



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE HUATUSCO

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MUESTREO PARA LA
RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA EN SIGNODE INDUSTRIAL
GROUP MÉXICO S DE RL DE CV.**

**OPCIÓN I
TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:
C. ARODI CARRASCO ZAPATA**

**DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL
M.I. MIGUEL ÁNGEL SOLÍS JIMÉNEZ**

HUATUSCO, VER.

AGOSTO 2020.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE HUATUSCO

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MUESTREO PARA LA
RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA EN SIGNODE INDUSTRIAL
GROUP MÉXICO S DE RL DE CV.**

**OPCIÓN I
TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:
C. ARODI CARRASCO ZAPATA

DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL
M.I. MIGUEL ÁNGEL SOLÍS JIMÉNEZ

HUATUSCO, VER.

AGOSTO 2020.

Huatusco, Ver., a 13 de Agosto 2020.

C. ARODI CARRASCO ZAPATA
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL
P R E S E N T E.

En relación a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación que después de haber sido analizado exhaustivamente la **TESIS** titulada:

**"DESARROLLO DE UN PLAN DE MUESTREO PARA LA RECEPCIÓN DE MATERIA
PRIMA EN SIGNODE INDUSTRIAL GROUP MÉXICO SA DE CV**

Se le notifica que a mi juicio este cumple con los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes de la **TESIS**, por lo que se autoriza su impresión.

ATENTAMENTE.

M.M. VÍCTOR MANUEL ARCOS FERIA
DIRECTOR DEL ITSH.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE HUATUSCO**
CLAVE 30EIT0013Z
DIRECCIÓN GENERAL

Tabla de Contenido

RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCION	11
II. ANTECEDENTES.....	12
III. MARCO TEORICO	13
3.1 Que es la estadística	13
3.2 Variabilidad	13
3.3 Diferencia entre una población y una muestra	13
3.4 Medidas de tendencia central	14
3.5 Medidas de dispersión	15
3.6 Desigualdad de chebyshev	16
3.7 Variables aleatorias	16
3.8 Tipos de variables aleatorias	17
3.9 Definición de muestreo	19
3.10 TIPOS DE INSPECCION POR MUESTREO	21
3.11 Defectos y defectuosos (defectuosos).....	23
3.12 Ajuste de datos con Stat: :Fit.....	23
3.13 Distribución de Poisson	24
V. JUSTIFICACION	26
VI. PROBLEMAS A RESOLVER.....	27
VII. HIPOTESIS	28
VIII. OBJETIVOS.....	29
Objetivo general.....	29
Objetivos específicos.....	29
IX. METODOLOGIA.....	30
9.1 Tipo de investigación.....	30
9.2 Análisis de los datos obtenidos	34
Identificación de la distribución de probabilidad	35
9.3 Método para establecer límites de tolerancia de defectos en rollos.....	37
9.4 Identificación del método de muestreo para válvulas de aire.....	38
9.5 Selección de una muestra.....	38
9.6 Determinación del tamaño de la muestra	39
X. RESULTADOS	40
10.1 Análisis de los datos obtenidos mediante inspección de rollos en el área de IBC.	40
10.2 Análisis de los datos utilizando Stat:Fit.....	42

10.3 Análisis de distribución de probabilidad para los datos obtenidos.....	45
Desarrollo del plan de muestreo por atributos MILITARY STANDAR 105E.	48
XI. CONCLUSIONES.....	63
XII. BIBLIOGRAFIA.....	68
Referencias.....	68
XIII. ANEXOS.....	69

Índice de ilustración

Ilustración 1. Distribución de probabilidad de una variable discreta.....	18
Ilustración 2 Distribución de probabilidad de una variable aleatoria continua	18
Ilustración 3 Tipos de variables cuantitativas	41
Ilustración 4 Pantalla inicial de “Stat:Fit”	42
Ilustración 5 Pantalla de captura de datos	43
Ilustración 6 Pantalla ventana Project, cuando se ingresan los datos.....	43
Ilustración 7 Barra de herramientas en la pantalla principal de Stat::Fit.	43
Ilustración 8 Selección del tipo de variable dentro de Stat:Fit.....	44
Ilustración 9 Resultados del ajuste de datos Stat:Fit	44
Ilustración 10 Grafica de distribución de probabilidad de defectos	47
Ilustración 11 probabilidad de defecto en tela con LRS	48
Ilustración 12 Tipos de muestreo de aceptación	49
Ilustración 13 Algoritmo para la decisión de la letra código para el tamaño de muestra.....	55
Ilustración 14 Algoritmo para la decisión del tamaño de muestra	57
Ilustración 15 Algoritmo base para la decisión en base al criterio de aceptación	58
Ilustración 16 Esquema para la extracción de muestra	62

Índice de tablas

Tabla 1 Rollos inspeccionados área IBC	32
Tabla 2 Faltante de yardas promedio por proveedor	32
Tabla 3 Número de yardas defectuosas promedio por proveedor	33
Tabla 4 Rollos inspeccionados Dunnage.....	33
Tabla 5 Número de yardas defectuosas promedio por proveedor	34
Tabla 6 Faltante de yardas promedio por proveedor	34
Tabla 7 Captura de datos Excel parte 1	35
Tabla 8 Captura de datos Excel parte 2	35
Tabla 9 Captura de datos depurada	40
Tabla 10 Análisis de distribución de probabilidad para datos discretos poisson	45
Tabla 11 Análisis de distribución de probabilidad para datos discretos poisson (con probabilidad)	46
Tabla 12 Guía visual de válvulas en buen estado	50
Tabla 13 Rangos para el tamaño de lote MIL STD 105 E.....	51
Tabla 14 Letras código para el tamaño de muestra MIL STD 105E.....	52
Tabla 15 Inspección normal, muestreo simple (MIL STD 105E)	53
Tabla 16 Pantalla inicial de “Plan de muestreo para válvulas de aire Military standar 105E.”	59
Tabla 17 “Plan de muestreo para válvulas de aire Military standar 105E”. Luego de introducir el valor correspondiente a la columna Tamaño del lote.	59
Tabla 18 "Plan de muestreo para válvulas de aire Military standar 105E". Luego de introducir el valor correspondiente a la columna Total de unidades defectuosas	60
Tabla 19 Pantalla inicial “selección de muestra estratificada	61
Tabla 20 Pantalla “selección de muestra estratificada”, una vez insertados los valores correspondientes a cada característica.	62

RESUMEN

La empresa SIGNODE INDUSTRIAL GROUP S de RL de CV. Verifica por medio de una inspección visual y utilizando diversas herramientas de medición las materias primas que llegan al área de embarques, teniendo la inspección del 10% de los materiales o en su defecto del 100% para lotes pequeños.

