

APLICACIÓN DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA MEDIR EL GRADO DE CALIDAD PERCIBIDA POR LOS CLIENTES Y/O USUARIOS RESPECTO A UN PRODUCTO

CASO: PRODUCCION INDUSTRIAL DE PUERTAS EN FORESTAL SANTA ROSA – MANCHAY, LIMA.

Application Design Experiments to Measure Perceived Level of Quality for Customers and / or Users Regarding a Product

Event: Industrial Production of Doors in Forest Santa Rosa - Manchay, Lima.

Ronald Eimer Alcántara Paredes y Jaime Alberto Calva Moreira; Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería; Huacho-Perú

RESUMEN

Este artículo presenta el estudio del efecto que producen algunos factores vinculados con la oferta de un producto, como las puertas que desde hace un buen tiempo viene ofreciendo la empresa Forestal Santa Rosa de Manchay-Lima, respecto a la calidad que perciben los clientes o usuarios de estos productos. La idea es definir si los equipos de trabajo de esta fábrica influyen en la percepción de calidad sobre las líneas de puerta denominadas "Nazca" tratándose de clientes o usuarios, cuando son hombres o cuando son mujeres. El estudio emplea el diseño de experimentos factorial y se elabora sobre la base de la información registrada en los archivos de la empresa y la encuesta realizada a los clientes y/o usuarios, en el tercer trimestre del año 2013 en la ciudad de Lima, en sus domicilios o locales indicados en los centros comerciales en que se generaron las transacciones. Del procesamiento de datos se obtuvo resultados con la prueba chi cuadrado en el SPSS, que en concreto indican que todas las variables caen en zona de rechazo. En conclusión, conforme a la hipótesis nula planteada no se acepta que "los residuos son constantes". Por lo tanto, existe variabilidad de residuos y esto demuestra que los factores definidos como equipos de trabajo y género de clientes si influyen en la percepción de la calidad de estos productos; y como recomendación se sugiere la realización de estudios futuros para determinar la causalidad de esta influencia, lo cual ayudaría a precisar de

mejor manera que procedimientos deben mejorar en los equipos de trabajo estudiados y que aspectos de percepción de género deben incorporarse en el diseño presentación de estos productos para alcanzar un determinado estándar de calidad percibida en el mercado.

PALABRAS CLAVES: Aleatoriedad, Hipótesis, Independencia, Modelo Factorial, Normalidad, Significancia.

ABSTRACT

This article presents the study of the effect produced by some factors linked to the supply of a product, such as the doors that the company Santa Rosa de Manchay-Lima has been offering for a long time, regarding the quality perceived by customers or users of these products. The idea is to define if the work teams of this factory influence the perception of quality on the door lines called "Nazca" in the case of clients or users, when they are men or when they are women. The study uses the design of factorial experiments and is elaborated on the basis of the information registered in the company's files and the survey made to the clients and / or users, in the third quarter of the year 2013 in the city of Lima, in their addresses or premises indicated in the shopping centers in which the transactions were generated. From the data processing, results were obtained with the chi-squared test in the SPSS, which specifically indicate that all the variables fall in the rejection zone. In conclusion, according to the null

hypothesis, it is not accepted that "waste is constant". Therefore, there is variability in waste and this shows that the factors defined as work teams and gender of clients do influence the perception of the quality of these products; and as a recommendation, it is suggested that future studies be carried out to determine the causality of this influence, which would help to better define which procedures should be improved in the work teams studied and which aspects of gender perception should be incorporated into the design of the presentation these products to achieve a certain quality standard perceived in the market.

KEYWORDS: Factorial Model, Hypothesis, Independence, Normality Randomness.

INTRODUCCIÓN.

Los diseños factoriales son ampliamente conocidos y utilizados en experimentos en que intervienen varios factores para estudiar el efecto conjunto de éstos sobre una variable determinada. La importancia del diseño de experimentos recae en la necesidad que tienen las empresas de contar con procesos óptimos con la menor variabilidad para incrementar la calidad en sus productos o servicios, según Montgomery, Douglas (2002).

Uno de los casos importantes más especiales consiste en tener k factores, cada uno con dos niveles, cuantitativos como sería el caso de dos valores de temperatura presión o tiempo. Pueden ser cualitativos como en el caso de dos máquinas, dos operadores, los niveles "superior" e "inferior" de un factor, o quizás, la ausencia o presencia de una sustancia.

