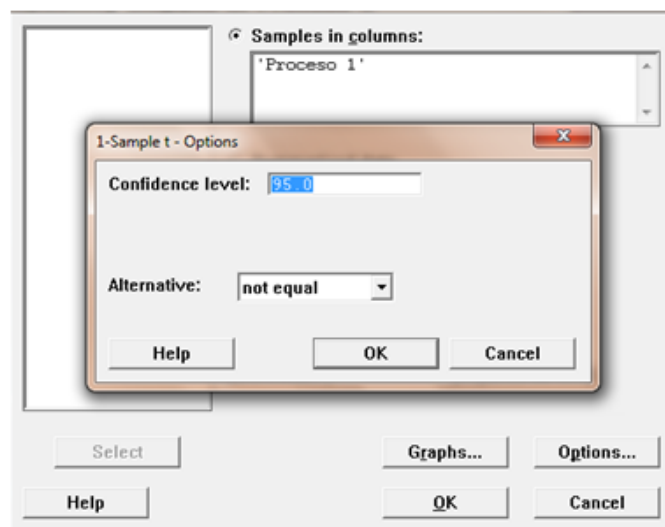
The screenshot shows the '1-Sample t' dialog box in Minitab. On the left is a large empty box for selecting data. On the right, the 'Samples in columns:' option is selected with a radio button, and an empty list box is provided. Below this, the 'Summarized data' option is unselected. There are input fields for 'Sample size:', 'Mean:', and 'Standard deviation:'. A 'Test mean:' field is also present with the text '(required for test)' next to it. At the bottom, there are buttons for 'Select', 'Help', 'Graphs...', 'Options...', 'OK', and 'Cancel'.

2. En **Sample in columns**, introduzca la columna(s) que contienen las muestras.

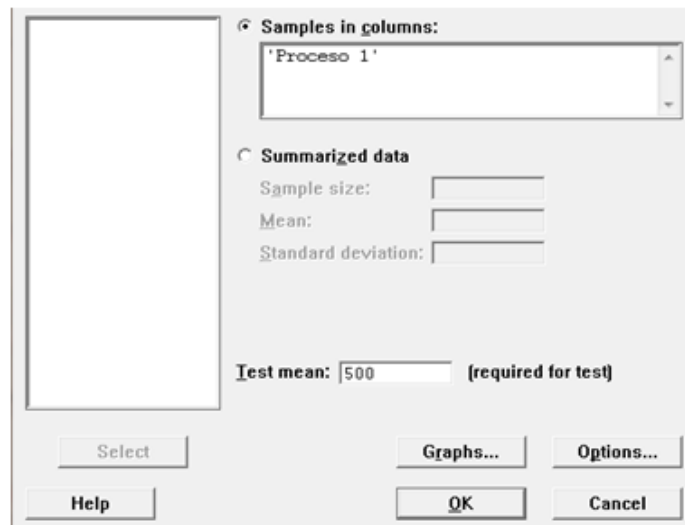


3. Realice una de las siguientes:

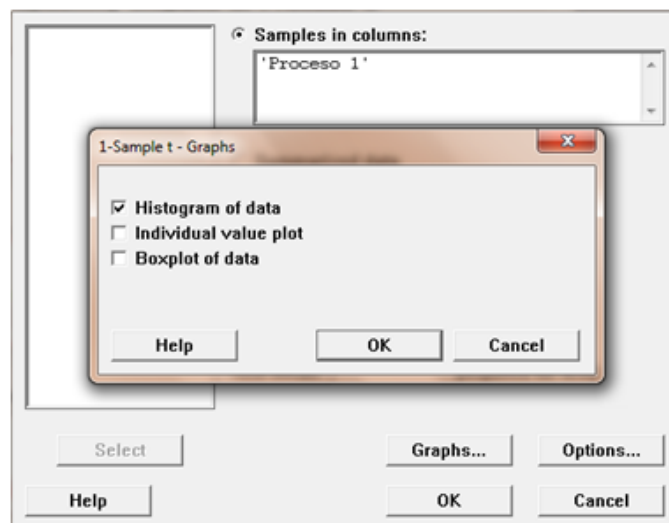
- Para calcular el intervalo de confianza para la media, seleccione **Options Confidense interval**.



- Para realizar una prueba de hipótesis, seleccione Test mean e introduzca el valor de la media.



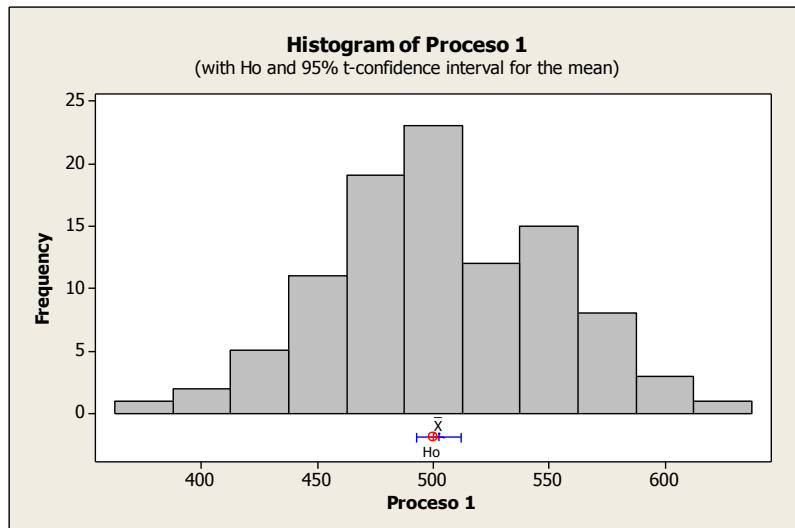
4. Si desea, realizar alguna grafica seleccione **Graphs...**



Seleccione la población de datos que se requieren analizar y posteriormente regrese a las funciones de minitab para el cálculo de One-Sample t-Test, en este caso se selecciona el Proceso 1.

	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
	Fecha	Proceso 1	proceso 2	proceso 3											
79	08/16/2011	545.435	518.665	545.435											
80	08/16/2011	518.665	439.730	518.665											
81	08/17/2011	439.730	446.637	439.730											
82	08/17/2011	446.637	504.589	446.637											
83	08/17/2011	504.589	551.772	504.589											
84	08/17/2011	551.772	480.817	551.772											
85	08/17/2011	480.817	464.862	480.817											
86	08/18/2011	464.862	517.483	464.862											
87	08/18/2011	517.483	516.650	517.483											
88	08/18/2011	516.650	498.917	516.650											
89	08/18/2011	498.917	594.933	498.917											
90	08/18/2011	594.933	531.858	594.933											
91	08/19/2011	531.858	551.606	531.858											
92	08/19/2011	551.606	*	551.606											
93	08/19/2011	545.249	580.982	545.249											
94	08/19/2011	580.982	482.617	580.982											
95	08/19/2011	482.617	486.406	482.617											
96	08/20/2011	486.406	567.352	486.406											
97	08/20/2011	567.352	495.713	567.352											

Visualizar un histograma, diagrama de dispersión y diagrama de caja para cada columna. Las graficas muestran la media de la muestra y un intervalo de confianza para la media y, además, el valor de la hipótesis nula de prueba cuando se efectúa una prueba de hipótesis.



Interpretando los Resultados

### One-Sample T: Proceso 1

Test of  $\mu = 500$  vs not = 500

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
----------	---	------	-------	---------	--------	---	---