En este trabajo se realizará un plan de muestreo por atributos para válvulas de aire y un análisis de probabilidad en la tela de polipropileno, para la cual no se cuenta con una proporción de defectos, por lo que se realizará una investigación documental para determinar la proporción de defectos de cada proveedor y poder hacer inferencias sobre estos para determinar su fracción defectuosa. Ya que para este material es necesario desenrollarlo de la bobina y la empresa no cuenta con la maquinaria para realizar este proceso por ello se realizará un análisis sobre la proporción defectuosa y su probabilidad.

Se realizó la propuesta de un sistema de muestreo para válvulas de aire utilizadas dentro del área de producción Dunnage, debido que no se cuenta con un sistema de muestreo que asegure la representatividad del lote, así como un método que demuestre aleatoriedad y para la extracción de muestra.

ABSTRACT

The company SIGNODE INDUSTRIAL GROUP S de RL de CV. It verifies through a visual inspection and using various measuring tools the raw materials that arrive at the shipping area, having the inspection of 10% of the materials or, failing that, 100% for small batches.

In this work, a sampling plan will be carried out by attributes for air valves and a probability analysis in the polypropylene fabric, for which there is no proportion of defects, so a documentary investigation will be carried out to determine the proportion of defects of each supplier and to be able to make inferences about them to determine their defective fraction. Since for this material it is necessary to unwind it from the coil and the company does not have the machinery to carry out this process, therefore an analysis will be carried out on the defective proportion and its probability.

The proposal of a sampling system for air valves used within the dunnage production area was made, because there is no sampling system that ensures the representativeness of the lot, as well as a method that demonstrates randomness and for the extraction of shows.

I. INTRODUCCION

El presente trabajo salió de la necesidad de contar con un plan de muestreo e inspección eficiente de la materia prima suministrada por sus distintos proveedores, pudiendo tener una base estadística que les permita saber el porcentaje de defecto de cada lote con lo cual facilitara la decisión de rechazar o aceptar un lote.

El muestreo comprende las operaciones diseñadas para seleccionar una parte de un producto para un propósito definido. El procedimiento de muestreo debe ser apropiado para determinado propósito, teniendo en cuenta el tipo de controles que se le van a realizar a las muestras y al material muestreado. El procedimiento de muestreo se debe tener por escrito. Todas las operaciones relacionadas con la toma de muestras se deben realizar con cuidado, utilizando equipos y herramientas adecuadas.

Desde el punto de vista de los clientes, las empresas y/u organizaciones existen para proveer un producto material o inmaterial, un bien o un servicio, ya que ellos necesitan productos con características que satisfagan sus necesidades y expectativas. (Gutierrez & Vara, 2009)

Dentro de SINTEX se procesan diferentes tipos de materiales como lo son válvulas de aire y bobinas de tela de polipropileno. Estas se presentan de diferentes características como son el ancho y el onzaje o gramaje de la tela. Pudiendo presentarse de las siguientes formas:

Tela Blanca 3 onzas, Tela Blanca con línea morada 5 onzas, Tela Blanca con línea Roja, Negra y Crohminq 6 onzas, Tela Blanca con línea Azul 8 onzas, Tela blanca con línea verde 5 onzas, Tela blanca con línea amarilla 2.5 - 3 onzas, Tela blanca con doble línea azul 6 onzas, Tela negra con línea azul y amarilla 3 onzas, Tela negra con línea rosada 6 onzas, Tela negra sin línea 3 onzas.

Las válvulas de aire se presentan de acuerdo a su tipo como lo son válvulas superflow, turboflow y tx. Estas son utilizadas dentro de la línea de producción para la confección de distintos materiales.

II. ANTECEDENTES

SYNTEX Convertidores Ltd. Fue fundada en 1979. Nuestra sede central está ubicada en Winnipeg, Manitoba, Canadá. Y en el 2001 ITW SYNYEX México SA de CV fue establecida en Córdoba, Veracruz, México.

En octubre del 2013 ITW Syntex México SA de CV cambia de nombre a ITW SYNTEX México, S de RL. De CV.

En enero 18, 2016 ITW SYNTEX México S de RL. De CV. Cambia su nombre a SIGNODE INDUSTRIAL GROUP S de RL de CV.

Cuentan con representantes de ventas en todo el territorio de Canadá, los Estados Unidos y México.

Después de muchos años en el negocio de envases flexibles nuestra bolsa IBC conocido como “cargo sack”, y nuestro saco tipo baffle o Q sigue siendo los principales componentes de nuestra gama de productos el día de hoy. Estas bolsas se utilizan en el transporte de cantidades intermedias (500-5000 lbs.) para productos secos.

Además de FIBC nuestra línea, también los “Cargo Guardián” o bolsa de aire o bolsas “Dunnage”. Estas bolsas inflables proporcionan protección a las cargas finales de nuestros clientes para evitar daños en los vagones de carga, remolques de camión, contenedores marítimos, etc.

También fabricamos una variedad de otros productos, tales como contenedores Liners, Peat Moss Bolsa, bolsa de polvo, sacos de grava, sacos de arena y Geotextil Tubos Ambiental. Además de estos envases de productos que están equipadas para suministrar a nuestros clientes con dos hojas y lonas en tamaño y cantidades especificadas por el cliente.

III. MARCO TEORICO

3.1 Que es la estadística

El campo de la estadística tiene que ver con la recopilación, presentación, análisis y uso de datos para tomar decisiones y resolver problemas. Cualquier persona, tanto en su carrera profesional como en la vida cotidiana recibe información en forma de datos a través de periódicos, de la televisión y de otros medios. A menudo es necesario obtener alguna conclusión a partir de la información contenida en los datos, por eso será útil para cualquier persona tener cierta comprensión de la estadística. Puesto que para los ingenieros y los científicos obtienen y analizan datos de manera rutinaria, el conocimiento de la estadística y la probabilidad puede constituirse en una herramienta poderosa para ayudar a los científicos e ingenieros a diseñar nuevos productos, y sistemas, a perfeccionar los existentes y a diseñar, desarrollar y mejorar los procesos de producción. (Montgomery & Runger)

3.2 Variabilidad

La variabilidad es parte de nuestra vida diaria; por ejemplo, el tiempo que tardamos en trasladarnos de nuestra casa al trabajo o escuela es diferente de un día a otro; la temperatura del ambiente es distinta de una hora a otra; lo dulce de una bebida que es preparada en casa es diferente de un día a otro, aunque aparentemente se preparó igual, etc. Esta variación que ocurre en nuestra vida también se lleva a cabo en los procesos de las empresas. (Gutierrez & Vara, 2009)

3.3 Diferencia entre una población y una muestra

Para entender la base fundamental de las pruebas de hipótesis y otros tipos de estadísticos inferenciales, es importante entender en qué se diferencian una muestra y una población.

