



FACULTAD  
DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS



Universidad  
Nacional  
de Córdoba

# **REPOSITORIO DIGITAL UNIVERSITARIO (RDU-UNC)**

## **Muestreo simple y doble para el monitoreo de unidades no conformes en procesos de alta calidad**

Silvia Joeques, Andrea F. Righetti, Marcelo Smrekar

Ponencia presentada en XLVI Coloquio Argentino de Estadística-XLVI CAE y 4ta Jornada de Educación Estadística realizado en 2018 en la Facultad de Ciencias Económicas - Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto. Córdoba, Argentina



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

# MUESTREO SIMPLE Y DOBLE PARA EL MONITOREO DE UNIDADES NO CONFORMES EN PROCESOS DE ALTA CALIDAD

Silvia Joeques<sup>1</sup>, Andrea Righetti<sup>1</sup>, Marcelo Smrekar<sup>2</sup>

1- Instituto de Estadística y Demografía - Facultad de Ciencias Económicas - U.N.C.

2- Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - U.N.C.,  
joeques@gmail.com

## Resumen

En este trabajo se propone un nuevo procedimiento, el gráfico de control con muestreo doble (MD), cuyo objetivo es mejorar la capacidad para detectar cualquier condición de fuera de control mediante la observación de una segunda muestra. La eficacia de este procedimiento se basa principalmente en el hecho de que permite observar cambios pequeños o moderados en la proporción de unidades no conformes del proceso, sin aumentar el muestreo. El muestreo doble es especialmente útil cuando se lo utiliza en procesos de alta calidad, en los cuales la proporción de unidades no conformes y el tamaño de la muestra son reducidos. En esta situación, una alternativa posible consiste en emplear el gráfico  $np$  mejorado en la primera etapa del muestreo, dado que este procedimiento ha mostrado una gran ventaja sobre el gráfico  $np$  habitual para atributos. La utilización del muestreo doble en una segunda etapa del muestreo, tiene, además, dos posibles ventajas. En primer lugar, permite reducir la cantidad total de inspección y en segundo lugar, le da al proceso una segunda oportunidad antes de tomar una decisión. Finalmente se muestran los beneficios del gráfico  $np$  mejorado con muestreo doble evaluados en términos de eficacia estadística (longitud media de corrida, ARL) y se lo compara con el mismo gráfico con muestreo simple. Además, se presenta el procedimiento para la elección adecuada del plan de muestreo doble en función de los cinco parámetros requeridos. El trabajo incluye una aplicación con datos reales que permite observar los beneficios del muestreo doble en el monitoreo y seguimiento de procesos de alta calidad.

**Objetivo general:** Mostrar las ventajas de la utilización del muestreo doble MD para procesos de alta calidad, basada en la utilización del gráfico  $np$  mejorado en lugar del gráfico tradicional de Shewhart.

**Objetivos específicos:**

- a) Determinar el comportamiento del gráfico  $np$  mejorado, empleado en la primera etapa del MD, que valida la aproximación binomial-normal para muestras chicas.
- b) Establecer el desempeño comparativo del gráfico  $np$  mejorado con muestreo doble respecto al mismo gráfico empleando el muestreo simple.
- c) Efectuar la comparación entre los dos procedimientos mediante la evaluación del  $ARL_0$  que indica la cantidad de puntos a graficar antes de dar una señal de alarma, cuando el proceso está bajo control.

**Metodología:** La metodología consiste en determinar en primer lugar el gráfico de control con muestreo simple para luego, de ser necesario, pasar al muestreo doble. El procedimiento del gráfico de control con muestreo simple se determina a partir del cálculo de  $p_0$  y  $p_1$ , siendo  $p_0$  la proporción de ítems no conformes y  $p_1$  la de ítems conformes. Posteriormente se establecen los valores de  $\alpha$  y  $\beta$ , a efectos de definir el plan de control que consiste en obtener el Límite Superior de Control (LSC) con parámetro  $p_0$ . Finalmente se toma una muestra de  $n$  unidades del proceso en intervalos de tiempo fijo y se calcula la proporción de unidades no conformes,  $p$ . Este valor se compara con el LSC y en función del resultado se toma la decisión de aceptar o rechazar el lote. En una etapa siguiente, se define el gráfico  $np$  con MD. Este gráfico utiliza cinco parámetros: el tamaño de la primera muestra ( $n_1$ ), el número de aceptación para la primera muestra (límite de advertencia, LA), el número de rechazo para la primera muestra  $LSC_1$ , el tamaño de la segunda muestra ( $n_2$ ) y el número de aceptación (no rechazo) para la segunda etapa de muestreo ( $LSCL_2$ ). A partir de la determinación de estos parámetros se define el plan de control. Por último, se muestra una aplicación con datos reales que permite observar los beneficios del muestreo doble en el monitoreo y seguimiento de procesos de alta calidad.

**Resultados y conclusiones:** En este trabajo se propone un nuevo procedimiento, el gráfico de control con muestreo doble (MD) cuyo objetivo es mejorar la capacidad de detectar cualquier condición de fuera de control mediante la observación de una segunda muestra. La comparación con el MS reveló que el procedimiento de MD puede ser considerado más apropiado para la detección de los incrementos en la proporción de ítems no conformes en el proceso, debido a que ofrece mejor eficacia estadística (en términos de longitud promedio de corrida), sin aumentar el muestreo. Finalmente, quien

desea resolver el problema de optimización del gráfico  $np$  con muestreo doble puede descargar fácilmente el programa en R desde la web el cual se encuentra disponible en el sitio: <https://sites.google.com/site/marcelosmrekar/home>

### **Referencias bibliográficas**

Chakraborti S., Human S.W, Graham M.A. (2008). Phase I Statistical Process Control Charts: An overview and some results. *Quality. Engineering.* 21 (1). 52–62.

Cornish–Fisher expansion. (2013). Section 3.14 in Holton, A. Glyn. Value-at-Risk: Theory and Practice, second ed. e-book at <http://value-at-risk.net>.

Costa A.F.B., Claro F.A.E. (2007). Double sampling X control chart for a first-order autoregressive moving average process model. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* on-line edition.

He D., Grigoryan A., Sigh M. (2002). Design of double- and triple-sampling X-bar control chart using genetic algorithms. *Int. J.Prod. Res.* 40 (6) 1387–1404.

Joekes S., Pimentel Barbosa E. (2013). An improved attribute control chart for monitoring non-conforming proportion in high quality processes. *Control Engineering Practice.* vol. 21, Issue 4. Elsevier, pp. 407–412. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conengprac.2012.12.005>.

Montgomery D.C. (2008). Introduction to Statistical Quality Control. Sixth ed. Wiley.

R Development Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna Austria, ISBN: 3-900051-07-0, 2012. URL <http://www.R-project.org>.

Rodrigues A.A., Epprecht E.K., Magalhães M.S. (2011). Double-sampling control charts for attributes. *J. Appl. Stat.* 38 (1) 87–112.

Wu Z., Wang Q. (2007). An  $np$  control chart using double inspections. *J. Appl. Stat.* 34 (7) 843–855.

Xie M., Goh T.N., Kuralmani V. (2002). *Statistical Models and Control Charts for High Quality Processes.* Kluwer Academic Publ.,

**Palabras Clave:** Gráficos de control – Gráfico  $np$  mejorado – Muestreo doble – Procesos de alta calidad – Proporción de unidades no conformes

**Área de Aplicación:** Industria y mejoramiento de la calidad