

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

Control de Calidad

Objetivo

Aplicar gráficas de calidad sobre distintos tipos de procesos, a fin de realizar un control estadístico sobre los mismos. Obtener evidencia acerca de su estado de control, calcular la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones del cliente y detectar causas de variación no naturales.

Introducción

De forma tradicional para el control de calidad se controla cada una de las piezas terminadas o una muestra de los lotes producidos mediante inspecciones del producto al final del proceso, aceptando o rechazando cada pieza o las partidas completas basándose en los criterios de las especificaciones.

La diferencia con el Control del Proceso estadístico (SPC) es que este sistema utiliza herramientas estadísticas para observar el proceso de producción durante la marcha y prever desviaciones que pueden resultar en productos rechazados o con No Conformidades (NC). Definimos a una NC como el no cumplimiento de una o más características del producto, tanto de forma como funcionales, que no están de acuerdo con las especificaciones.

Todos los procesos industriales están sujetos a dos tipos de variación, y ambas variaciones pueden provocar desvíos y/o NC en el producto final.

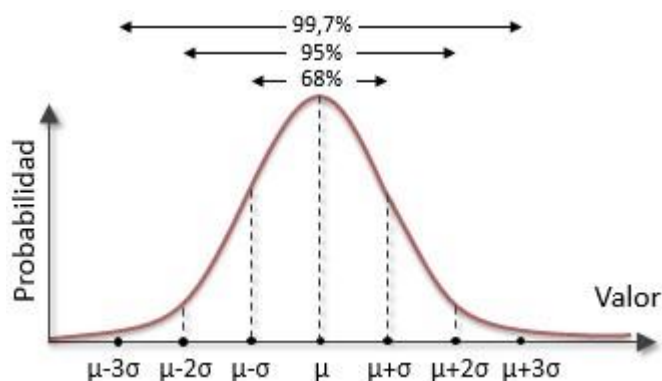
- Las primeras llamadas variaciones naturales, son inherentes a todo proceso y se comportan de forma aleatoria durante la producción. Como ejemplo podemos mencionar cambios de temperatura y humedad ambiente, variaciones puntuales e inesperadas en las materias primas, una distracción del operador, etc. Estas variaciones son pequeñas y normalmente están cerca del valor medio, dando como resultado piezas cuya distribución forma la curva de distribución normal (campana de Gauss). Cuando un proceso sólo es afectado por este tipo de variaciones se dice que se encuentra bajo control estadístico.
- Las segundas son conocidas como causas especiales de variación, y están ligadas a hechos concretos que pueden afectar en más o en menos la calidad de la producción. Estas causas deben ser identificadas y eliminadas a fin de evitar la producción de más piezas defectuosas; factores como el desgaste de la maquinaria, equipos mal ajustados, trabajadores fatigados o insuficientemente formados, así como nuevos lotes de materias primas, son fuentes potenciales de variaciones imputables. Cuando se detectan este tipo de variaciones decimos que el proceso está fuera de control, produciendo que la variación total está más allá de la variación natural esperada.

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

Métodos de control

El control estadístico de procesos es una herramienta con el cual un operario puede determinar si un proceso genera productos que se ajustan a las especificaciones y si es probable que los siga generando. Esto se consigue midiendo una determinada característica del producto sobre una muestra de los mismos a intervalos regulares, mientras el proceso continúa en marcha. Esta información puede utilizarse como base para realizar ajustes sobre los inputs del proceso o sobre el proceso mismo si fuese necesario, para evitar que se produzcan más unidades que no se ajustan a las especificaciones.

Por ejemplo, una línea de producción de botellas de gaseosa puede estar diseñada para llenar cada botella con 500cm³ de producto, algunas botellas pueden tener un poco más y otras pueden tener un poco menos, conforme a la distribución normal del contenido.



Si el proceso, sus entradas, o su entorno cambian, esta distribución puede cambiar también. Por ejemplo, si alguna pieza sufre algún desgaste más allá de lo normal, la llenadora puede empezar a introducir cada vez más gaseosa en las botellas, más allá de lo especificado para el producto. Si se permite continuar con el proceso, se producirán más y más productos que no entran dentro de las tolerancias del fabricante o del consumidor, pudiendo resultar en la generación de desperdicios y su consecuente pérdida económica.