Una población es un conjunto de personas, objetos o eventos acerca de los cuales se desea hacer inferencias. No siempre es conveniente o posible examinar cada miembro de una población completa. Por ejemplo, no resulta práctico contar los golpes en todas las manzanas recogidas en un huerto. Sin embargo, es posible

contar los golpes en un conjunto de manzanas tomadas de esa población. Este subconjunto de la población se denomina muestra.

Una muestra es un subconjunto de personas, objetos o eventos de una población más grande que se recolecta y analiza para hacer inferencias. Para representar adecuadamente a la población, una muestra debe recolectarse de manera aleatoria y debe ser lo suficientemente grande. Si la muestra es aleatoria y lo suficientemente grande, usted puede utilizar la información obtenida de la muestra para hacer inferencias sobre la población. Por ejemplo, usted podría contar el número de manzanas con golpes en una muestra aleatoria y luego utilizar una prueba de hipótesis para estimar el porcentaje de todas las manzanas que tienen golpes. (Minitab Inc. , 2019)

3.4 Medidas de tendencia central

Con las mediciones de una característica de calidad, el primer aspecto a investigar consiste en conocer la *tendencia central* de los datos, es decir, identificar un valor en torno al cual los datos tienden a aglomerarse o concentrarse. Esto permitirá saber si el proceso está centrado; es decir, si la tendencia central de la variable de salida es igual o está muy próxima a un valor nominal deseado.

3.4.1 Media muestral

Supongamos que $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ son las observaciones numéricas de una muestra; entonces, la medida más usual de su tendencia central es proporcionada por la *media* (o promedio) muestral, que es igual a la media aritmética de todos los datos:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i$$

3.4.2 Media poblacional o del proceso, μ

Si para calcular la media se utilizan todos los elementos de la población (todos los posibles individuos, especímenes, objetos o medidas de interés sobre los que se hace un estudio), por ejemplo, el grosor de todos los discos producidos en la última semana o mes, entonces el promedio calculado es la media del proceso (o media poblacional) y se denota con la letra griega μ (mu). Es importante destacar que la *media del proceso* μ es igual a cierto valor, aunque no siempre se conoce; mientras

que el valor de $\bar{x}$ se obtiene para cada muestra y es diferente (variable) de una muestra a otra, ya que su valor depende de las piezas que se seleccionan ($\bar{x}$ es una variable aleatoria). Por lo anterior, el valor que se observa de la media muestral, $\bar{x}$, por lo general es diferente a la media del proceso, μ . Luego, es preciso tener cuidado con las afirmaciones basadas en $\bar{x}$ sobre la media del proceso o población. En general, lo que se observa en los estadísticos muestrales acerca del comportamiento de los datos es válido para la muestra, y en la medida que esta sea representativa y grande también tendrá cierto grado de aproximación para todo el proceso; sin embargo, es necesario utilizar técnicas estadísticas para evaluar lo que significan en todo el proceso. (Gutierrez & Vara, 2009)

3.5 Medidas de dispersión

3. 5.1 Desviación estándar muestral.

Además de conocer la tendencia central de un conjunto de datos es necesario saber qué tan diferentes son entre sí, es decir, es preciso determinar su variabilidad o dispersión. Esto es un elemento vital en el estudio de capacidad de un proceso. La desviación estándar muestral es la medida más usual de variabilidad e indica qué tan esparcidos están los datos con respecto a la media; se denota con la letra S y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde $x_1, x_2, \dots, x_n$ son las observaciones numéricas de la muestra, n su tamaño y $\bar{x}$ es la media muestral. Como se puede apreciar, S mide la distancia que en “promedio” hay entre los datos y la media; por ello, entre más grande sea el valor de S habrá mayor variabilidad en los datos. La desviación estándar es expresada en las mismas unidades de medición (gramos, milímetros, etc.) que los datos. Además, S no muestra la magnitud de los datos, solo refleja lo retirado que están los datos de la media y, al igual que esta, es afectado por datos atípicos. (Gutiérrez & Vara, 2009)

3. 5.2 Desviación estándar poblacional o del proceso

Si para calcular la desviación estándar se emplean todos los elementos de la población o proceso, entonces se obtiene la desviación estándar poblacional y se denota con la letra griega sigma (σ). Como se comentó antes, es posible considerar a la población como las mediciones de toda la producción de las últimas semanas, o si las mediciones se toman por muestras, entonces una buena idea es obtener los parámetros poblacionales (μ y σ) con todas las mediciones realizadas en las últimas semanas, siempre y cuando éstas no sean pocas; de 120 a 150 mediciones en adelante es una buena cantidad. Por otra parte, el cuadrado de la desviación estándar, S^2 , conocido como varianza muestral, es muy importante para propósitos de inferencia estadística. Y en forma equivalente σ^2 es la varianza (o variancia) poblacional. (Hines & Montgomery, 2002)

3.6 Desigualdad de chebyshev

Una forma de apreciar claramente el significado de la desviación estándar como medida de dispersión en torno a la media, es a través de la relación entre la media y la desviación estándar, la cual está dada por la *desigualdad de Chebyshev*. Dos hechos particulares que afirma la desigualdad de Chebyshev, es que entre $\bar{x} - 2S$ y $\bar{x} + 2S$ están por lo menos 75% de los datos de la muestra, y que entre $\bar{x} \pm 3S$ están por lo menos 89% de estos. En general la desigualdad de chebyshev afirma que al menos $(1 - \frac{1}{K^2}) * 100$ están entre $\bar{x} - kS$ y $\bar{x} + kS$; es decir , ese porcentaje de datos estará dentro de k desviaciones a partir de la media. (Gutierrez & Vara, 2009)

3.7 Variables aleatorias

3.7.1 Que es una variable aleatoria

Para poder entender bien el concepto de variable aleatoria lo primero en lo que tenemos que pensar es en una función matemática. Es decir, las variables aleatorias van a estar estrechamente relacionadas con fórmulas numéricas, pero tendrán sus características específicas. Para que lo tengamos claro, se denomina variable aleatoria a todos los valores que se designan al resultado de un experimento. Lógicamente, dicho experimento también tiene que ser aleatorio y por lo general los valores establecidos suelen ser numéricos. Por tanto, cuando tenemos delimitado

un espacio muestral la variable aleatoria será el número real que se ha establecido para cada uno de los elementos que formaban parte de la muestra. A este concepto también se le conoce como estocástica. La particularidad que presentan las variables aleatorias, es que pueden otorgar valores a experimentos que aún no se han llevado a cabo o aquellos en los que trabajamos con cantidades no seguras. (Universidad Viu, 2019)

3.8 Tipos de variables aleatorias

Podemos diferenciar las variables aleatorias de acuerdo con el tipo de valores aleatorios que representan. Por ejemplo, si habláramos del número de clientes que solicitan cierto servicio en un periodo de tiempo determinado, podríamos encontrar valores tales como $0, 1, 2, \dots, n$, es decir, un comportamiento como el que presentan las distribuciones de probabilidad discretas. Por otro lado, si habláramos del tiempo que tarda en ser atendida una persona, nuestra investigación tal vez arrojaría resultados como 1.54 minutos, 0.028 horas o 1.37 días, es decir, un comportamiento similar al de las distribuciones de probabilidad continuas. Considerando lo anterior podemos diferenciar entre variables aleatorias discretas y variables aleatorias continuas. (Dunna, 2006)