Proceso 1 100 502.527 49.171 4.917 (492.771, 512.284) 0.51 0.608

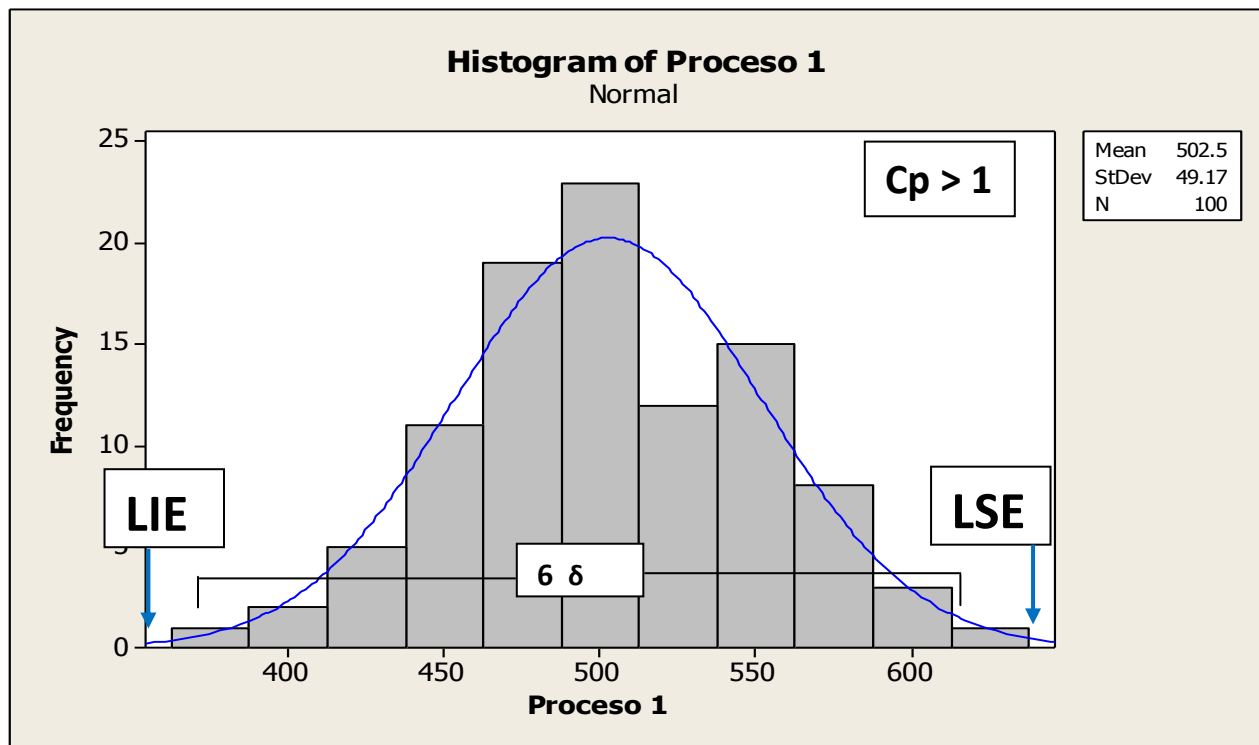
La prueba estadística, T, para  $H_0: \mu=500$  es calculada como 0.51.

El p-value de esta prueba, o la probabilidad de obtener el valor más extremo de la prueba estadística para que la hipótesis nula fuera cierta, es 0.608. Esto habla del nivel de confianza, o p-value. Por lo tanto, rechace  $H_0$  si su nivel de aceptabilidad  $\alpha$  es mayor que el p-value.

Un 95% de intervalo de confianza para la media de la población,  $\mu$ , es (492.771, 512.284).

## 8.- CAPACIDAD DEL PROCESO

La capacidad de un proceso es la aptitud para generar un producto que cumpla con determinadas especificaciones. En el mejor caso, es conveniente que los límites de tolerancia natural del proceso se encuentren dentro de los límites de especificación del producto, para asegurar que toda la producción cumplirá con las especificaciones. Para analizar la capacidad del proceso se utiliza un histograma de frecuencias, para lo que es necesario tomar un cierto número de mediciones



Para medir la capacidad de un proceso se utilizan coeficientes que permiten comparar el rango de especificaciones con la fluctuación natural del proceso. Uno de ellos es **Cp**:

$$C_p = \frac{(LSE - LIE)}{6 \delta}$$

Donde:

- LSE es el Límite Superior de Especificación
- LIE es el Límite Inferior de Especificación

Si el proceso tiene capacidad para fabricar el producto, entonces  $C_p > 1$ . En general se exige  $C_p > 1.30$  para mayor seguridad.

### Definiciones

**C<sub>p</sub>**: Es el índice de capacidad el cual se define como la tolerancia dividida por la capacidad del proceso sin importar si el proceso esta centrado.

$$C_p = \frac{(LSE - LIE)}{6\delta}$$

**P<sub>p</sub>**: Es el índice de desempeño el cual es definido como la tolerancia dividida entre el desempeño del proceso sin importar si el proceso está centrado

$$P_p = \frac{(LSE - LIE)}{6\delta_s}$$

**C<sub>pu</sub>**: Es el índice superior de capacidad el cual se define como la dispersión de la tolerancia superior dividida entre la dispersión superior real.

$$C_{pu} = \frac{(LSE - \bar{X})}{3\delta}$$

**C<sub>pl</sub>**: Es el índice inferior de capacidad el cual se define como la dispersión de la tolerancia inferior dividida entre la dispersión inferior real.

$$\bar{C}_{pl} = \frac{(\bar{X} - LIE)}{3\delta}$$

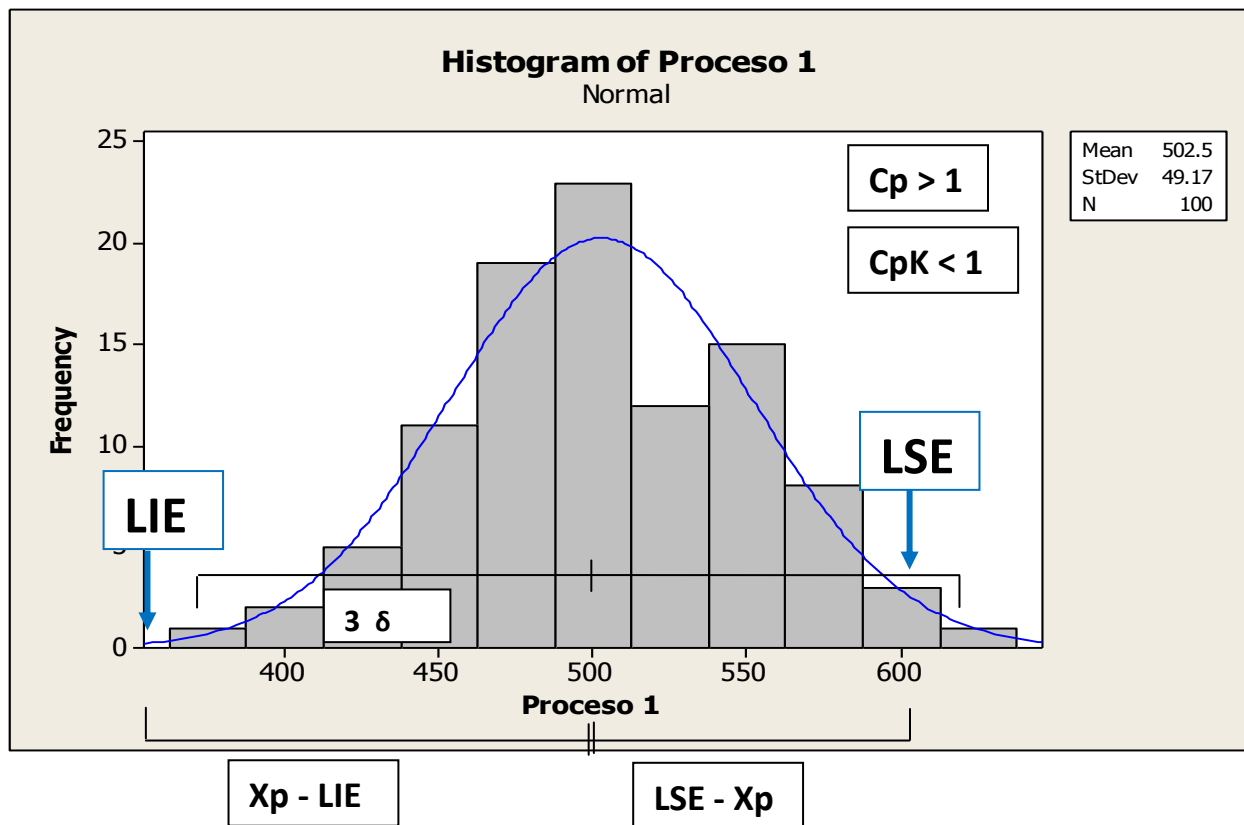
**CPK**: Es el índice de capacidad que considera si el proceso está centrado y es definido como el mínimo CPU y CPL. Relaciona la distancia entre la media del proceso y el límite de especificación mas cercano dividido entre la mitad de la variación total del proceso.

$$C_{pk} = \min \left( \frac{LSE - \bar{X}}{3\delta}, \frac{(\bar{X} - LIE)}{3\delta} \right)$$

**PpK**: Es el índice de desempeño que considera si el proceso está centrado y es definido como el mínimo.

$$P_{pk} = \min \left( \frac{LSE - \bar{X}}{3\delta_s}, \frac{(\bar{X} - LIE)}{3\delta_s} \right)$$

Este coeficiente tiene el inconveniente de que para poder aplicarlo, el centro de gravedad del rango de especificaciones debe coincidir con la tendencia central de las mediciones del proceso. Cuando esto no ocurre se emplea el Cpk:



En este gráfico se observa que una buena parte del producto está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE). Aún así resulta  $C_p > 1$ , indicando erróneamente que el proceso tiene capacidad suficiente; en este caso se debe usar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene capacidad suficiente ( $C_{pk} < 1$ ).