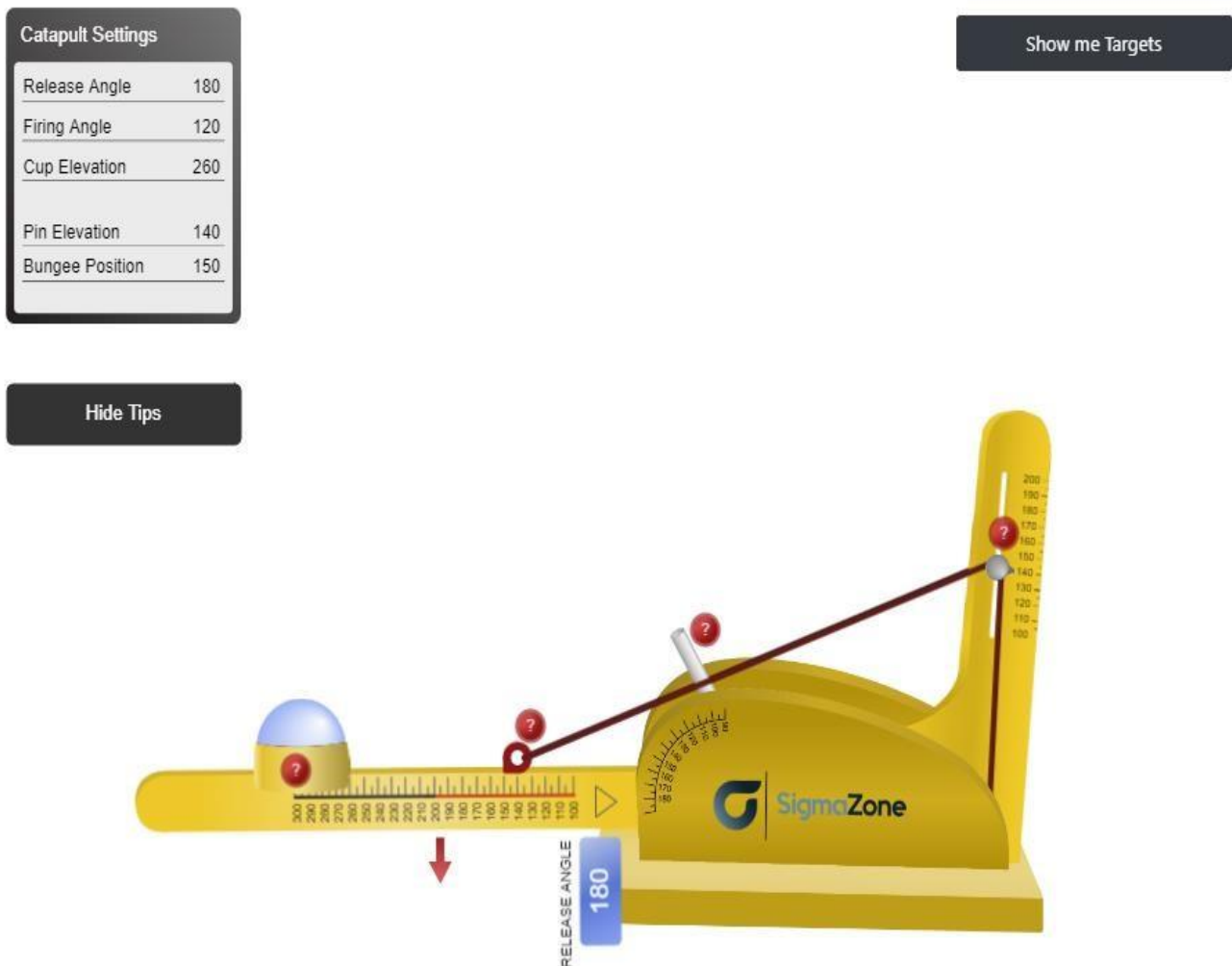
Utilizando las gráficas de control puede verificarse la ocurrencia de una variación no natural, determinando en el momento que existe alguna causa atribuible a dicha variación. Con esta evidencia el ingeniero de calidad o el responsable de la línea de producción pueden encontrar y solucionar la causa principal de la variación que ha entrado en el proceso, corrigiendo el problema y volviendo a poner el proceso en estado de control.

Gráfica de control simple – Actividad de la Catapulta

Para generar una primera gráfica de control y entender los conceptos de “Variación Natural” y “Causa Especial de Variación”, vamos a realizar una experimentación práctica haciendo uso de una catapulta. Para ello entraremos en la página <https://sigmazone.com/catapult/>

Allí tendremos una catapulta virtual sobre la cual se podrán cambiar varios parámetros. Para este primer ejemplo tomaremos los siguientes valores (cada grupo en su práctica deberá elegir valores diferentes):

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera



El valor Release Angle se consigue llevando hacia atrás el brazo de la catapulta (manteniendo presionado el botón del mouse). Al soltar el botón, la catapulta efectuará el primer disparo; deberá corroborar que al menos recorra 200m, en caso contrario deberá modificar los parámetros elegidos para llegar al menos a esa medida.

A medida que vaya realizando los disparos, deberá anotar el resultado medido en centímetros enteros al centro de la bola (no poner decimales ya que la escala en este caso es entera). Deberá repetir el procedimiento 20 veces, y en una de las oportunidades modificar el valor “Cup Elevation” a un valor de +10% del originalmente elegido (en amarillo en el siguiente cuadro).

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

Disparo	Cup Elevation	X
1	260	297
2	260	298
3	260	297
4	260	288
5	260	294
6	260	298
7	260	295
8	260	291
9	260	293
10	286	331
11	260	294
12	260	299
13	260	293
14	260	293
15	260	295
16	260	299
17	260	297
18	260	295
19	260	293
20	260	293

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

En el cuadro se puede verificar que, por más que en cada intento se hayan mantenido los mismos parámetros, en cada oportunidad se observa una variación en el alcance de la catapulta. Se dice que estas variaciones son “naturales” al proceso por ser parte del mismo: cada vez que mueve el brazo hacia atrás se guía por una escala entera, pero puede haber pequeñas variaciones no percibidas por el operador; la escala de medición del alcance puede ser no del todo precisa; la tensión de la goma puede verse afectada tras cada tiro, etc. Lo importante aquí es que: si todas las variables que intervienen en el proceso fluctúan de forma aleatoria y no están correlacionadas entre sí, entonces la salida que es fruto de la combinación de dichas variables tenderá a tener una Distribución Normal (Teorema Central del Límite).

Ahora bien, en nuestro intento número 10, la variable “Cup Elevation” no se comportó de manera aleatoria, sino que de forma ex profesa le cambiamos el valor. De esta manera, su resultado no se corresponde a la misma distribución, y al pertenecer a una distribución diferente, en caso de que vuelvan a repetirse esas condiciones, corremos el riesgo de comenzar a fabricar productos no conformes. Esto llevado a una realidad, puede ser resultado de algún mal ajuste, operación momentánea por un operador no calificado, o cualquier otra situación que no sea Natural al proceso, y por eso se la denomina como Causa especial de Variación, y debe ser identificada para poder tomar acción inmediata y prevenir que el proceso comience a estar fuera de control.