Esta investigación comprende tres factores cualitativos con que se trata de analizar sus posibles efectos sobre la calidad percibida por los clientes o usuarios sobre dos tipos de puertas fabricadas por dos equipos de trabajo diferentes de la Empresa Forestal Santa Rosa SAC,

Con esto se establece alguna forma de caracterizar la calidad de estos productos contando con la base del soporte

estadístico antes indicado, referido al diseño de experimentos.

Se ha procesado y obtenido los resultados que finalmente indican los numerales 4 y 5.

En concordancia con J. A. Pagura y Otros, (2015), el diseño experimental consiste en un procedimiento con una serie de pruebas en que se establecen valores reales de los factores más importantes según un diseño determinado. Un experimento diseñado es una prueba o acto en que se inducen cambios deliberados o arbitrarios en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que posibilite observar e identificar las causas de los cambios en la variable de salida.

Existen diversos tipos de diseño que pueden aplicarse para evaluar los efectos de los diferentes factores usados sobre cierta variable respuesta, entre ellos están el diseño factorial de tipo 2^k , 3^k , entre muchos otros, donde "k", es la cantidad de factores (definidos como variables explicativas) comprendidos en el estudio y la base (2, 3,...) representa la cantidad de niveles tomados en cada factor, sean cualitativos o cuantitativos, Reyes Aguilar, Primitivo (2009)

Una réplica completa del diseño factorial básico implica $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ observaciones. Es lo que constituye el diseño general 2^k .

Tabla 1
Signos algebraicos para calcular los efectos del diseño 2^3 .

| COMBINACION TRATAMIENTOS | I | A | B | AB | C | AC | BC | ABC |
|--------------------------|---|---|---|----|---|----|----|-----|
| (1) | + | - | - | + | - | + | + | - |
| a | + | + | - | - | - | - | + | + |
| b | + | - | + | - | - | + | - | + |
| ab | + | + | + | + | - | - | - | - |
| c | + | - | - | + | + | - | - | + |
| ac | + | + | - | - | + | + | - | - |
| bc | + | - | + | - | + | - | + | - |
| abc | + | + | + | + | + | + | + | + |

Elaboración propia, basado en J. A. Pagura y Otros, en Diseño de Experimento – Diseños Factoriales 2^k , Licenciatura de Estadística 2015.

Cuando tenemos k factores con tres niveles cada uno, a esto se le conoce como diseño factorial 3^k .

Tabla 2
DISTRIBUCION DE CLIENTES ENCUESTADOS

| EQUIPOS DE TRABAJO | MODELOS DE PUERTA | | | |
|--------------------|-------------------|-------|-----------|-------|
| | NAZCA | | AMERICANA | |
| | HOMBRE | MUJER | HOMBRE | MUJER |
| 1 | 10 | 20 | 30 | 31 |
| 2 | 8 | 30 | 45 | 40 |
| 3 | 16 | 30 | 10 | 30 |

Fuente: Elaboración propia

El diseño 2^k es muy útil en trabajos experimentales, donde es probable que haya muchos factores por investigar. Esto conlleva a un menor número de procesamientos con los cuales pueden estudiarse k factores en un diseño factorial completo. Por otro lado, como sólo hay dos niveles para cada factor, puede suponerse que la respuesta es aproximadamente lineal en el intervalo de los niveles elegidos de los factores.

De acuerdo con George, Rowlands, Price & Maxey (2005), el propósito de esta herramienta sería averiguar la razón por la que los productores tienden a definir prioridades y metas según la expectativa del cliente; y determinar cómo cubrir esas expectativas.

El grado de confianza en los resultados que se obtienen en un diseño experimental, depende de lo siguiente:

- Los factores son fijos o aleatorios
- Los diseños son completamente aleatorios
- Se satisface el presupuesto usual de normalidad

Todo esto se podrá percibir en la medida en que se desarrolle el diseño de experimentos aplicado en esta investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con esta investigación nos proponemos conocer la relación existente entre el grado

de satisfacción de los clientes o usuarios, sobre la calidad de las puertas que fabrica Forestal Santa Rosa SAC, en Manchay – Lima, en relación el género de los clientes, los modelos de producto y el efecto producido por los diferentes equipos de trabajo.