- Ejemplo:

Calculo de capacidad de proceso en MINITAB

Vaciar los datos obtenidos en la hoja de trabajo MINITAB

Session

27/09/2011 21:55:02

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Worksheet 1 \*\*\*

	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
	Fecha	Proceso 1																		
1	08/01/2011	433.431																		
2	08/01/2011	516.058																		
3	08/01/2011	495.614																		
4	08/01/2011	517.061																		
5	08/01/2011	480.602																		
6	08/02/2011	543.089																		
7	08/02/2011	482.832																		
8	08/02/2011	413.469																		
9	08/02/2011	368.605																		
10	08/02/2011	497.609																		
11	08/03/2011	444.918																		
12	08/03/2011	505.916																		
13	08/03/2011	577.922																		
14	08/03/2011	503.959																		
15	08/03/2011	510.530																		

Ya que los datos se capturaron en la hoja de trabajo en la barra del menú principal seleccionar:

stat > Quality Tools > Capability analysis > Normal

Session

27/09

Welcome to Minitab

Worksheet 1 \*\*\*

	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
	Fecha	Proceso 1																		
1	08/01/2011	433.431																		
2	08/01/2011	516.058																		
3	08/01/2011	495.614																		
4	08/01/2011	517.061																		
5	08/01/2011	480.602																		
6	08/02/2011	543.089																		
7	08/02/2011	482.832																		
8	08/02/2011	413.469																		
9	08/02/2011	368.605																		
10	08/02/2011	497.609																		
11	08/03/2011	444.918																		
12	08/03/2011	505.916																		
13	08/03/2011	577.922																		
14	08/03/2011	503.959																		
15	08/03/2011	510.530																		

Stat > Quality Tools > Capability analysis > Normal

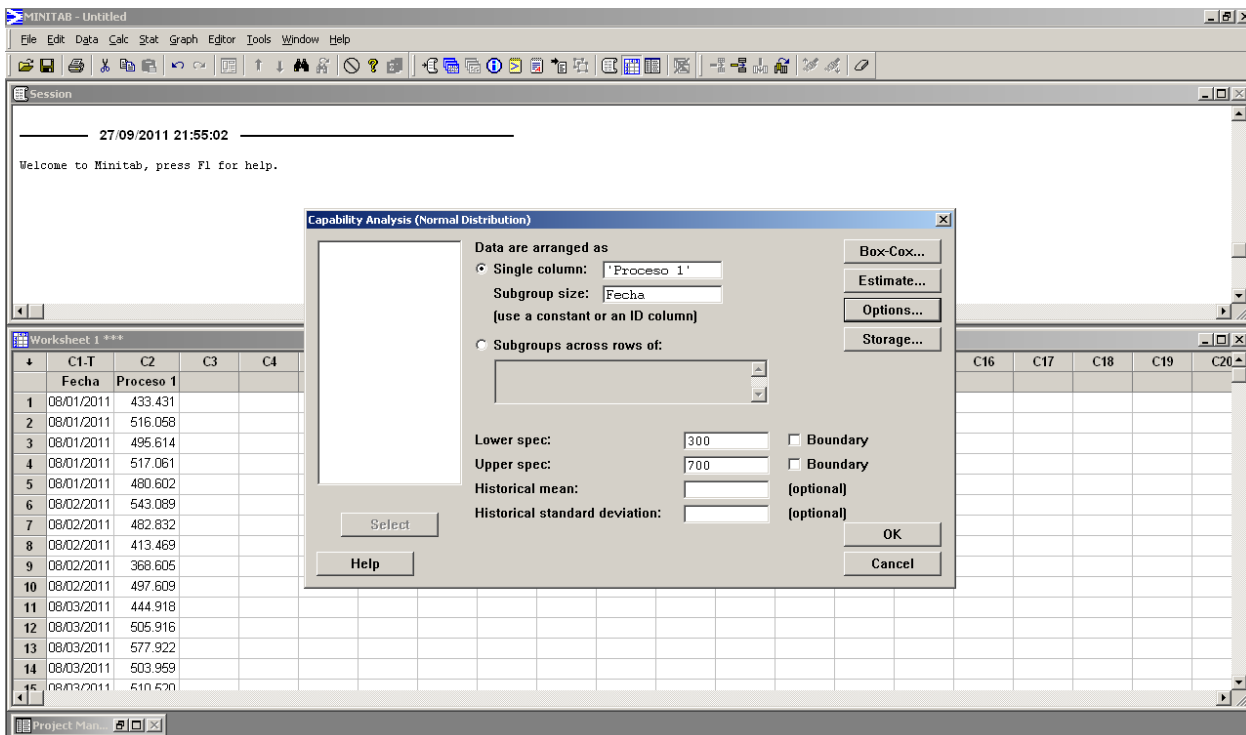
Project Manager

Analyze data that follow a normal distribution

Inicio Manual Minitab.docx - Mi... Guia Minitab.doc (Modo ... Minitab MINITAB - Untitled Microsoft Excel - Sesión ... 10:02 PM 10:02 p.m.

Se mostrara una tabla de datos donde se capturara lo siguiente:

- 1.-En el recuadro de “ single column: ” seleccionar columna 2 “proceso 1”
  - 2.- En el recuadro “group size” seleccionar columna 1 “Fecha”
  - 3.- En el recuadro de “Lower spec” y “Upper spec” introducir los limites de especificación (500±200)
- seleccionar ok para generar grafica y datos



En la grafica resultante podemos observar los valores obtenidos de nuestro proceso a analizar

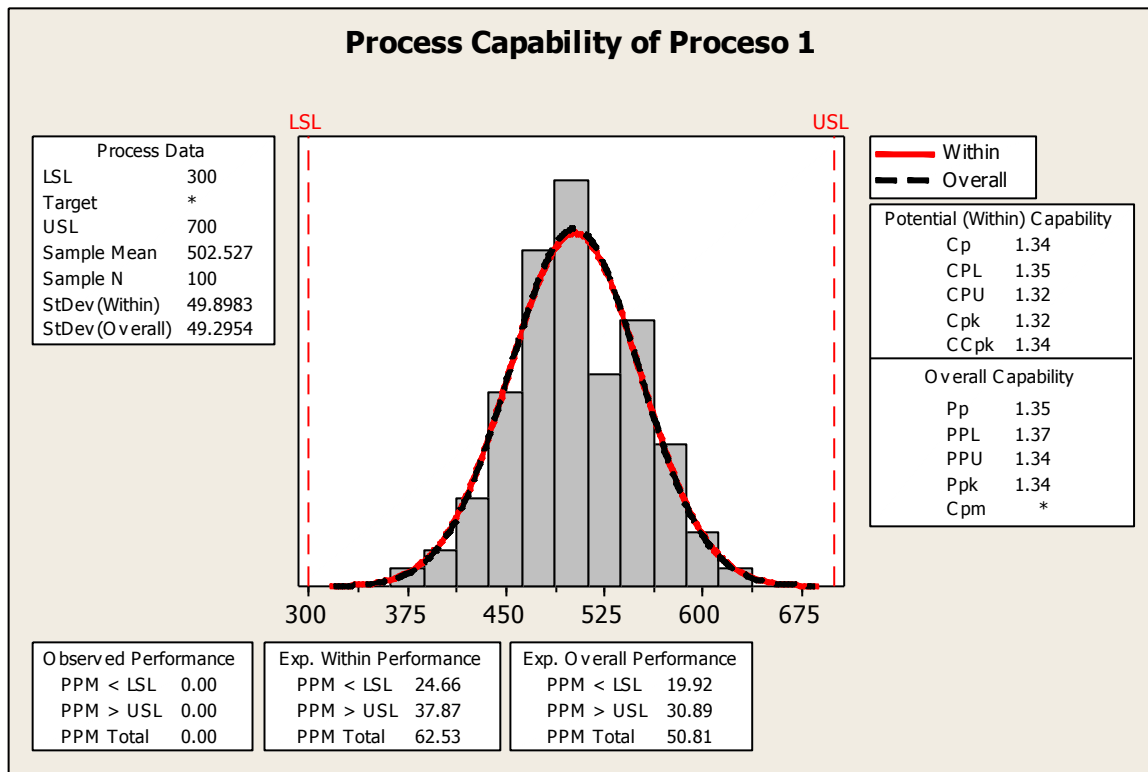
**Cp** = 1 en este ejemplo 1.34 indica que el proceso es capaz de producir el 99.73 % de las piezas dentro de las especificaciones de ingeniería

**CPK**= 1.3 en el ejemplo 1.33 indica que el proceso es capaz de producir partes buenas 99.73% de las piezas dentro de las especificaciones

#### Referencias de para CPK

- CPK positivo < 1 indica que el promedio del proceso está dentro de especificación pero una de las 3 sigma esta fuera de los limites de especificación (existen piezas malas o la posibilidad alta de que salgan)
- CPK = a cero indica que el proceso está centrado en alguno de los limites de especificación
- CPK negativo indica que el promedio del proceso está fuera de alguno de los limites de especificación

**PPM** = 50.81 partes defectuosas en un millón de partes fabricadas



## 9.- SIX PACK

### Capacidad Sixpack (Distribución normal)

Se utiliza para generar reportes de capacidad del proceso cuando tus datos siguen una distribución normal.