Es aquí donde el gráfico estadístico de proceso cobra relevancia, y para generarlo debemos en primera instancia calcular el promedio de nuestros disparos:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{20}}{20} = \frac{5.933}{20} = 296,65$$

Con el promedio, podemos calcular para cada intento la diferencia del valor obtenido vs. dicho promedio, y además calcular su cuadrado. De esta manera, las diferencias negativas se convierten en positivas, y la suma de todas ellas será la Varianza (σ^2). Por último al calcular la raíz cuadrada de la varianza obtenemos σ (la cual es una medida de dispersión), y a partir de allí podemos establecer los límites de control superior e inferior (UCL y LCL en inglés), los cuales se sitúan a $+3\sigma$ y a -3σ del promedio.

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

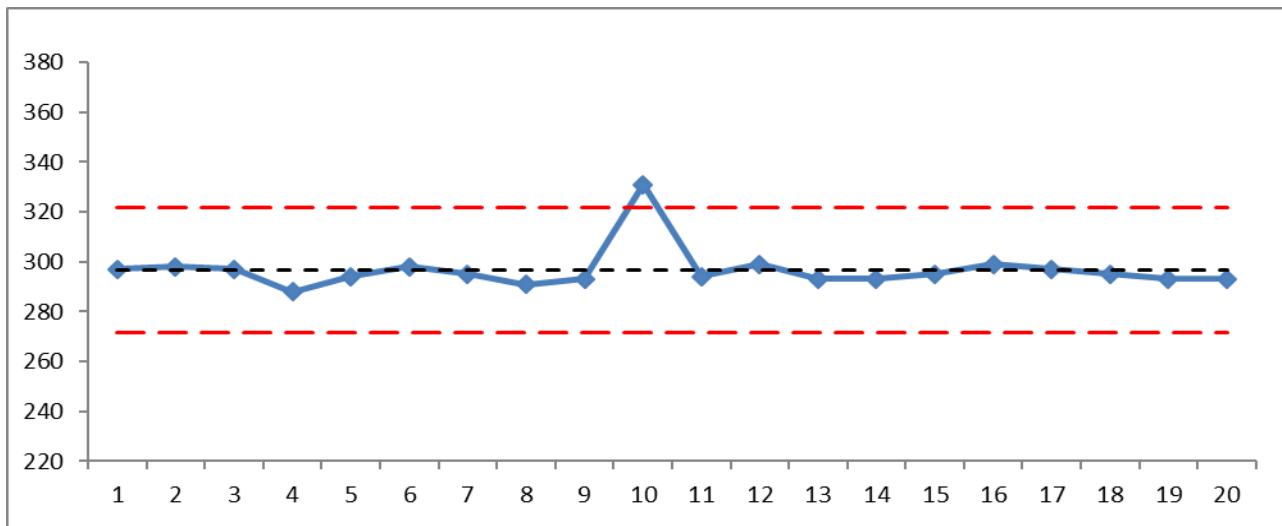
Disparo	Cup Elevation	X	Dif	Dif^2
1	260	297	0,35	0,12
2	260	298	1,35	1,82
3	260	297	0,35	0,12
4	260	288	-8,65	74,82
5	260	294	-2,65	7,02
6	260	298	1,35	1,82
7	260	295	-1,65	2,72
8	260	291	-5,65	31,92
9	260	293	-3,65	13,32
10	286	331	34,35	1.179,92
11	260	294	-2,65	7,02
12	260	299	2,35	5,52
13	260	293	-3,65	13,32
14	260	293	-3,65	13,32
15	260	295	-1,65	2,72
16	260	299	2,35	5,52
17	260	297	0,35	0,12
18	260	295	-1,65	2,72
19	260	293	-3,65	13,32
20	260	293	-3,65	13,32

$$\sigma^2 = \frac{(Dif_1)^2 + (Dif_2)^2 + \dots + (Dif_{20})^2}{20} = \frac{1.390,55}{20} = 69,53$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = 8,34$$

$$UCL = \bar{X} + 3\sigma = 296,65 + 25,01 = 321,66$$

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera



Como se aprecia en el gráfico, los valores tienen una variación natural entre lo que se denomina “Límites de Control”, a excepción del valor en el que cambiamos el parámetro de manera de generar una causa especial de variación.

En la industria, debemos estar atentos a la aparición de esta anomalía que se detecta cuando una medición escapa de los límites de control, ya que de no actuarse en el momento y trabajar en las causas para que el error no vuelva a repetirse, se corre el riesgo de que esa causa que al momento es especial, se convierta en recurrente y afecte al proceso entero haciéndolo más variable.

Simulación de un proceso con mayor variabilidad

Para ejemplificar lo que sucedería en el caso de no aplicar medidas para evitar la reocurrencia de las causas especiales de variación, vamos a reiterar la práctica simulando un nuevo escenario donde la taza que porta la munición está floja y se mueve constantemente.

