

Cartas de Control \bar{x} -S

Las cartas de control \bar{x} -S son gráficos que también nos ayudan a analizar la variabilidad de un proceso a través del tiempo. El proceso para realizar las cartas de control - s es muy parecido al de las de -R, la única diferencia está en que el tamaño de la muestra puede variar y es mucho más sensible para detectar cambios en la media o en la variabilidad del proceso. La gráfica monitorea el promedio del proceso para vigilar tendencias y la gráfica s monitorea la variación en forma de desviación estándar.

Cuando una carta \bar{x} -R ya no es suficiente para detectar cambios pequeños en el proceso debido a que $n > 10$, en su lugar se recomienda utilizar la carta S, en la que se grafican las desviaciones estándar de los subgrupos.

Límites de control de la carta S

Para cada subgrupo se calcula S, que, al ser una variable aleatoria, sus límites se determinan a partir de su media y su desviación estándar. Por ello, los límites se obtienen con la expresión:

$$\mu_S \pm 3\sigma_S$$

Donde μ_S representa la media o valor esperado de S, y σ_S la desviación estándar de S, y están dados por:

$$\mu_S = c_4\sigma \quad \text{y} \quad \sigma_S = \sigma\sqrt{1 - c_4^2}$$

Donde σ es la desviación estándar del proceso y c_4 es una constante que depende del tamaño del subgrupo y está tabulada en el apéndice. Casi siempre, en un estudio inicial no se conoce σ , esta puede estimarse, pero ya no a través del método de rangos, sino ahora con:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{c_4}$$

Cartas de Control \bar{x} -S

Donde \bar{s} es la media de las desviaciones estándar de los subgrupos. La razón de que σ no se estime de manera directa con el promedio de las desviaciones estándar, es que \bar{s} no es un estimador insesgado de σ ; es decir, la esperanza matemática de \bar{s} , $E(\bar{s})$, no es igual a σ , más bien, $E(\bar{s}) = c_4\sigma$. Por ello, al dividir \bar{s} entre la constante c_4 , se convierte en un estimador insesgado.

De esta manera, los límites de control para una carta S están dados por:

$$LCS = \bar{s} + 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2}$$

$$\text{Línea central} = \bar{s}$$

$$LCI = \bar{s} - 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2}$$

La forma en la que ahora se estimó σ , modifica la forma de obtener los límites de control en la carta \bar{x} cuando esta es acompañada de la carta S. En este caso se obtienen de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}}$$

$$\text{Línea central} = \bar{\bar{x}}$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}}$$

Cartas de Control \bar{x} -S

INTERPRETACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONTROL EN UNA CARTA S

Estos límites indican la variación esperada para las desviaciones estándar de muestras de tamaño n , mientras el proceso no tenga cambios importantes y, por lo tanto, son útiles para detectar cambios significativos en la magnitud de la variación del proceso. A continuación, veamos un ejemplo:

En una fábrica que se dedica a la elaboración de envases de plástico, lo primero que se debe elaborar es la preforma, para la cual se tienen varios criterios de calidad, uno de ellos es el peso de la preforma. Para cierto envase, el peso debe estar entre 28.00 ± 0.5 g. Cada media hora se toma un subgrupo de 10 preformas y se pesan. Las medias y desviaciones estándar de los últimos 20 subgrupos se muestran enseguida:

Medias

28.048 28.042 27.985 27.968 28.044 28.162 27.981

27.985 28.024 27.973 28.021 28.026 28.004 27.993

27.949 28.028 27.99 28.004 27.997 28.014

Desviaciones estándar

0.1343 0.1596 0.0846 0.0868 0.1086 0.1029 0.1241

0.1010 0.0924 0.1049 0.1157 0.1127 0.0841 0.1090

0.1285 0.1116 0.0927 0.1691 0.1083 0.1031

En la figura 7.7 se observa la carta \bar{x} \bar{s} de estos datos. Los límites se muestran en la carta correspondiente y se obtuvieron considerando que la media de las medias fue igual a 28.01, la media de las desviaciones estándar fue igual a 0.1117 y del apéndice se obtiene

Cartas de Control \bar{x} -S

que para $n = 10$, la constante $c_4 = 0.9727$. Cuando se aplican las fórmulas indicadas, se obtienen los límites que se muestran en la figura 7.7. Además, se obtiene la desviación estándar del proceso $\hat{\sigma} = 0.1117/0.9727 = 0.1148$. De la carta \bar{x} podemos ver que la media del subgrupo 6 fue mayor que el límite de control superior, lo cual indica que cuando se obtuvieron los datos de ese subgrupo, el proceso estaba operando con una causa especial de variación que provocó un desplazamiento del promedio del proceso. No se sabe de qué magnitud fue ese desplazamiento, ya que solo se han obtenido 10 datos, pero existe una gran probabilidad de que durante ese momento se desplazó la media del proceso. El comportamiento del proceso en los subsecuentes subgrupos muestra que, al parecer, esa causa especial dejó de actuar. En cuanto a la carta S, no se muestra ningún punto fuera de sus límites, ni algún patrón especial, por lo que la magnitud de la variación del proceso se mantuvo durante este tiempo.

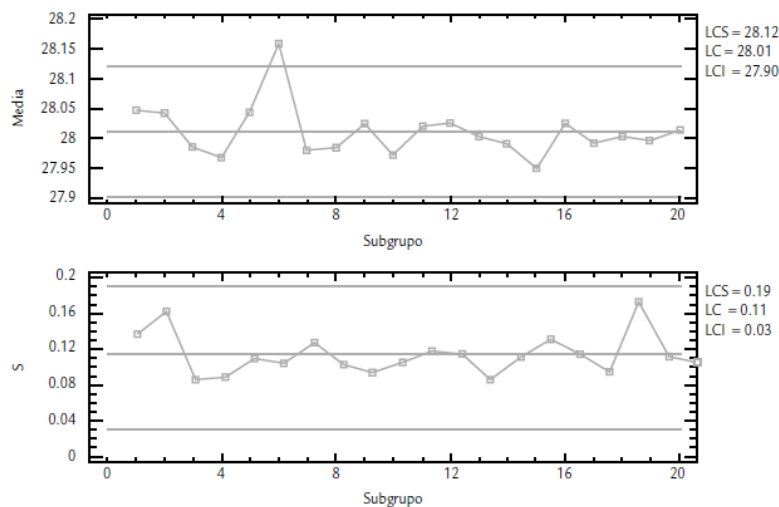


FIGURA 7.7 Carta \bar{X} -S para el ejemplo 7.3.

REFERENCIA:

Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma. Recuperado de: <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>