Para confirmar la estabilidad del proceso el reporte incluye:

- Una gráfica Xbar (ó gráficas individuales para observaciones individuales)
- Una gráfica R ó una gráfica S (para subgrupos de tamaño mayor que 8)
- Una gráfica de corrida de los últimos 25 subgrupos (ó últimas 25 observaciones)

Para confirmar normalidad, el reporte incluye:

- Un histograma de los datos del proceso
- Un trazado ó plot de probabilidad normal (con 95% de intervalo de confianza, Anderson-Darling, y valores P)

Para evaluar capacidad, el reporte incluye:

- Un trazado ó plot de la capacidad del proceso
- Estadísticas generales de capacidad; Cp, Cpk, Cpm (si usted especifica una meta), Pp, Ppk, y comparación de valores Z.

### Ejemplo de capacidad Sixpack (Modelo de probabilidad Normal)

Un fabricante de alambre quiere evaluar si el diámetro del alambre cumple con las especificaciones. El alambre debe de ser 0.55 +/- 0.05 cm de diámetro para cumplir con las especificaciones de ingeniería. Los analistas evalúan la capacidad del proceso para asegurar que se está cumpliendo el requerimiento del cliente de un Ppk de 1.33. Cada hora, los analistas toman un subgrupo de 5 cables consecutivos de la línea de producción y registran el diámetro.

1- para generar el reporte, se abre el archivo que contiene los registros tomados.

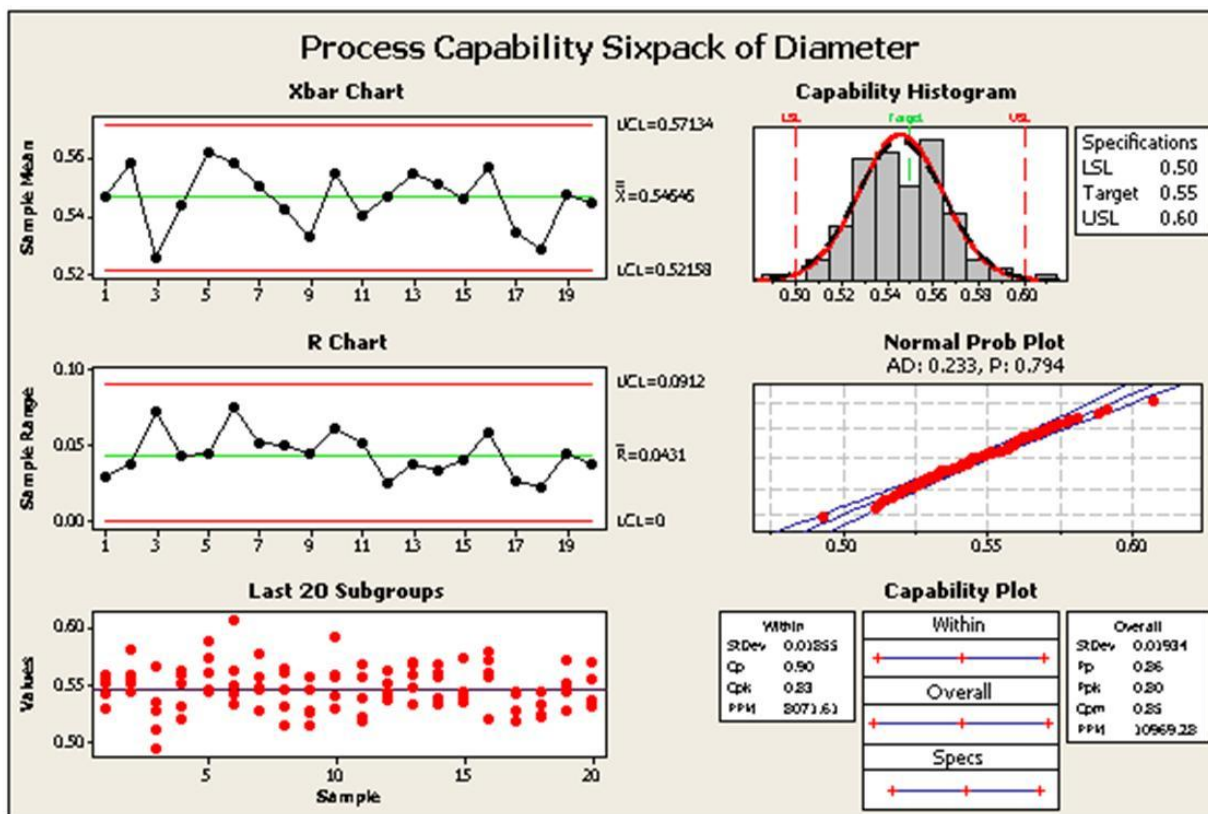
2- Seleccione.... Stat > Quality Tools > Capability Sixpack > Normal.

3- En columna individual, ingrese "Diámetro" ya que es la columna que contiene los registros. En tamaño de subgrupo ingrese el número 5.

4- Para registrar el límite superior, en el campo Upper spec, ingrese 0.60. y para señalar límite inferior en el campo Lower spec, ingrese 0.50.

5- Hacer Click en Opciones. En el objetivo o Target (agregue Cpm a la tabla), ingrese 0.55 haga Click OK en cada cuadro de diálogo.

La gráfica de salida se muestra a continuación



Interpretando los resultados

En ambas gráficas X y R, los puntos son distribuidos aleatoriamente entre los límites de control, implicando un proceso estable. Sin embargo, usted debe además comparar los puntos en la gráfica R con los de la gráfica X para ver si los puntos siguen unos a los otros. Éstos puntos no lo hacen, lo cuál otra vez más implican un proceso estable.

Los puntos en la gráfica de los últimos 20 subgrupos hacen una dispersión horizontal aleatoria, sin tendencias ni cambios, lo cual además indica estabilidad en el proceso.

Si usted quiere interpretar las estadísticas de la capacidad del proceso, sus datos deberían aproximadamente seguir una distribución normal. En el histograma de capacidad, los datos aproximadamente siguen la curva normal. En el trazado de probabilidad normal, los puntos aproximadamente siguen una línea recta y caen dentro del intervalo de 95% de confianza. Éstos patrones indican que los datos están normalmente distribuidos.

Pero, desde el trazado de capacidad, usted puede ver que la variación general del proceso es más ancha que el intervalo para los límites de especificación. Ésto significa que algunas veces usted verá alambres con diámetro fuera de los límites de tolerancia [0.50, 0.60]. Además, el valor de Ppk (0.80) está por debajo de la meta requerida de 1.33, indicando que el fabricante necesita mejorar su proceso.

## 10.- Regresión

La regresión es una técnica estadística utilizada para simular la relación existente entre dos o más variables. Por lo tanto se puede emplear para construir un modelo que permita predecir el comportamiento de una variable dada.

### Regresión.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

donde  $\beta_0$  es la intersección o término "constante", las  $\beta_i$  ( $i > 0$ ) son los parámetros respectivos a cada variable independiente, y  $p$  es el número de parámetros independientes a tener en cuenta en la regresión

### Términos y definiciones:

**Variable respuesta "Y"**= Variable dependiente

**Predictor "X"**= Variable independiente

**S**= Desviación típica

**R-Sq**= Coeficiente de determinación

**R-Sq (adj)**= Coeficiente de determinación ajustado

Existen cuatro tipos de regresión:

Regresión Lineal ( $y = A + Bx$ ), Regresión logarítmica ( $y = A + B \ln(x)$ ), Regresión cuadrada ( $y = A + Bx + Cx^2$ ) y Regresión exponencial ( $y = Ae(Bx)$ )

En donde la "Regresión lineal", "Regresión cuadrada" y Regresión Exponencial" son las común mente utilizadas.

En Minitab Existen dos opciones:

o **Stat/Regression/Regression**: donde MINITAB proporciona una información sobre el análisis de regresión muy detallado.

o **Stat/Regression/Fitted Line Plot**: donde MINITAB presenta el resultado menos detallado, pero muestra un diagrama de dispersión de los datos, que completa gráficamente la información aportada.



Para tener una mejor idea de lo que es “regresión” veremos el siguiente ejemplo:

Un fabricante de cañones para pelotas de tenis decidió investigar el uso de aire comprimido en lugar del clásico modelo que utiliza una rueda de fieltro en su modelo de fricción, para lo cual realizo 30 disparos incrementando gradualmente la presión (bares) del aire y medir el progreso de la distancia (mts) progresada. Al fabricante le interesa saber cuántos bares serán necesarios para alcanzar una distancia de 60 mts.