Para ello, vamos a modificar en cada tiro el valor del “Cup Elevation” utilizando los valores anteriores como límites y varios intermedios al azar, obteniendo la siguiente tabla y gráfica:

Disparo	Cup Elevation	X	Dif	Dif^2
1	260	296	-18,5	342,3
2	286	337	22,5	506,3
3	275	315	0,5	0,3
4	265	301	-13,5	182,3

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

5	280	322	7,5	56,3
6	260	297	-17,5	306,3
7	286	333	18,5	342,3
Disparo	Cup Elevation	X	Dif	Dif^2
8	275	314	-0,5	0,3
9	265	303	-11,5	132,3
10	280	324	9,5	90,3
11	260	294	-20,5	420,3
12	286	332	17,5	306,3
13	275	319	4,5	20,3
14	265	298	-16,5	272,3
15	280	328	13,5	182,3
16	260	295	-19,5	380,3
17	286	334	19,5	380,3
18	275	321	6,5	42,3
19	265	306	-8,5	72,3
20	280	321	6,5	42,3

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{20}}{20} = \frac{5.290}{20} = 314,50$$

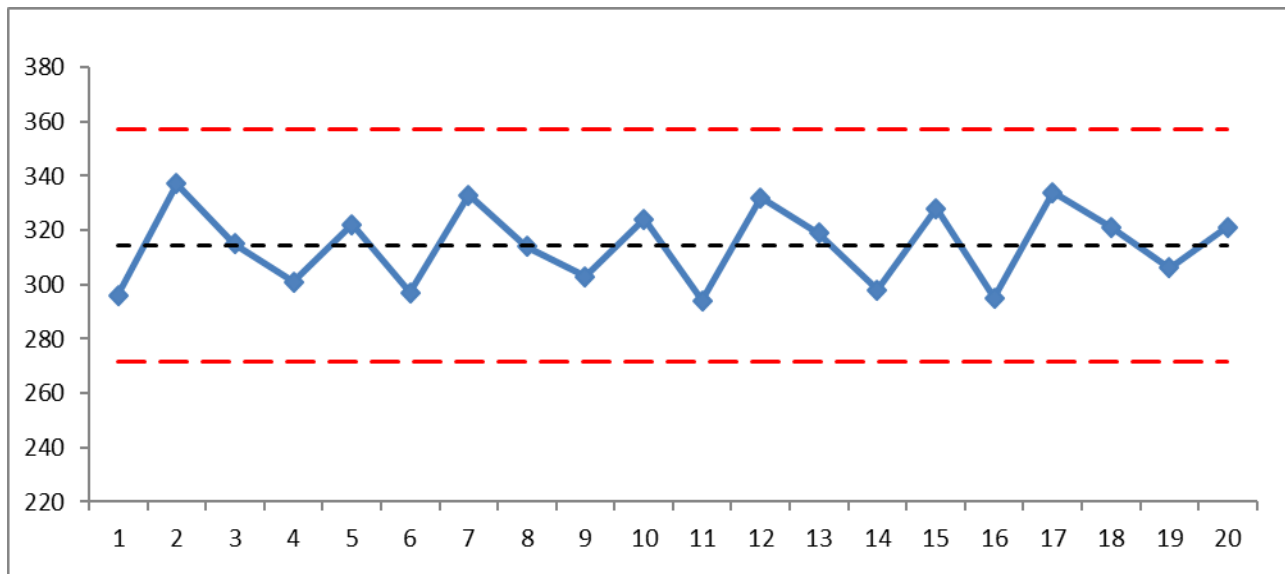
$$\sigma^2 = \frac{(Dif_1)^2 + (Dif_2)^2 + \dots + (Dif_{20})^2}{20} = \frac{4.077}{20} = 203,85$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = 14,28$$

$$UCL = \bar{X} + 3\sigma = 314,50 + 42,83 = 357,33$$

$$LCL = \bar{X} - 3\sigma = 314,50 - 42,83 = 271,67$$

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera



Como verán, en esta nueva normalidad ningún punto se va de los límites de control... pero es ¿es mejor o peor? Ahora el proceso está en una nueva normalidad y se mantiene en control, pero es más variable que el anterior, y mientras la tasa no se afloje más allá de los límites establecidos seguirá produciendo productos dentro de sus nuevos límites de control por lo cual seguirá siendo predecible.

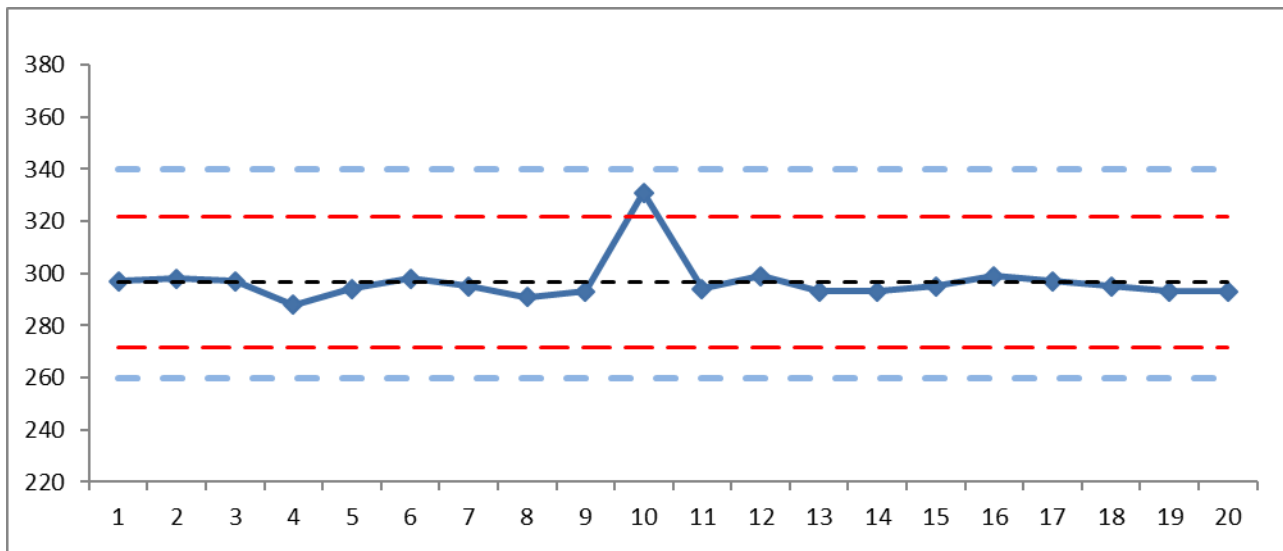
Definición de capacidad

Por último y antes de hablar de capacidad, cabe destacarse la diferencia entre los llamados límites de control y los límites de especificación. Los primeros, hablan del proceso y de su variabilidad. Los segundos, hablan de los requerimientos del cliente.