3.8.1 Variables aleatorias discretas.

Algunas distribuciones discretas de probabilidad son la uniforme discreta, la de Bernoulli, la hipergeométrica, la de Poisson y la binomial. Podemos asociar a estas u otras distribuciones de probabilidad el comportamiento de una variable aleatoria. Por ejemplo, si nuestro propósito al analizar un muestreo de calidad consiste en decidir si la pieza bajo inspección es buena o no, estamos realizando un experimento con dos posibles resultados: la pieza es buena o la pieza es mala. Este tipo de comportamiento está asociado a una distribución de Bernoulli. Por otro lado, si lo que queremos es modelar el número de usuarios que llamarán a un teléfono de atención a clientes, el tipo de comportamiento puede llegar a parecerse a una distribución de Poisson. Incluso podría ocurrir que el comportamiento de la variable no se pareciera a otras distribuciones de probabilidad conocidas. Si éste fuera el caso, es perfectamente válido usar una distribución empírica que se ajuste a las condiciones reales de probabilidad. Esta distribución puede ser una ecuación o una

suma de términos que cumplan con las condiciones necesarias para ser consideradas una distribución de probabilidad. (Dunna, 2006)

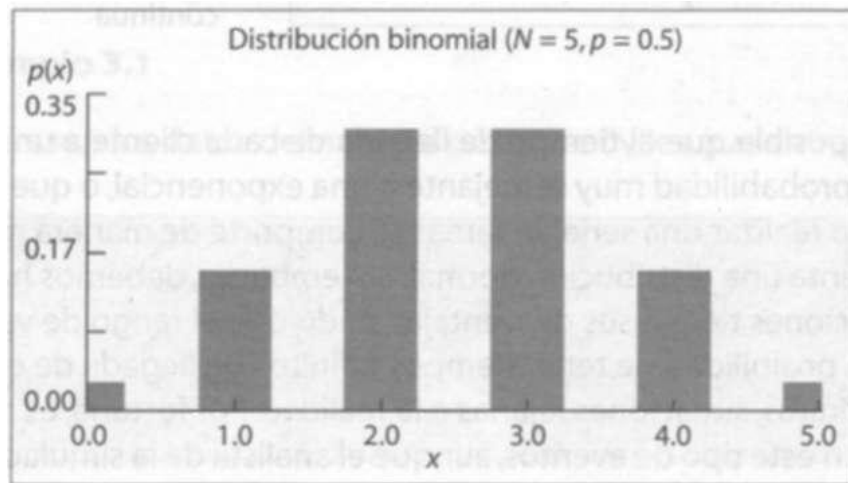


Ilustración 1. Distribución de probabilidad de una variable discreta

(Montgomery & Runger) Definen una variable aleatoria discreta como un rango finito o infinito contable.

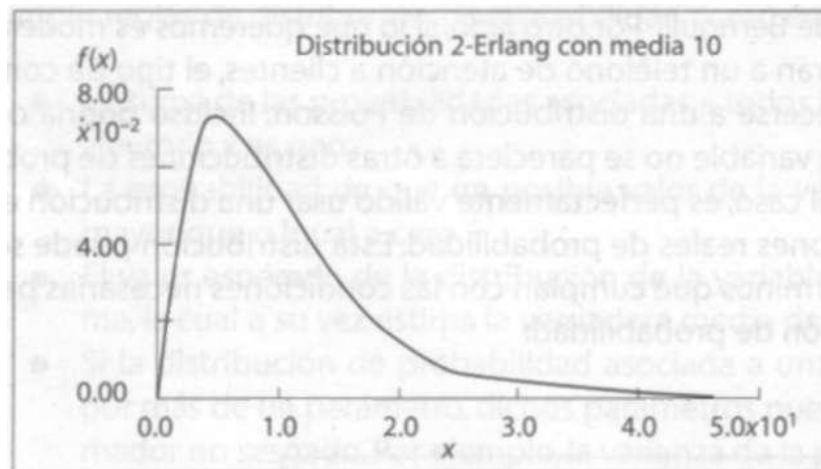


Ilustración 2 Distribución de probabilidad de una variable aleatoria continua

Entre las distribuciones de probabilidad tenemos la uniforme continua, la exponencial, la normal, la de Weibull, la Chi-cuadrada y la de Erlang. Al igual que en el caso de las distribuciones discretas, algunos procesos pueden ser asociados a ciertas distribuciones. Por ejemplo, es posible que el tiempo de llegada de cada cliente a un sistema tenga una distribución de probabilidad muy semejante a una exponencial, o que el tiempo que le toma a un operario realizar una serie de tareas se comporte de manera muy similar a la dispersión que presenta una distribución

normal. Sin embargo, debemos hacer notar que este tipo de distribuciones tienen sus desventajas, dado que el rango de valores posibles implica que existe la posibilidad de tener tiempos infinitos de llegada de clientes o tiempos de ensamble infinitos, situaciones lejanas a la realidad. (Dunna, 2006)

3.9 Definición de muestreo

Se considera el muestreo como herramienta de investigación científica, y su función básica radica en determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población. En otras palabras, obtener una muestra adecuada significa lograr una versión simplificada de la población, que reproduzca de algún modo sus rasgos básicos (Montgomery, 1991).

Según (Pulido Gutiérrez, 2009) estas son las situaciones en las que es conveniente aplicar el muestreo de aceptación:

- Cuando la inspección se realiza con pruebas destructivas (Como pruebas de tensión y Resistencia) es indispensable la inspección por muestras, de lo contrario todos los productos serían destruidos por las pruebas.
- Cuando el costo de inspección al 100% es demasiado alto en comparación con el costo de pasar unidades defectuosas.
- En los casos en que la inspección al 100% es imposible en términos técnicos o económicos.
- Cuando el lote está formado por la gran cantidad de artículos que se debe inspeccionar y la probabilidad de error en la inspección es suficientemente alta, de manera que la inspección al 100% podría dejar pasar más unidades defectuosas que un plan de muestreo.
- En situaciones donde, históricamente, el vendedor ha tenido excelentes niveles de calidad y se desea una reducción en la cantidad de inspección, pero la capacidad del proceso no es suficientemente buena como para no inspeccionar.
- Cuando es necesario asegurar la confiabilidad del producto, aunque la capacidad del proceso fabricante del lote sea satisfactoria.