Disparo	Presion (Bares)	Alcance (Metros)
1	0.5	10
2	1	13
3	1.5	14.5
4	2	23
5	2.5	17.3
6	3	18.6
7	3.5	24
8	4	24.5
9	4.5	30
10	5	25.9
11	5.5	28
12	6	22
13	6.5	31
14	7	32.3
15	7.5	16
16	8	33.2
17	8.5	35
18	9	36.9
19	9.5	48
20	10	38.7
21	10.5	39.4
22	11	15
23	11.5	42
24	12	43.6
25	12.5	39
26	13	44.1
27	13.5	46.7
28	14	60
29	14.5	47
30	15	49

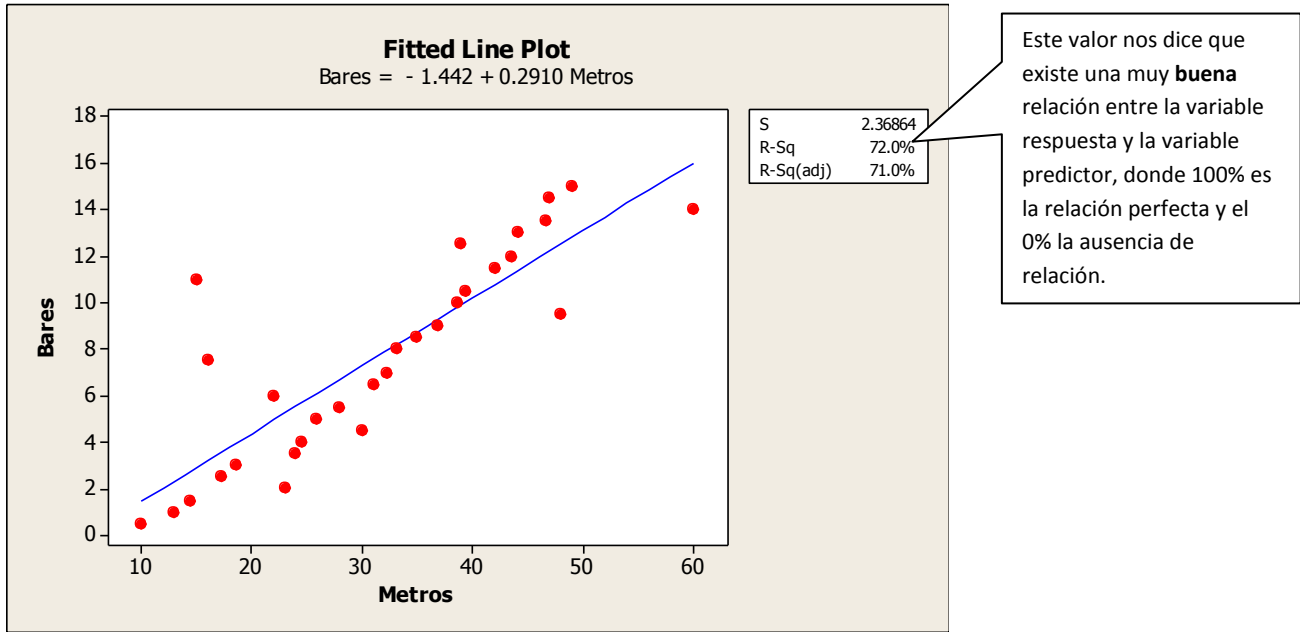
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26
1	0.5	10.0																								
2	1.0	13.0																								
3	1.5	14.5																								
4	2.0	23.0																								
5	2.5	17.3																								
6	3.0	18.6																								
7	3.5	24.0																								
8	4.0	24.5																								
9	4.5	30.0																								
10	5.0	25.9																								
11	5.5	28.0																								
12	6.0	22.0																								
13	6.5	31.0																								
14	7.0	32.3																								
15	7.5	16.0																								
16	8.0	33.2																								
17	8.5	35.0																								
18	9.0	36.9																								
19	9.5	48.0																								
20	10.0	38.7																								
21	10.5	39.4																								
22	11.0	15.0																								
23	11.5	42.0																								
24	12.0	43.6																								
25	12.5	39.0																								
26	13.0	44.1																								
27	13.5	46.7																								
28	14.0	60.0																								
29	14.5	47.0																								
30	15.0	49.0																								

Una vez capturados o copiados del excel y pegados en Minitab los datos de los disparos procedemos a elegir en el menú Stat/Regresion/Fitted line plot... nos aparecerá una ventana en la que dejaremos la opción “Linear”

The left screenshot shows the Minitab menu path: **Stat** > **Regression** > **Fitted Line Plot...**

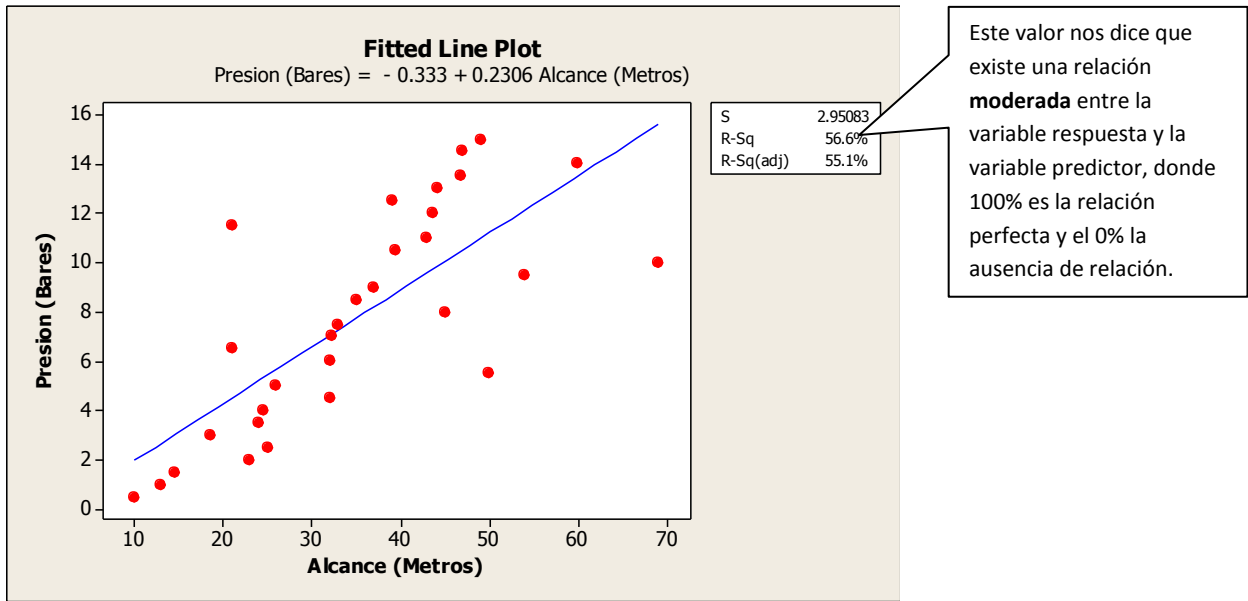
The right screenshot shows the **Fitted Line Plot** dialog box. The **Response [Y]:** is set to **Bares** and the **Predictor [X]:** is set to **Metros**. Under the **Type of Regression Model** section, the **Linear** radio button is selected and circled in red. Other options include **Quadratic** and **Cubic**.

Una vez hecho esto nos aparecerá esta grafica donde podemos apreciar en su parte superior la ecuación “Bares = - 1.442 + 0.2910 Metros” la cual podemos utilizar para predecir los bares que serán necesarios para distancias mayores.

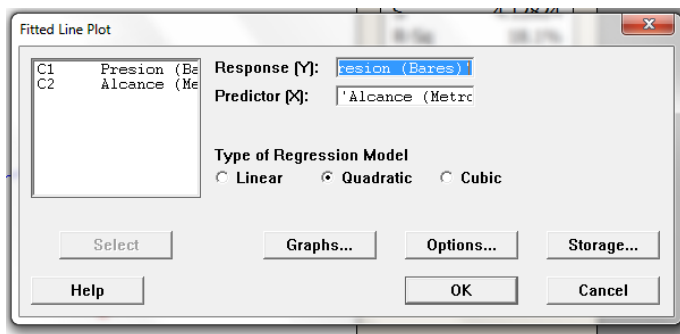


En el siguiente ejemplo veremos cómo identificar si la “Regresion” es Lineal, Cuadrada o exponencial.