En el primero de los ejemplos, una de las unidades salió del límite de control, pero puede ser que aun así no sea un producto defectuoso debido a que los límites de especificación pueden estar más allá que los de control. No obstante, es importante parar el proceso y definir las causas que hicieron que el proceso salga fuera de control, porque en caso contrario aumentan las chances de comenzar a producir cada vez más alejadas del promedio “ensanchando” la variabilidad del proceso y poniendo en riesgo el cumplimiento de las especificaciones del cliente.

Para visualizar esto, establezcamos límites de especificación en USL: 340 y LSL: 260. Nuestra primera experiencia se vería así:

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera



Como ven, el punto que escapa al límite de control superior, aún está dentro del límite de especificación superior. No es un producto No Conforme, pero el proceso “me dice” que debo tomar acción.

La Capacidad de un proceso es el cociente entre los límites de especificación y la variabilidad del mismo. De esta manera se calcula:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{80}{50,03} = 1,60$$

Si $Cp > 1$, se dice que el proceso es capaz de producir dentro de las tolerancias. Por el contrario, si $Cp < 1$, el proceso no tiene la capacidad de producir dentro de las tolerancias y será necesario un cambio radical (compra de nueva tecnología por ej) para poder aumentar su capacidad.

Puede ocurrir que el proceso no esté centrado y para ello se calculan valores de Cp para cada especificación. De esta manera tendremos:

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{43,35}{25,01} = 1,73$$

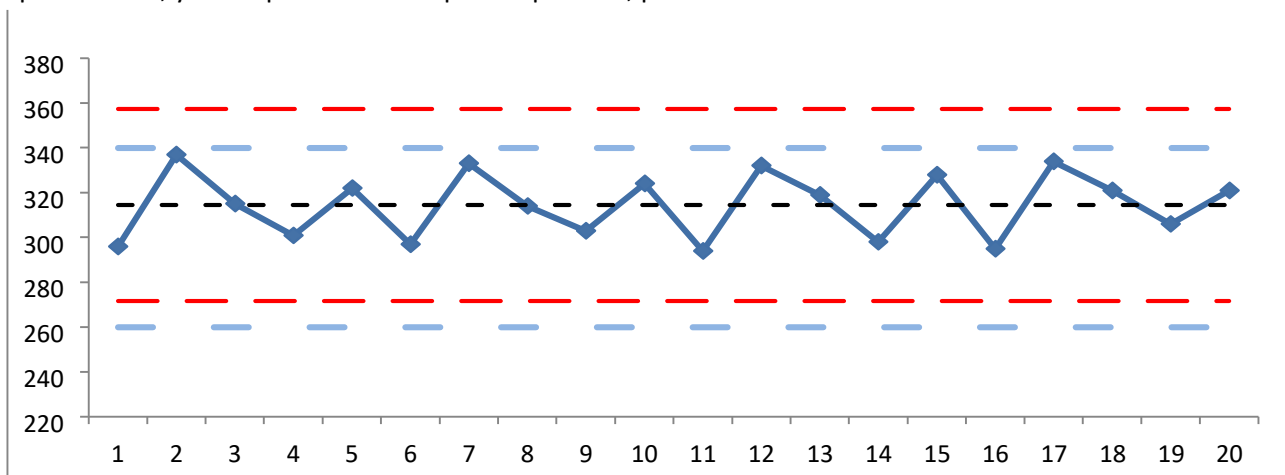
$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} = \frac{36,65}{25,01} = 1,47$$

Finalmente se toma el índice Cpk como el mínimo entre ambos valores. En este caso: $Cpk = Cpl = 1,47$

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

Si $Cpk < Cp$, dará muestra de que el proceso está descentrado y en lo posible deberán tomarse medidas para centrarlo y así aumentar su capacidad hasta Cp .

De la misma manera y para finalizar, se puede comprobar la capacidad del segundo proceso donde se simuló una taza floja que se volvió parte natural del proceso por no tomar una acción oportuna. Vemos que aunque el proceso está en control, no tiene la capacidad de cumplir con los límites de especificación propuestos inicialmente, ya que el mismo tiene mayor variabilidad y ahora está muy cerca o se superpone a los límites de especificación, y un disparo “normal” para el proceso, puede terminar acabando fuera de la tolerancia.



$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{80}{85,67} = 0,93$$

$$Cpu = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{25,50}{42,83} = 0,60$$

$$Cpl = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} = \frac{54,50}{42,83} = 1,27$$

$$Cpk = Cpu = 0,60$$

Gráfica Xbar-R

Este es otro tipo de gráfica que se utiliza también cuando la característica a controlar es una variable del tipo continua, pero que por las características del proceso es necesario tomar un determinado número de muestras a intervalos regulares, las cuales se componen por un subgrupo de un número establecido de productos. De esta manera puede tomarse evidencia de la variabilidad del lote (ya que las muestras del subgrupo se toman en el mismo instante) y el comportamiento del proceso con el correr de las horas y los diferentes lotes de fabricación.

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

La siguiente tabla muestra las mediciones efectuadas sobre el largo de una barra de acero para una posterior fabricación de varillas roscadas. Cada medición se efectúa regularmente sobre un subgrupo de cuatro muestras a intervalos regulares, obteniendo un total de 25 mediciones a lo largo del día.