3.9.1 Objetivo del método de muestreo

El objetivo de la inspección para la aceptación es la de decidir si una partida de producto debe o no ser aceptada, habiéndose fijado de antemano algunas características que definan el plan de muestreo entre las que se encuentran el nivel de calidad aceptable, la calidad límite y los riesgos del producto y del consumidor.

Existen tres posibles formas de seleccionar artículos para inspección:

- Inspección 100% en la cual se examinan todos los artículos producidos;
- Muestreo basado en la teoría matemática de la posibilidad;
- Muestreo porcentual, por ejemplo, la inspección de un porcentaje determinado o bien verificación aleatoria ocasional. (NMX-Z-12/1, 1987)

3.9.2 Que método de muestreo aplicar

Muestreo de aceptación se puede aplicar en cualquier relación cliente-proveedor, ya sea en el interior de una empresa o entre diferentes empresas; se considera una medida defensiva para protegerse contra la amenaza del posible deterioro en la calidad. Una situación típica del muestreo de aceptación es la siguiente: una compañía recibe un lote de materiales o componentes de cierto proveedor, se selecciona una muestra de artículos del lote y se inspeccionan de acuerdo con ciertos criterios de calidad. Con base en la información obtenida con la inspección se tomará una decisión: aceptar o rechazar todo el lote. Si los lotes son aceptados pasan directamente a ser utilizados, pero si el lote es rechazado, entonces es devuelto al proveedor o podría estar sujeto a alguna otra disposición (por ejemplo, inspección de todos los productos del lote —inspección al 100%— pagada por el proveedor). Si los criterios de calidad con los que se inspecciona son variables de atributos del tipo pasa o no pasa, entonces un plan simple de muestreo de aceptación está definido por un tamaño de lote, N , un tamaño de muestra, n , y el número de aceptación, c . (Gutierrez & Vara, 2009)

Los errores más comunes que se pueden cometer son:

- Hacer conclusiones muy generales a partir de la observación de sólo una parte de la Población, se denomina error de muestreo.

- Hacer conclusiones hacia una Población mucho más grandes de la que originalmente se tomó la muestra. Error de Inferencia. En la estadística se usa la palabra población para referirse no sólo a personas sino a todos los elementos que han sido escogidos para su estudio y el término muestra se usa para describir una porción escogida de la población. (Azorín & José Sánchez-Crespo, 1994)

3.10 TIPOS DE INSPECCION POR MUESTREO

Existen varios esquemas, pero sólo uno será considerado en detalle en esta norma. No debe interpretarse como si los otros no fuesen importantes; lo que sucede es que el propósito principal de esta norma es ayudar a usar las tablas de muestreo por atributos e inevitablemente debe darse el principal espacio a los métodos respectivos.

3.10.1 Muestreo de aceptación por atributos

El método o inspección por atributos consiste en examinar una unidad de producto o una característica y clasificarla como “buena” o “defectuoso “. La acción a tomar se decide contando el número de defectuosos encontrados. El método por variables consiste en realizar una o más mediciones sobre el artículo de tal manera que la información disponible indique cuando menos una dimensión. La decisión se toma sobre la base de cálculos realizados con las mediciones. (NMX-Z-12/1, 1987)

El muestreo por atributos se puede aplicar a lotes aislados o series homogéneas de lotes, cuya variable sea de tipo cualitativa, por ejemplo, el número de defectos. Cuando la población es finita este tipo de muestreo se rige por la distribución hipergeométrica, mientras que para lotes grandes se puede aproximar a la distribución binomial (Mustelier, 2013).

3.10.2 Muestreo de aceptación por variables

Los *planes por variables* se toma una muestra aleatoria del lote y a cada unidad se le mide una característica de calidad de tipo continuo (longitud, peso, etc.). Con las mediciones se calcula un estadístico que por lo general está en función de la media,

la desviación estándar muestral y las especificaciones, y al comparar el valor de tal estadístico frente a un valor de tablas, se aceptará o rechazará todo el lote. Más adelante en la sección “Muestreo de aceptación por variables” se estudiará este tipo de planes. (Roberto & Daniel, 2012)

La inspección por variables, especifica el número de artículos que hay que muestrear, y el criterio para juzgar los lotes cuando se obtienen datos de las mediciones respecto a la característica de calidad que interese. Cuando se conoce la distribución de tal característica en el lote, o en el proceso, es posible diseñar planes de muestreos por variable que tengan riesgos especificados de aceptar y de rechazar lotes de una calidad dada (Montgomery & Runger)

El muestreo es por lo tanto una herramienta de la investigación científica, cuya función básica es determinar que parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población. La muestra debe lograr una representación adecuada de la población, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicha población que son importantes para la investigación. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, es decir ejemplificar las características de ésta. (Azorín & José Sánchez-Crespo, 1994)

3.10.3 Selección de la muestra

Todos los planes de muestreo de aceptación basan su funcionamiento en que las unidades seleccionadas para la inspección son representativas de todo el lote. De aquí que la selección de las unidades que forman la muestra debe hacerse aplicando un método de muestreo aleatorio (véase Gutiérrez Pulido, 2005).

Por ejemplo, si se aplica el método de *muestreo aleatorio simple*, entonces se asigna un número a cada uno de los N artículos del lote, y al azar se seleccionan n de estos números para determinar qué artículos del lote constituyen la muestra. Para la selección de los números es posible recurrir a una tabla de números aleatorios o a un software estadístico; por ejemplo, en Excel se puede utilizar n veces la función *ALEATORIO.ENTRE(1,N)*. Cuando es difícil numerar, el número seleccionado puede usarse para determinar en qué zona está el artículo a

seleccionar. Por ejemplo, el número 482 puede ser la representación de una unidad localizada sobre un cuarto nivel, octava fila y segunda columna. Otra opción es que el inspector divida el lote en estratos o capas y cada estrato en cubos. En ocasiones en que no es posible o conveniente realizar un censo (analizar a todos los elementos de una población), se selecciona una muestra, entendiendo por tal una parte representativa de la población. (Gutierrez & Vara, 2009)

3.11 Defectos y defectuosos (defectuosos)

Un defecto es cualquier discrepancia o inconformidad con el producto con respecto a requisitos especificados, mientras que una defectuosa (o un defectivo) es una unidad con uno o más defectos. (NMX-Z-12/1, 1987)

Por ejemplo, supóngase que la punta de la bola de una pluma falla al escribir, la falla al escribir es un defecto; la pluma es una defectuosa (o un defectivo).

La calificación “defectuosa” no implica necesariamente que la unidad de producto no pueda usarse para el propósito destinado. Por ejemplo, un tabique con una de sus dimensiones fuera de la tolerancia respectiva, aunque defectuoso, puede a pesar de eso ser utilizado en la construcción de una casa.