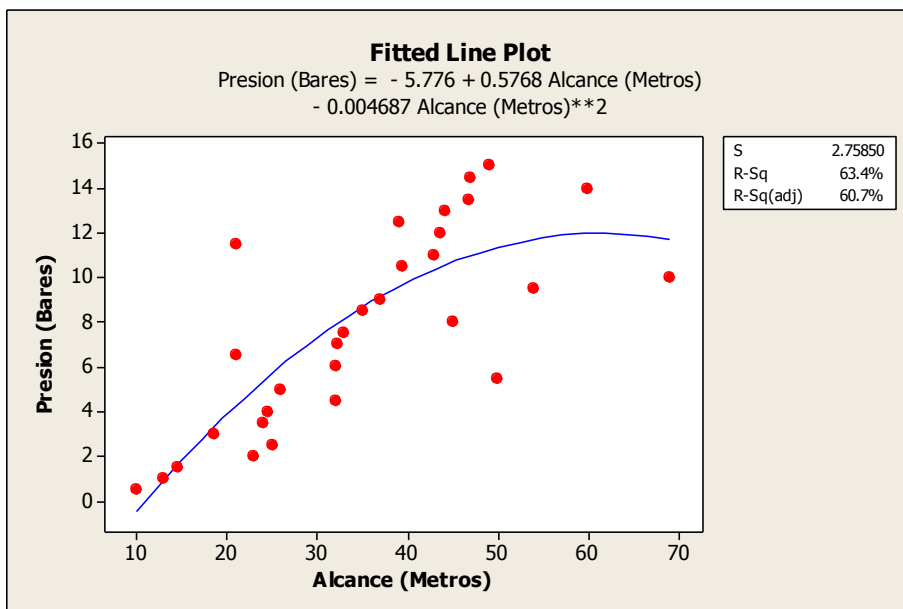
Utilizando los datos del ejemplo anterior pero ahora con las distancias alteradas procedemos a graficar “Fitted Line Plot” con la opción de “Linear” exactamente como lo hicimos en el ejemplo anterior y obtendremos lo siguiente:



Como podemos observar R-Sq esta no está muy cerca del 100%, por lo tanto tendremos que seguir buscando la opción de “Regresion” más adecuada para acercarnos lo máximo posible al 100% Para ello seleccionaremos en el menú Stat/Regresion/Fitted line plot... nos aparecerá una ventana en la que dejaremos la opción “Quadratic”

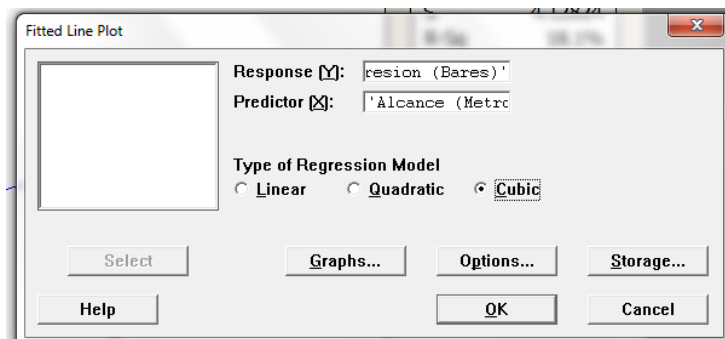


Obtenemos...

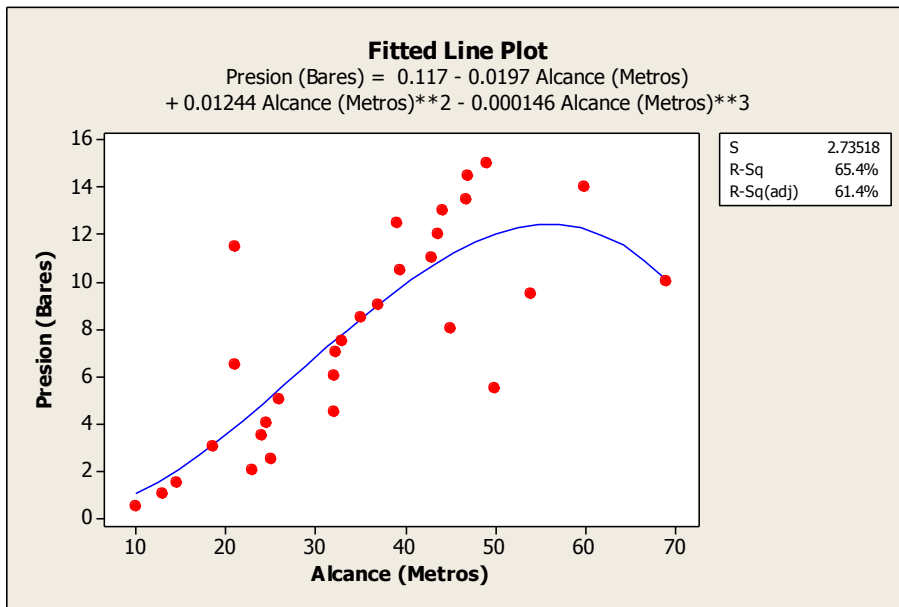


El valor de R-Sq es de 63.4%, por lo tanto la “Regresion” cuadrada puede ser que no es lo que estamos buscando pues necesitamos que este lo mas cerca del 100% como sea posible.

Repitamos la grafica pero ahora en esta ocasión elegiremos la opción “Cubic”



Obtenemos...



En esta grafica de “Regresión” Cubica el valor de R-Sq es de 65.4% que está por encima del 63.4% de la “Regresión” Cuadrada y del 56.6% de la “Regresión” Lineal de las graficas anteriores. Hay que tener muy en claro que al probar con las tres opciones anteriormente vistas (Lineal, Cuadrada y Cubica o exponencial) se busca que opción nos acerca más al 100%, y que entre más próximos estemos al 100% más confiable será la predicción que podamos calcular.

## 11.- CORRELACIÓN

Finalidad de conocer la relación que se puede dar entre dos o más variables

**DEPENDIENTE:** Hayman (1974) la define como propiedad o característica que se trata de cambiar mediante la manipulación de la variable independiente... Es el factor que es observado y medido para determinar el efecto de la variable independiente.

**INDEPENDIENTE:** Es manipulada por el investigador en un experimento con el objeto de estudiar cómo índice la expresión de la variable dependiente.

### Coeficiente de Correlación

Sote (2005), El coeficiente de correlación ( $r$ ) lo define como un “Indicador estadístico que nos permite conocer el grado de relación, asociación o dependencia que pueda existir entre dos o más variables”.

- **Correlación simple:** Cuando estudia la posible relación entre dos variables.
- **Correlación múltiple:** Cuando analiza la asociación o dependencia de más de dos variables.
- **Correlación curvilínea:** La variable presenta una tendencia distinta a la línea recta.

## Tipos de Correlación

Correlación positiva o directamente proporcional  $r = (+)$

Nos indica que al modificarse la variable en un sentido, la otra lo hace en la misma dirección.

Correlación negativa o inversamente proporcional  $r = (-)$

Nos muestra que al cambiar una variable en una determinada dirección, la otra lo hace en sentido contrario u opuesto.

Incorrelación  $r = 0$

Cuando la obtención de dicho indicador sea igual a cero, se dice que no existe alguna relación, asociación o dependencia entre las variables estudiadas. Siendo por tanto ellas variables correlacionadas o faltas de alguna dependencia diferente.

## Diferentes tipos de Correlación.

**Coeficiente de correlación de Pearson:** Índice que mide la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas.

**Coeficiente de correlación de Spearman:** Es una medida de la correlación (la asociación o interdependencia) entre dos variables aleatorias continuas que mide la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas.

Otra manera de medir la correlación es calculando un coeficiente de correlación

## Aplicación en Minitab

The screenshot shows the Minitab interface. On the left, a worksheet titled 'Worksheet1 \*\*\*' contains a table with 25 rows and 3 columns: 'Numero de personas', 'Altura (m)', and 'Peso (kg)'. The data is as follows:

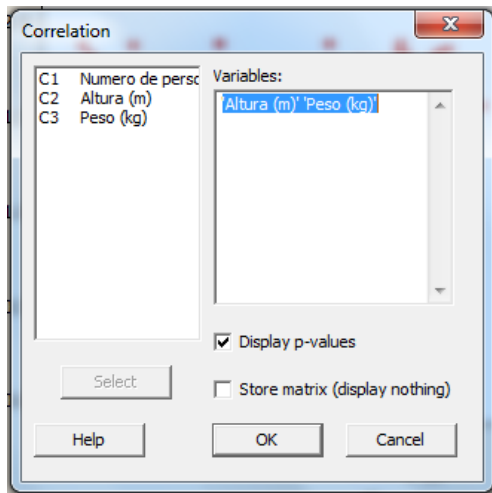
	C1	C2	C3
	Numero de personas	Altura (m)	Peso (kg)
1	1	1.94	96.9
2	2	1.84	80.5
3	3	1.79	78.2
4	4	1.69	77.4
5	5	1.80	82.6
6	6	1.88	87.8
7	7	1.57	67.6
8	8	1.81	82.5
9	9	1.76	82.6
10	10	1.68	66.8
11	11	1.89	76.3
12	12	1.54	88.8
13	13	1.99	93.7
14	14	1.84	82.9
15	15	1.88	88.4
16	16	1.60	69.0
17	17	1.86	83.4
18	18	1.91	89.1
19	19	1.99	93.2
20	20	1.76	79.1
21	21	1.88	61.6
22	22	1.71	70.6
23	23	1.78	79.4
24	24	1.76	76.3
25	25	0.00	99.6

On the right, the Minitab menu is open, showing 'Stat' > 'Basic Statistics' > 'Correlation...' selected. Other options visible include Regression, ANOVA, DOE, Control Charts, Quality Tools, Reliability/Survival, Multivariate, Time Series, Tables, Nonparametrics, EDA, Power and Sample Size, Display Descriptive Statistics..., Store Descriptive Statistics..., Graphical Summary..., 1-Sample Z..., 1-Sample t..., 2-Sample t..., Paired t..., 1 Proportion..., 2 Proportions..., 1-Sample Poisson Rate..., 2-Sample Poisson Rate..., 1 Variance..., 2 Variances..., Correlation..., Covariance..., Normality Test..., and Goodness-of-Fit Test for Poisson...