Subgrupo (i)	X₁	X₂	X₃	X₄
1	75	72	73	74
2	73	74	72	73
3	72	75	73	74
4	74	71	72	74
5	75	70	70	73
6	76	75	77	75
7	72	75	75	75
8	70	75	73	74
9	71	76	70	74
10	69	72	70	73
11	73	71	72	71
12	71	68	74	78
13	74	69	71	73
14	74	70	70	72
15	73	72	69	71
16	71	69	74	72
17	74	75	71	72
18	73	75	72	74
19	68	74	71	74
20	71	74	72	70
Subgrupo (i)	X₁	X₂	X₃	X₄
21	72	73	74	72
22	72	71	74	71
23	69	74	73	72
24	72	71	71	73
25	71	72	74	69

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

Resolución

Para calcular los valores necesarios para la realización de las gráficas se requiere, además de las fórmulas expresadas a continuación, una tabla estadística conocida como “Tabla B” que se adjunta al final del práctico.

Para cada uno de los subgrupos, deberá calcularse un \bar{X} promedio (\bar{X}) como promedio simple de todas las muestras de dicho subgrupo. Finalmente puede calcularse un promedio de los promedios ($\bar{\bar{X}}$)

$$\bar{X}_i = \frac{x_{i;1} + x_{i;2} + \dots + x_{i;n}}{n}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_i}{i}$$

$$\bar{X}_1 = \frac{x_{1;1} + x_{1;2} + x_{1;3} + x_{1;4}}{4} = \frac{75 + 72 + 73 + 74}{4} = \frac{294}{4} = 73,50$$

$$\bar{X}_2 = \frac{x_{2;1} + x_{2;2} + x_{2;3} + x_{2;4}}{4} = \frac{292}{4} = 73,00$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_{25}}{25} = \frac{73,50 + 73,00 + \dots + 71,50}{25} = \frac{1.812}{25} = 72,48$$

De la misma forma se calcula el Rango de cada subgrupo, restando el valor Máximo menos el Mínimo de las muestras de cada grupo. Esto da una medida simple de dispersión para el lote en cuestión, y finalmente pueden promediarse todas en un \bar{R} promedio

$$R_i = \max(x_{i;1}; x_{i;2}; \dots; x_{i;n}) - \min(x_{i;1}; x_{i;2}; \dots; x_{i;n})$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_i}{i}$$

$$R_1 = \max(x_{1;1}; x_{1;2}; x_{1;3}; x_{1;4}) - \min(x_{1;1}; x_{1;2}; x_{1;3}; x_{1;4}) = 75 - 72 = 3$$

$$R_2 = \max(x_{2;1}; x_{2;2}; x_{2;3}; x_{2;4}) - \min(x_{2;1}; x_{2;2}; x_{2;3}; x_{2;4}) = 74 - 72 = 2$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{25} = \frac{3 + 2 + \dots + 5}{25} = \frac{100}{25} = 4,00$$

Una vez calculados todos los valores, nuestra tabla será como la siguiente:

Subgrupo (i)	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	\bar{X}	R
1	75	72	73	74	73,50	3

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

2	73	74	72	73	73,00	2
3	72	75	73	74	73,50	3
4	74	71	72	74	72,75	3
5	75	70	70	73	72,00	5
6	76	75	77	75	75,75	2
7	72	75	75	75	74,25	3
8	70	75	73	74	73,00	5
9	71	76	70	74	72,75	6
10	69	72	70	73	71,00	4
11	73	71	72	71	71,75	2
12	71	68	74	78	72,75	10
13	74	69	71	73	71,75	5
14	74	70	70	72	71,50	4
15	73	72	69	71	71,25	4
16	71	69	74	72	71,50	5
17	74	75	71	72	73,00	4
18	73	75	72	74	73,50	3
19	68	74	71	74	71,75	6
20	71	74	72	70	71,75	4
21	72	73	74	72	72,75	2
22	72	71	74	71	72,00	3
23	69	74	73	72	72,00	5
24	72	71	71	73	71,75	2
25	71	72	74	69	71,50	5

Finalmente es necesario utilizar la “Tabla B”, donde se debe verificar en la primera columna “n” la cantidad de muestras por Subgrupo (para nuestro caso n=4), y tomar de las distintas columnas de esa fila los valores: A₂; D₃; D₄ para utilizarlos en las siguientes fórmulas:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \times R = 72,48 + 0,729 \times 4,00 = 75,40$$