La distinción entre defecto y defectuosa (o) no tiene importancia si la unidad de producto no tiene más de un defecto, pero resulta esencial cuando pueden presentarse varios defectos. (NMX-Z-12/1, 1987)

3.12 Ajuste de datos con Stat: Fit

La herramienta Stat:Fit de ProModel se utiliza para analizar y determinar el tipo de distribución de probabilidad de un conjunto de datos. Esta herramienta permite comparar los resultados entre varias distribuciones analizadas mediante una calificación. Entre sus procedimientos emplea las pruebas Chi-cuadrada, de Kolmogorov-Smirnov y de Anderson-Darling. Además, calcula los parámetros apropiados para cada tipo de distribución, e incluye información estadística adicional como media, moda, valor mínimo, valor máximo y varianza, entre otros datos. (Minitab Inc., 2019)

3.13 Distribución de Poisson

Una situación frecuente en control de calidad es evaluar variables como las siguientes: número de defectos por artículo, número de defectos por metro cuadrado de tela, número de defectos por unidad de área, número de impurezas en un líquido, número de errores de un trabajador. (Gutierrez & Vara, 2009)

Se entiende que es el número de defectos que se presentan en una unidad. Este tipo de características es muy frecuente que se presenten con una distribución de poisson la cual se representa con la siguiente función de probabilidad:

$$f(x, \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots$$

Donde:

e:

2.7182

!:

Símbolo factorial

λ :

$\mu = \lambda$ y $\sigma^2 = \lambda$

Población

Conjunto formado por la totalidad de individuos, objetos o medidas de interés sobre los que se realiza un estudio.

Parámetro

Es un valor representativo y descriptivo de una población, como la media μ o la desviación estándar σ .

Muestra representativa

Parte de una población, seleccionada de manera adecuada, que conserva las características más importantes de dicha población.

Inferencia estadística

Se refiere a establecer las características de una población o proceso con base en la información contenida en una muestra.

Muestreo de aceptación

Es el proceso de inspección de una muestra de unidades de un lote con el propósito de aceptar o rechazar todo el lote.

Planes por variables

Es cuando a cada unidad de la muestra se le mide una variable continua y con los datos se calcula un estadístico.

Planes por atributos

Cuando cada artículo de la muestra se clasifica como conforme o no conforme; la cantidad de no conformes se utiliza para aceptar o rechazar el lote.

V. JUSTIFICACION

El proyecto se realiza debido a que la empresa cuenta con un plan de muestreo que no determina el tamaño de muestra óptimo, así como el nivel de muestreo adecuado para cada producto con base a su porcentaje de defecto, además de que el muestreo es utilizado con frecuencia en la industria, ya que ofrece beneficios importantes:

Ahorra dinero: normalmente se lleva mucho tiempo y recursos el inspeccionar todo el lote, con el plan de muestreo se reducirá considerablemente el uso de recursos en los lotes donde sea aplicable.

Ahorra tiempo: en lugar de inspeccionar todas las muestras de un lote solo se inspecciona una parte representativa establecida por el plan de muestreo con lo que se reduce el tiempo de inspección.

VI. PROBLEMAS A RESOLVER

La empresa Signode Industrial Group cuenta con diferentes tipos de materias primas dentro de sus líneas de producción, de las cuales se tomó como objeto de estudio las válvulas de aire utilizadas dentro de la línea de producción dunnage para realizar el sistema de muestreo de aceptación, debido que se cuenta con un sistema basado en la inspección del 10% del material recibido, lo cual no garantiza una muestra representativa del material en cuestión, además de no contar con un sistema de extracción de muestra que nos garantice la aleatoriedad de lo que se someterá a inspección.

Dentro del área IBC el objeto de estudio fue los rollos de tela de polipropileno para un análisis de probabilidad, la empresa no tiene un registro estadístico de la probabilidad de defecto que se puede presentar por proveedor, otro de los problemas es no tener una evaluación de los proveedores por medio de proporción de defectuosos obtenida por medio de la inspección directa.

VII. HIPOTESIS

La creación de un plan de muestreo permitirá ahorrar tiempo y dinero al inspeccionar materias primas bajo estudio, asegurar aleatoriedad para extracción de la muestra.

VIII. OBJETIVOS

Objetivo general.

Desarrollar un plan de muestreo para la inspección de materias primas para el área de inspección-recibo.

Objetivos específicos.

- Determinar el porcentaje de defectos por proveedor y establecer el nivel de inspección requerido.
- Establecer los tamaños de muestra requeridos para asegurar la representatividad del material inspeccionado.
- Asegurar la calidad mediante la inspección de los materiales introducidos a las líneas de producción.

IX. METODOLOGIA

Para el desarrollo de este proyecto se recurrió a investigación de campo ya que se tuvo que ingresar al área donde se reciben y procesan las materias primas para observar el proceso y, familiarizarse con los materiales. Además de observar los defectos en la tela de polipropileno utilizada en el área de corte de IBC y DUNNAGE.

9.1 Tipo de investigación.

La investigación se basó en un diseño cuasi-experimental ya que no se realizó una inspección aleatoria, por lo que la unidad de análisis, en este caso los rollos estaban programados por el departamento de producción, sin embargo, fue posible controlar cuando, y que materia prima sería inspeccionada y utilizada como unidad de análisis del estudio.

Se procedió a identificar los materiales que se tomaran en cuenta para realizar el muestreo, ya que dentro de la empresa existen muchas materias primas de las cuales no se tienen datos para poder tomarlos como una fuente confiable, por lo cual este proyecto se verá limitado a la información que se pueda recolectar en el tiempo que se destine para ello.

Se verifico que el rollo que se monto es nuevo y que no ha tenido ningún tipo de extracción de material (muestras de inspección recibo) fuera de la máquina de corte. Se procedió a la inspección del 100 % de los rollos o bobinas una vez montados en las máquinas de corte a través de inspección visual para poder establecer el porcentaje de defectos por bobina.

Se registró el número de rollo, código, número de yardas, medida del corte y número de piezas que se obtuvieron del rollo, adicionalmente se registró la máquina que realizo el corte, así como el operador, cliente y número de la orden.

Una vez iniciando el proceso de corte se separó el empate que es la unión de los extremos de la tela al iniciar un rollo nuevo, este se adhiere del inicio del rollo nuevo al final de la tela que se encuentra dentro de la máquina para evitar perder tiempo en el ajuste de esta misma. Se mide el empate y se clasifica en defecto de corte o de proveedor y se realiza el registro de la longitud de la pieza que presento tal defecto.

También se separa todo aquel defecto derivado de la maquina a la hora del arranque, una vez estabilizado el proceso se verifica la medida pieza por pieza y si esta presenta variación se notifica al operador y este realiza el ajuste necesario.

Se realiza la suma de todas las piezas ya sean defectuosas o no para el registro del yardaje real del rollo, pudiendo así verificar algún faltante de tela por parte del proveedor.

Posteriormente se realiza el recuento por separado de las piezas con defecto separándolas por defecto de corte y defecto de proveedor, así como su respectivo yardaje.