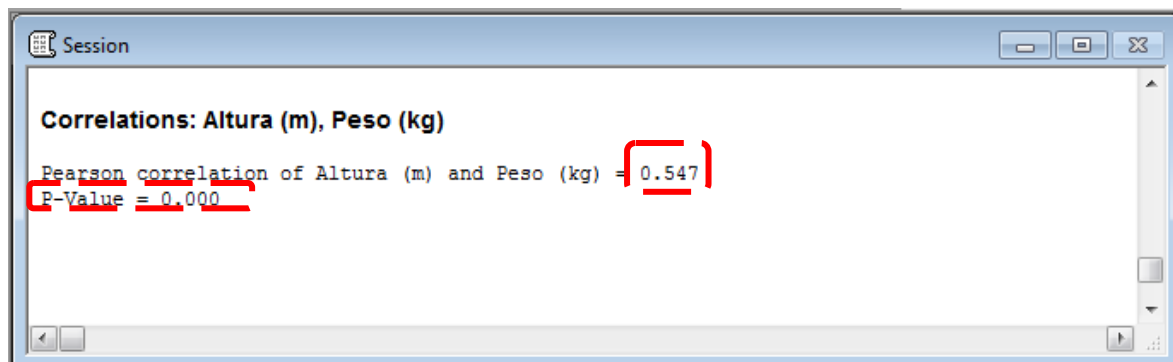
Una vez teniendo la tabla con los datos que queremos analizar:

1.- Dirigirse en el menú principal a Stat/Basic Statistics/Correlación...

2.- Seleccionas tus dos variables



3.- Finalizamos con "OK" y obtenemos el valor de confianza de la correlación entre las dos variables, así como el Valor de Probabilidad (P-Value).



## 12.- TWO SAMPLE T-INTERVALO DE CONFIANZA Y PRUEBA DE HIPOTESIS

En esta prueba se trata de comprobar la hipótesis de la no existencia de diferencias significativas entre las medias de dos muestras distintas:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ contra } H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde  $\mu$  es la media de la población.

Es decir, ahora se dispone de dos muestras procedentes de dos poblaciones distintas, supuestas distribuidas normalmente e independientes y se trata de comprobar si existen o no diferencias significativas entre ambas.

Para generar una prueba Two-Sample t-Test:

## 1. Stat / Basic Statistics / 2-Sample t

Sample t (Test and Confidence Interval)

☐ Samples in one column

Samples:

Subscripts:

☒ Samples in different columns

First:

Second:

☐ Summarized data

	Sample size:	Mean:	Standard deviation:
First:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Second:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

☐ Assume equal variances

Select Graphs... Options... Help OK Cancel

2. Seleccione las poblaciones que necesita comparar en **Sample in different columns**:

2-Sample t (Test and Confidence Interval)

☐ Samples in one column

Samples:

Subscripts:

☒ Samples in different columns

First:

Second:

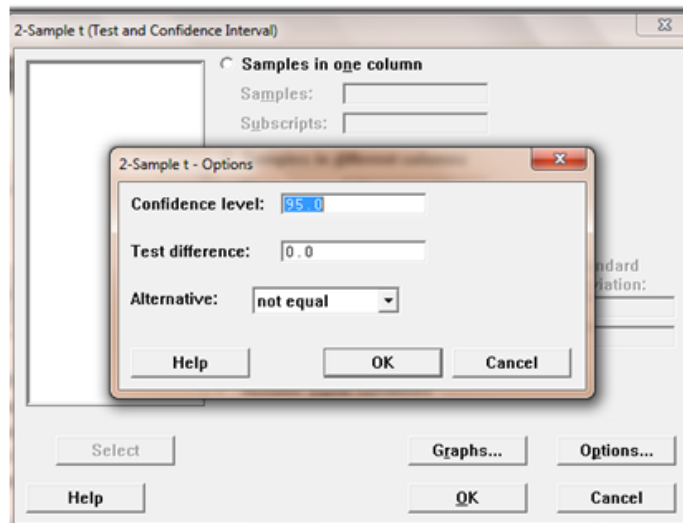
☐ Summarized data

	Sample size:	Mean:	Standard deviation:
First:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Second:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

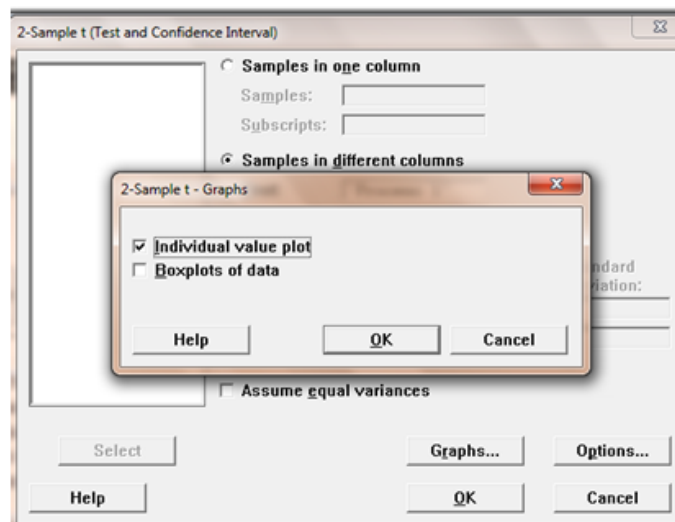
☐ Assume equal variances

Select Graphs... Options... Help OK Cancel

3. Selecciona el nivel de confiabilidad de la prueba en **Options**.



4. Selecciones **Graphs** para generar una grafica e interpretar los resultados.



Interpretando Resultados:



## Two-Sample T-Test and CI: Proceso 1, Proceso 3

Two-sample T for Proceso 1 vs proceso 3

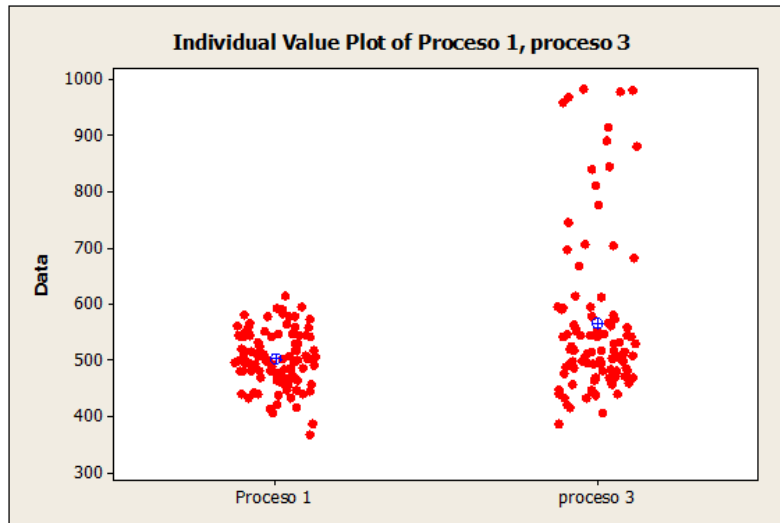
	N	Mean	StDev	SE Mean
Proceso 1	100	502.5	49.2	4.9
Proceso 3	100	566	143	14

Difference = mu (Proceso 1) - mu (proceso 3)

Estimate for difference: -63.0000

95% CI for difference: (-92.9348, -33.0652)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -4.17 P-Value = 0.000 DF = 122



Se observa que existen diferencias significativas entre ambos procesos, con un P-Value=0.000 el cual se interpreta que no existe correlación entre ambos procesos.

Existe una Diferencia Estimada de 63 puntos.

El P-Value=0 indica que uno de los procesos no es normal.

Además la Desviación Estándar de la Media de ambos procesos son muy diferentes. Se puede notar que existe diferencia entre los grupos y los experimentos. En otras palabras el Proceso 1 es más capaz que el Proceso 2.

## 13.- GAGE R&R

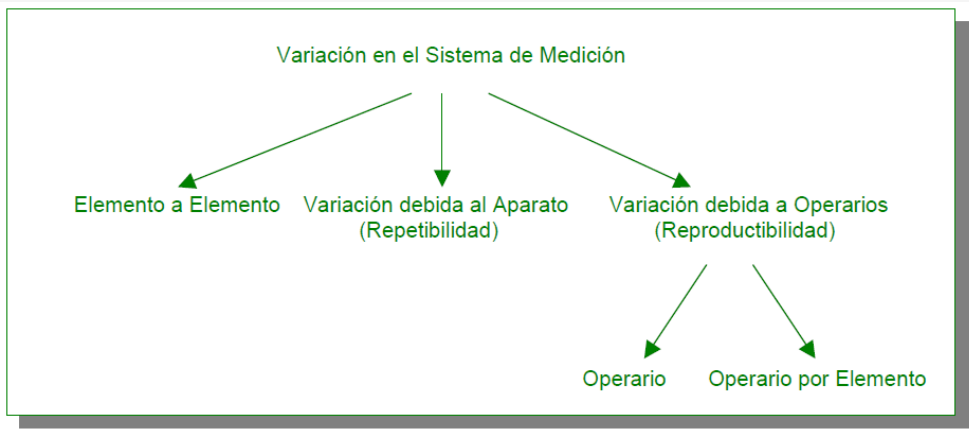
### Definiciones:

**Repetibilidad:** Es la variación observada cuando el mismo operario mide el mismo elemento de forma repetida usando el mismo aparato. Da una idea de la variación debida a dicho aparato de medida.