En concreto, es un modelo de investigación de enfoque cuantitativa y de alcance explicativa, donde la variable dependiente es la calidad percibida (CP) por el cliente. Mientras que las variables independientes son el equipo de trabajo (ET) en el proceso de fabricación, el modelo de puerta producida y ofrecida al mercado (M) y el género del cliente /usuario (G), de tal manera que el modelo se define como:

$$CP = f(ET, M, G)$$

Para el estudio se escogió, de los registros de ventas de la empresa, los últimos seis meses en que se han vendido dichos productos, como base de datos actualizada para este propósito. De ellos se ha tomado una muestra, mediante el método del muestreo aleatorio simple (al azar), de 306 clientes, basado en un 92% de nivel de confianza y un error admitido de 5%, a quienes se ha visitado e invitado a participar del experimento, un tanto inducidos por la expectativa de obtener productos de mejor calidad a futuro, para recolectar su calificación de calidad del producto, vía el formato de encuesta. Particularmente se ha tratado de medir los indicadores diversos definidos sobre la base de conceptos muy sencillos pero sustanciales, tales como:

- La precisión de las dimensiones geométricas del producto
- La precisión de los ángulos
- La sugerencia de ubicación de la chapa
- La resistencia al ajuste de los tornillos entregados
- El ajuste y cierre de la chapa
- La resistencia y pulido de las llaves
- La textura del metal con que está hecha la chapa

- h) La resistencia de las placas de madera
- i) La resistencia y textura de los listones
- j) El grado de pulido de la superficie de la puerta
- k) La resistencia del material al efecto de humedad.
- l) Decoración del anverso o cara principal
- m) Calidad del recubrimiento base.

Los modelos de puertas sujetas del estudio son el modelo Nazca y el modelo Americana. Asimismo, se han identificado los equipos de trabajo que elaboraron dichos productos, los mismos que se registran como equipos 1, 2, y 3.

Se ha tomado la información base de los registros de la organización, a partir de las labores de estudio de tiempos y movimientos, de costos y estandarización de materiales, información que se recoge y registra permanentemente en la empresa, para evaluar los rendimientos y rentabilidad.

Teniendo el objeto de investigación (equipo de trabajo) ya identificado, se buscó en los registros: los códigos, nombre y apellido, domicilio y fechas de compra para organizar la recolección de los datos de calificación de la calidad percibida por parte de los clientes o usuarios.

Tabla 3
CALIFICACIÓN PROMEDIO DE CALIDAD DE PUERTAS DADA POR LOS CLIENTES

| EQUIPOS DE TRABAJO | MODELOS DE PUERTA | | | |
|--------------------|-------------------|-------|-----------|-------|
| | NAZCA | | AMERICANA | |
| | HOMBRE | MUJER | HOMBRE | MUJER |
| 1 | 7.3 | 5.8 | 4.8 | 5.2 |
| | 7.2 | 5.7 | 4.9 | 5.3 |
| 2 | 6.4 | 5.5 | 6.5 | 7.8 |
| | 6.5 | 5.6 | 6.4 | 7.7 |
| 3 | 3.8 | 8.1 | 7.1 | 6.7 |
| | 3.7 | 8.2 | 7.0 | 6.6 |

Para probar la hipótesis planteada sobre la influencia de determinada variable en la calidad percibida por los clientes/usuarios respecto a los dos modelos de puertas que producen tres equipos de trabajadores de la

fábrica Forestal Santa Rosa SAC, se diseñan diferentes experimentos para apoyarla o deslegitimarla. (Ver tabla 3)

Para que un experimento planteado por cualquier persona sea aceptado (fiable) debe pasar dos condiciones estadísticas importantes las cuales están dadas en la aleatoriedad de los errores los cuales siguen una distribución normal con media cero y varianza constante, siendo independientes entre sí.

De esta manera, la hipótesis para la varianza es:

- La varianza de los errores o residuos son iguales

En donde se plantean las siguientes hipótesis de prueba:

H0: La varianza de los residuos es constante.

Ha: La varianza de los residuos no es constante.

La prueba de varianza se aplica con los estadísticos Bartlett y Levene, de acuerdo con Gutiérrez, Humberto (2008).

Según Bartlett la varianza tiene la fórmula (1) para su cálculo:

$$S^2_p = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) S_i^2}{N - k}, \quad \dots \quad (1)$$

Donde S_i^2 es la varianza muestral del tratamiento i . bajo la hipótesis nula de igualdad de varianza, el estadístico X^2_0 sigue una distribución ji-cuadrada con $k-1$ grados de libertad. Por lo que se rechaza H0 cuando X^2_0 es más grande que $X^2_{(\alpha, k-1)}$. Donde k son las muestras aleatorias de tamaños $n_i (i = 1, 2, \dots, k)$

Al observar los resultados de esta prueba tomemos en consideración lo siguiente:

- a) Factores:

- Equipo de trabajo (ET): 1, 2, 3.
 - Modelo de puerta: Nazca, Americana
 - Género de cliente/ usuario: femenino, masculino.
- b) variable dependiente: 0, 1, 2, ..., 10 (Calidad percibida por el cliente/usuario)
- c) Número de corridas: 2 por tratamiento.
- d) Programa: SPSS
- e) Resultados:

Tabla 4
PRUEBA DE LOS EFECTOS INTERSUJETOS

Variable dependiente: Calidad

| Fuente | Suma de cuadrados tipo III | gl | Media cuadrática | F | Significación |
|------------------|----------------------------|----|------------------|------------|---------------|
| Modelo corregido | 34.760 | 11 | 3.160 | 948.000 | 0.000 |
| Intersección | 937.500 | 1 | 937.500 | 281250.000 | 0.000 |
| ET | 2.770 | 2 | 1.385 | 415.500 | 0.000 |
| Género | 1.707 | 1 | 1.707 | 512.000 | 0.000 |
| Modelo | 0.240 | 1 | 0.240 | 72.000 | 0.000 |
| ET*Género | 6.583 | 2 | 3.292 | 987.500 | 0.000 |
| ET*Modelo | 8.190 | 2 | 4.095 | 1228.500 | 0.000 |
| Género*Modelo | 0.060 | 1 | 0.060 | 18.000 | 0.001 |
| ET*Genero*Modelo | 15.210 | 2 | 7.605 | 2281.500 | 0.000 |
| Error | 0.040 | 12 | 0.003 | | |
| Total | 972.300 | 24 | | | |
| Total corregida | 34.800 | 23 | | | |

R cuadrado = 0.999 (R cuadrado corregida = 0.998)

RESULTADOS

Como se observa en la tabla 4, después de aplicar el diseño factorial completo, vemos que todas las variables, se encuentran en zona de rechazo, (esto se ve en la última columna en donde su valor P, no es significativo ya que es menor al alfa que ha sido establecido en 0.05), con lo cual se puede afirmar que el equipo de trabajo, el

género y el modelo de puerta que adquiere el cliente o usuario, influyen en la percepción de calidad que estos tienen respecto a la calidad de dicho producto.

La pregunta que surge, tras esta investigación es ¿por qué los clientes o usuarios perciben a los equipos de trabajo con niveles de calidad de los productos en promedio heterogéneos? Y, como dice Díaz Monroy, Luis G. (2005), no siempre es posible incluir todos los factores de riesgo

considerados como importantes a nivel individual; Esto genera a su vez la posibilidad de realizar nuevas investigaciones sobre la relación que pueda existir entre el rendimiento de esos equipos de trabajo y los modelos de puertas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El diseño y análisis de experimentos, provee procedimientos y herramientas estadísticas muy adecuadas para la investigación y puede utilizarse en cualquier escenario. Puede observarse el efecto que puedan tener ciertas variables explicativas sobre una variable respuesta.
- La presente investigación demuestra estadísticamente que el uso del análisis de diseño de experimentos que los diferentes equipos de trabajo, con diferentes modelos de puerta a fabricar en esta empresa generan variabilidad en los promedios de calidad percibida por los clientes o usuarios de estos productos.
- El género de la persona (cliente o usuario) de las puertas fabricadas en esta empresa, con los modelos y equipos de trabajo antes indicados es significativo para la calidad percibida por ellas mismas.
- Los modelos también son significativos para determinar la calidad percibida por los clientes o usuarios respecto a las puertas de esta fábrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

DÍAZ MONROY. Luís G. Modelamiento de la Vulnerabilidad para Eventos Recurrentes Simposio de Estadística. Universidad Nacional de Colombia. 2005.
<http://bdigital.unal.edu.co/48056/6/9587015592.PDF>

GEORGE, ROWLANDS, PRICE & MAXEY, Lean Six Sigma Pocket, Toolbooks: Una guía de referencia rápida de 100 herramientas para mejorar la calidad y la velocidad. McGraw-Hill – 2005.

GUTIERREZ, Humberto, Análisis y Diseño de Experimentos. Segunda edición. McGrawHill. 2008

MONTGOMERY, Douglas. Diseño y Análisis de Experimentos. Segunda edición. LimusaWiley. 2004

PAGURA, José Alberto, HERNÁNDEZ, Lucía N., DIANDA, Daniela F. Diseño de Experimentos –Diseños Factoriales 2K, Licenciatura en Estadística, 2015,
www.fcecon.unr.edu.ar/web-nueva/sites/default/files/u24/doe-disenos_con_k_factores_a_2_niveles.pdf

REYES AGUILAR, Primitivo, Diseño de Experimentos – Teoría
https://nanopdf.com/download/11-aplicaciones-del-diseo-de-experimentos_pdf