Una vez identificados los defectos de proveedor que se pueden presentar, se empezó con el muestreo de los rollos.

Cuando se observaba un defecto este se procedía a separarlo de las demás piezas para posteriormente medirlo y documentarlo tomando el largo de la pieza ya que esta no puede ser utilizada de nuevo y se pasa a formar parte del scrap.

Dentro del área de IBC se midió cada pieza cortada para con ello determinar el faltante de yardas de proveedor a manera de poder tomar esta información para el plan de muestreo.

Un problema observado durante la inspección fue que los operadores no realizaban la segregación del material que presentaba defectos para posteriormente contabilizarlo de manera correcta. Esta fue una de las razones por las que se optó

por realizar la investigación de campo para posteriormente documentarla y poder trabajar con los datos obtenidos ya que los datos que se obtuvieron con las mediciones de los rollos no concordaba con lo que se registraba en las hojas de corte por parte de los operadores.

Se muestrearon varios proveedores, siendo Ciplas el proveedor con mayor consumo dentro de la línea IBC en la etapa de muestreo, del cual se inspeccionaron 17 rollos en el área de corte de IBC, seguidos de Texene con 3 y Rishi con 2 rollos.

NUMERODEROLLOS INSPECCIONADOS	PROVEEDOR
17	CIPLAS TELA PLANA
3	TEXENE TELA PLANA
2	RISHI TELA PLANA

Tabla 1 Rollos inspeccionados área IBC

Los rollos presentaban faltante de yardas de aproximadamente de 29 yds por rollo para Ciplas, 50 yds para Texene, 94 yds por rollo para Rishi, lo que implica un descontrol en el programa de producción.

PROVEEDOR	NUMERO DE ROLLOS INSPECCIONADOS	FALTANTE	FALTANTE PROMEDIO POR ROLLO
CIPLAS TELA PLANA	17	499.6232454	29.3896027
TEXENE TELA PLANA	3	151.0852933	50.3617644
RISHI TELA PLANA	2	189.1713347	94.5856674

Tabla 2 Faltante de yardas promedio por proveedor

Con los datos obtenidos se pudo observar el yardaje que presento defecto en tela plana, por rollo para Ciplas presento 13 yds defectuosas, Texene presento 12.01 yds defectuosas por rollo y Rishi 26.48 yds defectuosas por rollo.

PROVEEDOR	TOTALES		DEFECTOS POR ROLLO	YARDAS
	DEFECTO	ROLLOS	PROMEDIO	PROMEDIO
CIPLAS TELA PLANA	62	17	4	13.43
TEXENE TELA PLANA	10	3	4	12.01258963
RISHI TELA PLANA	39	2	20	26.48611111

Tabla 3 Número de yardas defectuosas promedio por proveedor

Posteriormente se procedió a realizar la investigación de campo dentro del área de corte de la línea de producción DUNNAGE, observándose el mismo problema con los operadores a la hora de registrar y contabilizar correctamente su defecto de proveedor, por lo cual solo se utilizaron los datos obtenidos mediante la inspección de los rollos para su posterior análisis

Dentro de esta línea se pudieron inspeccionar cuatro proveedores, siendo Rishi el proveedor de mayor consumo dentro de esta línea durante la etapa de muestreo, del cual se muestrearon 19 rollos, Buildmet con 14 rollos, Texene, 10 rollos y Tulsyan con 11 rollos.

NUMERO DE ROLLOS INSPECCIONADOS	PROVEEDOR
14	BUILDMETTELATUBULAR
19	RISHI TELA TUBULAR
10	TEXENE TELA TUBULAR
11	TULSYAN TELA TUBULAR

Tabla 4 Rollos inspeccionados Dunnage

Buildmet presento 13.2 yds defectuosas promedio por rollo, Rishi presento 8.7 yds defectuosas promedio por rollo, Texene presento 20 yds defectuosas promedio por rollo y Tulsyan 20 yds defectuosas promedio por rollo.

PROVEEDOR	TOTALES		DEFECTOS POR ROLLO	YARDAS
	DEFECTO	ROLLOS	PROMEDIO	PROMEDIO
BUILDMET TELA TUBULAR	121	14	9	13.27251402
RISHI TELA TUBULAR	103	19	6	8.784045241
TEXENE TELA TUBULAR	67	10	7	20.92222222
TULSYAN TELA TUBULAR	169	11	16	20

Tabla 5 Número de yardas defectuosas promedio por proveedor

La mayoría de los rollos inspeccionados presentaron yardas faltantes siendo Tulsyan el que presento el mayor número de ellas con 90.54 yds por rollo, Builmet con 53.6 yds, Rishi con 39.28 yds y Texene con 33.8 yds faltantes.

PROVEEDOR	NUMERO DE ROLLOS INSPECCIONADOS	FALTANTE	FALTANTE PROMEDIO POR ROLLO
BUILDMET TELA TUBULAR	14	750.4186118	53.6013294
RISHI TELA TUBULAR	19	746.5032313	39.2896438
TEXENE TELA TUBULAR	10	338	33.8
TULSYAN TELA TUBULAR	11	996	90.5454545

Tabla 6 Faltante de yardas promedio por proveedor

9.2 Análisis de los datos obtenidos

Una vez obtenido el número de defectos por unidad se realizaron los siguientes pasos para el análisis de los datos:

Se realizó la captura de los datos apoyándose en el software Excel.

MUESTRA	YDS INICIALES	UNI.PRODUCIDAS	YDS REALES	FALTANTE	% YDS FALTANTE	%MUESTREADO
00137183-034	925.9	263	924.2430278	1.66	0.178958011	100%
00137143-034	949.25	713	920.3180556	28.93	3.047874053	100%
00138871-039	929.57	260	912.5713056	17.00	1.828662117	100%
00138872-039	921.91	256	900.4059722	21.50	2.332551743	100%
00136883-038	929.57	260	929.57	-	0	100%
00138892-038	960.19	265	905.7347222	54.46	5.671302323	100%
000133240-27	930	636	929.2586111	0.74	0.079719235	100%
00138863-039	929	240	838.3294924	90.67	9.760011585	100%
00137183-034	925.9	263	924.2430278	1.66	0.178958011	100%
00138663-037	929.57	755	916.901	12.67	1.362888217	100%
00136605-034	942.69	268	929.57	13.12	1.391761873	100%
00136607-034	918.64	248	861.59535	57.04	6.209684969	100%
00138568-036	931.76	182	825.1475	106.61	11.44205589	100%
00138556-036	929.57	184	919.23	10.34	1.112342266	100%
00137105-034	929.57	251	921.01899	8.55	0.919888766	100%
00138566-036	935.04	126	860.3697	74.67	7.985786704	100%