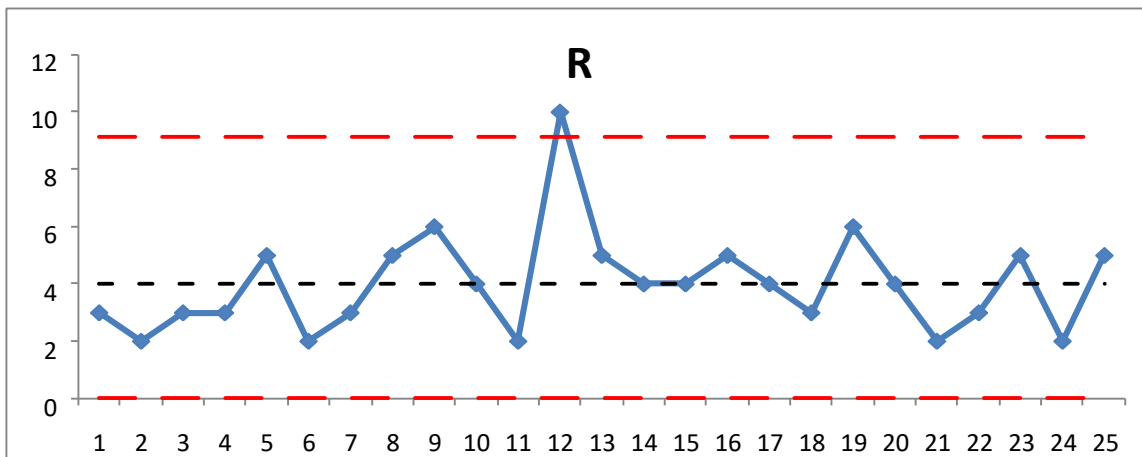
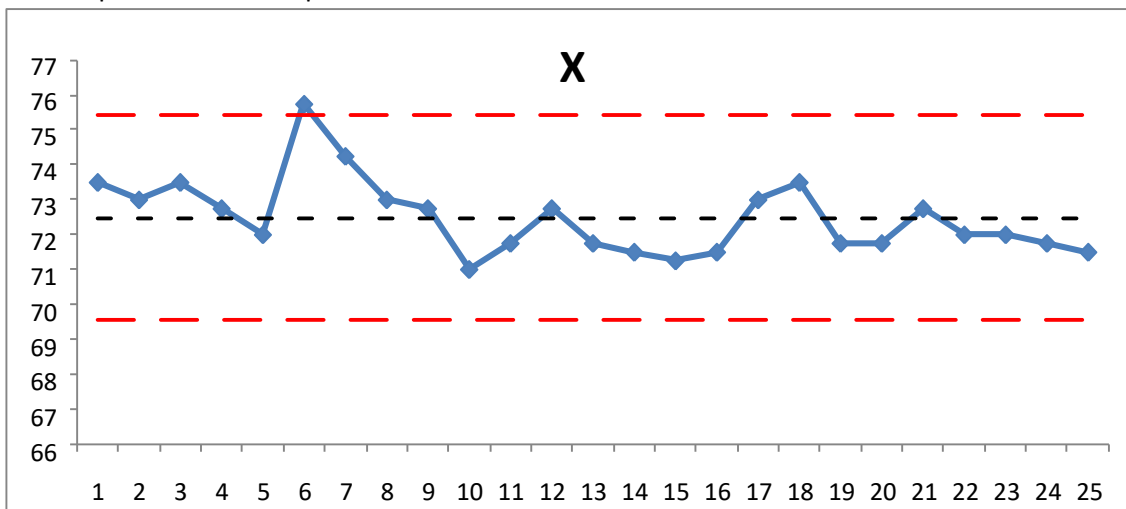
$$LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \times R = 72,48 - 0,729 \times 4,00 = 69,56$$

$$UCL_R = D_4 \times R = 2,282 \times 4,00 = 9,13$$

$$LCL_R = D_3 \times R = 0 \times 4,00 = 0$$

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

Con todo esto, podemos volcar los datos en dos gráficas (una para X y otra para R), debiendo tomar acción ante un valor que sobrepase tanto los límites de control de X como los de R, ya que cualquiera de estas situaciones se dan por causas especiales de variación y las mismas deben ser encontradas para que no se vuelvan parte natural del proceso.



Gráfica P

Este tipo de gráfica se utiliza cuando la característica a controlar es una variable del tipo discreta, para ello es necesario tomar un determinado número de muestras a intervalos regulares, sobre las cuales examinaremos la ocurrencia de determinada característica (pasa / no pasa).

De manera similar al caso anterior la gráfica se realiza sobre un eje horizontal de tiempo donde en este caso para cada subgrupo de n unidades se representa en altura la proporción de ocurrencia de la no conformidad

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

sobre la característica a controlar. Al igual que antes se calcula además un valor promedio de todas las proporciones (\bar{p}), y se fijan los límites superiores e inferiores de control (UCL_p y LCL_p respectivamente).

A modo de ejemplo, la siguiente tabla muestra las observaciones de un especialista efectuadas sobre un lote de gabinetes que salen de la línea de pintura. Cada medición se efectúa regularmente sobre un subgrupo de 250 muestras a intervalos regulares, obteniendo un total de 25 mediciones a lo largo del día.

Dado que la variable a controlar es discreta (presenta o no presenta imperfecciones), deberá aplicar un gráfico de control P , evaluar el proceso y recalcular los límites en caso de que fuera necesario.

Subgrupo (i)	Unidades (n)	NC	P
1	250	10	4,00%
2	250	11	4,40%
3	250	11	4,40%
4	250	12	4,80%
5	250	10	4,00%
6	250	9	3,60%
7	250	11	4,40%
8	250	16	6,40%
9	250	10	4,00%
10	250	9	3,60%
11	250	13	5,20%
12	250	14	5,60%
13	250	12	4,80%
14	250	9	3,60%
15	250	10	4,00%
16	250	15	6,00%
17	250	16	6,40%
18	250	13	5,20%
19	250	12	4,80%
20	250	11	4,40%
21	250	25	10,00%
22	250	17	6,80%
23	250	18	7,20%
24	250	15	6,00%
25	250	14	5,60%

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

Resolución

Como primera medida, debemos calcular las proporciones (p) de cada subgrupo, como un cociente entre las que se encontraron defectuosas sobre el total de unidades del lote (n)

$$p_i = \frac{\sum NC_i}{n}$$

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_i}{i}$$

$$p_1 = \frac{\sum NC_1}{n} = \frac{10}{250} = 4,00\%$$

$$p_2 = \frac{\sum NC_2}{n} = \frac{11}{250} = 4,40\%$$

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_{25}}{25} = \frac{4,00\% + 4,40\% + \dots + 5,60\%}{25} = \frac{129,20\%}{25} = 5,17\%$$

Finalmente deben aplicarse las fórmulas de los límites de control superior e inferior, siendo para este ejemplo igual a:

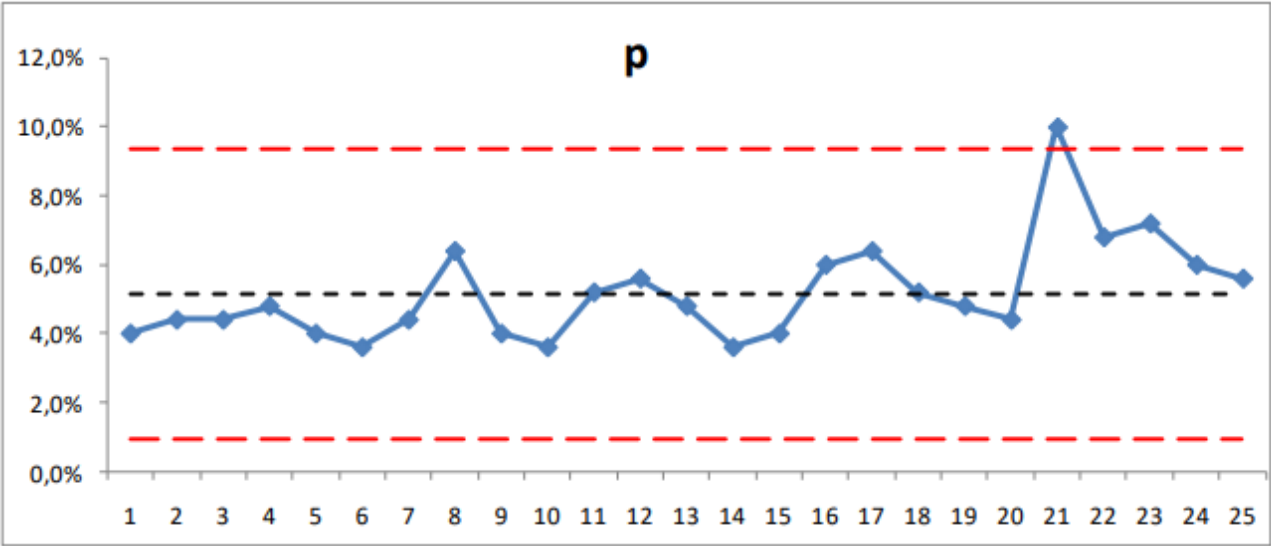
$$UCL = \bar{p} + 3 \times \sqrt{\frac{\bar{p} \times (1 - \bar{p})}{n}} = 0,0517 + 3 \times \sqrt{\frac{0,0517 \times (1 - 0,0517)}{250}} = 9,37\%$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \times \sqrt{\frac{\bar{p} \times (1 - \bar{p})}{n}} = 0,0517 - 3 \times \sqrt{\frac{0,0517 \times (1 - 0,0517)}{250}} = 0,97\%$$

Es importante destacar que, aunque los resultados los expresemos como porcentajes, a la hora de calcular los límites es necesario utilizar el valor de \bar{p} como 0,xxxx (manteniendo 4 decimales). Esto es debido a que en la fórmula la expresión $(1 - \bar{p})$ representa el complemento de \bar{p} , y el 1 en realidad sería 100%.

Por último, se representa el gráfico de control con los valores de \bar{p} y sus límites de control.

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera



Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda			
Administración General			
T.P. Nº 6 - Control de Calidad			
Año: xx	División: xx	Entregado: xxxx	Vencimiento: xxxx
Hoja de Datos xxxx	Docente Ing. Ruben Fonte	Jefe TP Ing. Visconti Mariano	Ayudante JTP Ing. Walter Gurrera

Contenido del trabajo práctico a entregar

- Carátula completa incluyendo número de grupo y participantes.
- Actividad de la Catapulta
 - Parámetros utilizados para los lanzamientos
 - 1er ejemplo
 - Tabla de valores (sólo varía “Cup Elevation” en 1 disparo)
 - Cálculos de \bar{x}^2 , \bar{x} y límites de control UCL y LCL
 - Establecimiento de límites de especificación USL y LSL (ceranos a los de control)
 - Cálculo de índices de Capacidad
 - Gráfica de control incluyendo Límites de Control y de Especificación
 - 2do ejemplo
 - Tabla de valores (variando “Cup Elevation” en todos los disparos)
 - Cálculos de \bar{x}^2 , \bar{x} y límites de control UCL y LCL
 - Cálculo de índices de Capacidad (utilizando los límites de especificación anteriores)
 - Gráfica de control incluyendo Límites de Control y de Especificación
 - Conclusión
- Enunciado del Caso 1
 - Cálculos de X y R (en detalle sólo los dos primeros subgrupos de la tabla)
 - Cálculos de promedios
 - Cálculos de Límites de Control
 - Gráfica de control (sólo con los Límites de Control Calculados)
 - Conclusión
- Enunciado del Caso 2
 - Cálculos de p (en detalle sólo los dos primeros subgrupos de la tabla)
 - Cálculos de promedio
 - Cálculos de Límites de Control
 - Gráfica de control (sólo con los Límites de Control Calculados)
 - Conclusión

La entrega deberá hacerla en formato de Word en un **único archivo** que contenga todo lo anterior, no debe entregar gráficos en archivos aparte o tablas en Excel; todos los elementos deben estar embebidos en el mismo documento y debe subirlo al campus con el nombre de archivo: **“TP6 – Gxx.docx”** reemplazando **xx** por el número de grupo correspondiente.

En caso de requerir alguna corrección, les devolveremos el Word con los comentarios pertinentes también a través del campus. Una vez corregido deberán volver a subirlo como **“TP6 – Gxx v2.docx”**, indicando que se trata de una versión 2 o la que corresponda.