**Reproductibilidad:** Es la variación observada cuando distintos operarios miden el mismo elemento usando el mismo aparato. Nos da una idea de la variación debida al operario.

Los estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad de las mediciones determinan qué parte de la variación observada en el proceso se debe al sistema de medición usado.

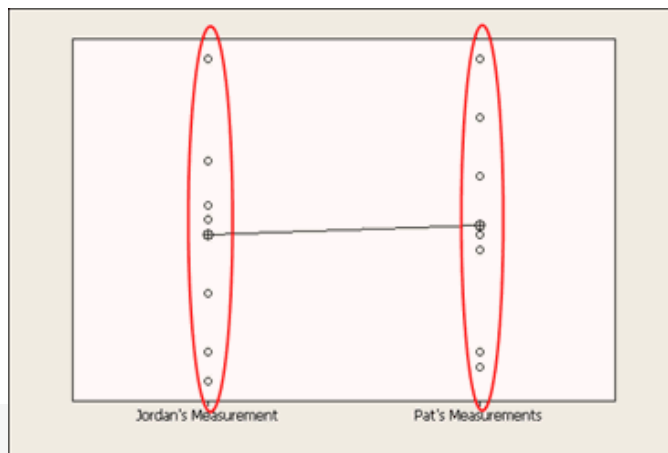
Minitab proporciona dos métodos para realizar este tipo de estudios: el método X-barra/R descompone la variación total en tres categorías: elemento a elemento, repetibilidad, y reproductibilidad. El método ANOVA va un paso más allá y descompone la reproductibilidad en dos subcategorías, el operario y el operario por elemento (por tal motivo este último método es más exacto que el anterior):



Con los estudios de Gages R&R se puede saber si las inconsistencias en las mediciones son demasiado grandes para pasar por alto, ya sea debido a una herramienta defectuosa o al funcionamiento irregular de una herramienta.

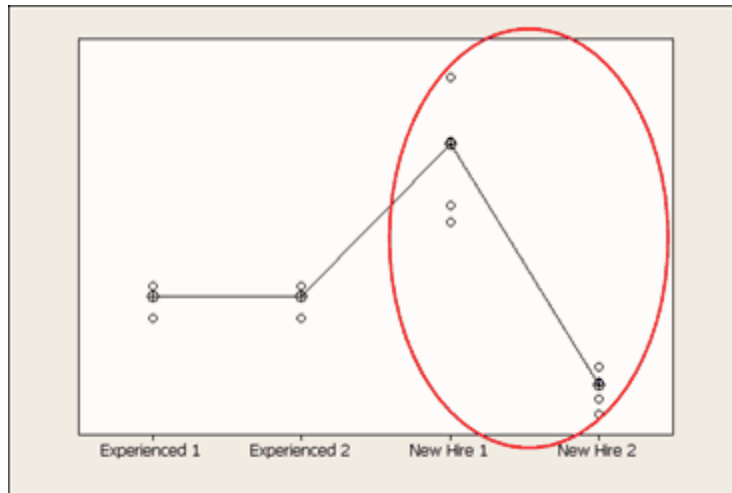
## Revelan una herramienta inconsistente

El R & R resultados muestran que incluso cuando la misma persona que pesa la misma caja en la misma escala, las medidas pueden diferir en varios gramos, lo que indica que la escala se encuentra en grave necesidad de recalibración. La escala defectuosa habría hecho el gráfico de control prácticamente inútil. Aunque el promedio de medidas no están muy alejados, la difusión de las medidas es enorme!



Para satisfacer la creciente demanda, una empresa contrata a nuevos trabajadores para preparar cantidades cuidadosamente medido de una solución costosa. La empresa utiliza un R & R estudio para comparar los nuevos operadores a los operadores con experiencia.

El estudio revela que, cuando los trabajadores de medir la misma muestra, las mediciones de las nuevas contrataciones son demasiado altos o demasiado bajos con mayor frecuencia que las mediciones de los trabajadores con experiencia. La compañía decide llevar a cabo más formación para los nuevos empleados.



## Como analizar un estudio de Gage R&R en minitab?

Conciencia de qué tan bien puede medir algo puede tener importantes beneficios económicos. Minitab hace que sea fácil de analizar el grado de precisión sus medidas son.

Un restaurante de los planes para evaluar cómo se mide la temperatura de los alimentos para asegurar que la comida es lo suficientemente caliente. Temperaturas incorrectas pueden dar lugar a descartar alimentos buenos, en su defecto a una inspección sanitaria, o incluso hacer que un cliente enfermo.

### Iniciando

Preparación para analizar su sistema de medición es fácil porque Gage Minitab Crear R & R Hoja de estudio puede generar una hoja de recogida de datos para usted. El cuadro de diálogo le permite especificar rápidamente que toma las mediciones (los operadores), el elemento que miden (las partes), y en qué orden los datos deben ser recogidos.

1. Seleccione **Stat > Quality Tools > Gage Study > Create Gage R&R Study Worksheet.**
2. Especifique el número de piezas, el número de operadores, y el número de veces que el mismo operador medirá la misma parte
3. Asigne nombres descriptivos a las partes y los operadores para que sean fáciles de identificar en la salida.
4. Click OK

Part	Part Name
1	Soup1
2	Soup2
3	Soup3
4	Soup4
5	Soup5

Operator	Operator Name
1	Morgan
2	Taylor
3	Robin

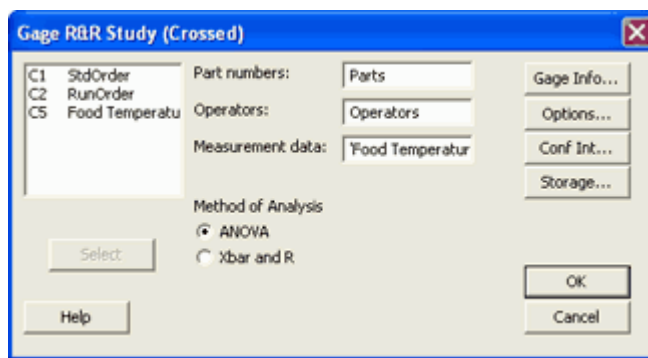
Number of parts: 5    Number of operators: 3    Number of replicates: 3

Buttons: OK, Cancel, Help, Options...

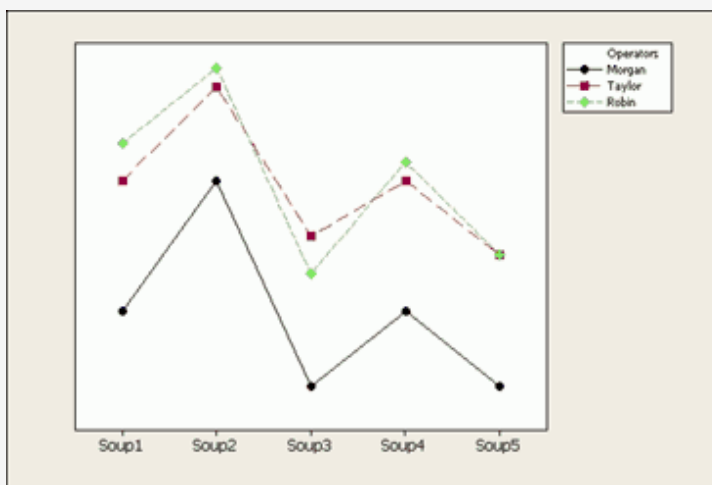
## El evento principal

Después de introducir las medidas en la hoja de cálculo, puede utilizar Gage R & R Estudio (Cruzado) para analizar las medidas

1. Seleccione **Stat > Quality Tools > Gage Study > Gage R&R Study (Crossed)**.
2. En **Part Numbers**, coloque las *Partes*.
3. En **Operators**, coloque los *Operadores*.
4. En **Measurement Data**, coloque '*Food Temp*'.
5. Click **Options**.
6. Entre sus límites de especificación. En este caso, coloque una especificación menor para la temperatura mínima.
7. Click **OK** en cada cuadro de dialogo.



El estudio revela que las mediciones de Morgan son inferiores a Taylor o la de Robin. Identificar y eliminar la fuente de la diferencia será mejorar el sistema de medición.



Morgan, Taylor, y Robin sugieren que la parte más difícil de medir la temperatura de la sopa de forma consistente es la medición de la sopa de la misma profundidad en el pozo, por lo que las marcas se suman a la cuchara a fin de realizar profundidad fácil de determinar