Tabla 7 Captura de datos Excel parte 1

UNI.DEFECTUOSAS	P DE DEFECTO	YDS DEFECTO	YDS x UNIDAD DEFEC	FRAC.DEFECTUOSA	PROVEEDOR
3	0.0114	10.52083333	3.506944444	1.14	CIPLAS
4	0.0056	5.166666667	1.291666667	0.56	CIPLAS
12	0.0462	42.13888889	3.511574074	4.62	CIPLAS
5	0.0195	17.60416667	3.520833333	1.96	CIPLAS
3	0.0115	10.52777778	3.509259259	1.13	CIPLAS
3	0.0113	10.53472222	3.511574074	1.16	CIPLAS
5	0.0079	7.284722222	1.456944444	0.78	CIPLAS
1	0.0042	3.520833333	3.520833333	0.42	CIPLAS
3	0.0114	10.52083333	3.506944444	1.14	CIPLAS
5	0.0066	6.05	1.21	0.66	CIPLAS
2	0.0075	7.02	3.51	0.76	CIPLAS
3	0.0121	10.53	3.51	1.22	CIPLAS
5	0.0275	25.5763	5.11526	3.10	CIPLAS
3	0.0163	15.065	5.021666667	1.64	CIPLAS
4	0.0159	14.01389	3.5034725	1.52	CIPLAS
1	0.0079	4.52	4.52	0.53	CIPLAS

Tabla 8 Captura de datos Excel parte 2

Identificación de la distribución de probabilidad

De acuerdo a GUTIERREZ (2009) menciona que en control de calidad cuando se presentan las siguientes variables: Número de defectos por artículo, número de defectos por metro cuadrado de tela, número de defectos por unidad de área, número de impurezas en un líquido, número de errores de un trabajador. Es decir, el número de eventos que ocurren en una unidad. Así mismo es frecuente que este tipo de variables tengan una distribución de poisson.

Con ayuda del software estadístico Stat:Fit se analizó los datos capturados de numero de defectos por rollo. Se comprobó lo que teóricamente se afirmaba, los datos se ajustan a una distribución de poisson.

Una vez identificada la distribución de los datos se utilizó su función de distribución de probabilidades que está dada por:

$$f(x, \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, x = 0, 1, 2..$$

Se determinó la probabilidad por proveedor de presentar defectos de acuerdo a los datos obtenidos por cada uno de ellos.

Para ello se obtuvo la desviación estándar y la media del número de defectos por rollo, esta última se utilizará para “ λ ” en la distribución de probabilidades.

Se buscó el número de defectos mínimos que se presentaron en un rollo y viceversa el valor máximo de defectos que se presentaron en un rollo, esto con la finalidad de realizar la numeración desde el valor mínimo al máximo de defectos que se presentaron en la inspección, ya que estos números se utilizaran para la variable “X” de la distribución de probabilidades.

Así teóricamente se entiende que se abarca el 100% de los defectos que se pueden presentar en un rollo con lo cual se puede hacer inferencia acerca de que cantidad de defectos es más probable que se presente o en su caso establecer mediante limites reales donde se acumula la mayor probabilidad o la tendencia hacia las mayores probabilidades.

Se realizó la tabulación en Excel de los datos del mínimo al mayor número de defectos que se presentaron en los datos obtenidos con la inspección, para poder realizar la función de distribución de probabilidades para cada dato.

De los resultados se obtuvo una serie de probabilidades, las cuales, al graficar junto con el número de defectos con su respectiva probabilidad, se obtiene una gráfica donde se aprecia la campana característica de una distribución de poisson y en algunos casos se acerca a la normal.

En ella se establecieron límites donde se entiende se encuentra la mayoría de los datos, en este caso la mayor probabilidad de defectos

9.3 Método para establecer límites de tolerancia de defectos en rollos.

Para obtención de los Límites reales (LRS), Se hizo uso de la media del proceso, en este caso la media de defectos por rollo, así como su desviación estándar poblacional ya que se toma la población como el total de número de defectos que se presentan en un rollo.

Una vez establecidos estos parámetros: media y desviación poblacional o de proceso, se procedió al cálculo de los límites reales mediante las siguientes formulas:

$$LRI: \lambda - 3\sigma$$

$$LRS: \lambda + 3\sigma$$

Cabe aclarar que solo se utilizara el límite real superior, debido que realmente no existe un límite inferior de defectos. Entre menos defectos se presenten es mejor.

Los cálculos de estos límites están basados en la regla empírica.

Para ello se utilizó la fórmula para el cálculo de los mismos, cabe aclarar que se toma como base la desigualdad de Chebyshev la cual está dada bajo la siguiente formula:

$$LRI = x - 2ks$$

$$LRS = x + 2ks$$

Donde:

X: es la media muestral o de proceso.

K: n desviaciones estándar muestral o de proceso.

S: desviación estándar muestral o de proceso.

Esta regla establece que con $k=2$ los datos estarán al menos el 75% de ellos, para comprobar que esta afirmación es real, se realizó la comparación con el acumulado dentro de los límites resultantes teniendo estos que estar dentro del 75 % de probabilidad acumulada.

Una vez calculado el límite real superior se procede a colocarlo dentro de la gráfica de la distribución de probabilidades para lograr contextualizar la tolerancia que se tendrá a con los defectos que se presenten por rollo.

9.4 Identificación del método de muestreo para válvulas de aire.

Para determinar qué tipo de muestreo es el adecuado se debe analizar el material a someterse a inspección, y en el caso de que exista datos históricos acerca de los defectos encontrados en lotes de material anteriores, someterlos a un análisis estadístico que nos permita ver el comportamiento de estos mismos.

Para la inspección de las válvulas de aire se usarán un muestreo estratificado, debido a que la materia prima llega en tarimas con 5 estibas de 3*3 cajas siendo esta la razón por la cual se tendrá que estratificar para obtener una muestra que sea representativa de la población, a través de la generación aleatoria de un número para poder representar una unidad localizada en cierta zona del estrato.

9.5 Selección de una muestra

Hay muchas maneras de tomar una muestra de una población. Además, las conclusiones que pueden extraerse acerca de la población dependen a menudo de cómo se seleccionó la muestra. Por lo general, deseamos que la muestra sea representativa de la población. Un método importante para la selección de muestras es el muestreo aleatorio, esto quiere decir no tener inferencia sobre las muestras para ello se utilizarán números aleatorios generados a través de Excel para seleccionar los estratos.

9.6 Determinación del tamaño de la muestra

Para el tamaño de la muestra **n** se utilizará el método que se establece en el muestreo por atributos **MIL STD 105E**.

Siendo este método el más conveniente para la inspección debido a que no se tiene datos acerca de su proporción de defectuosos de dicho lote.

Este tipo de muestreo permitirá ser más flexibles acerca de qué tipo de inspección aplicar de acuerdo a una serie de reglas que establece el MIL STD 105E. Siendo una de ellas poder decidir sobre el nivel de inspección (normal, severa y reducida) de acuerdo al comportamiento de los lotes muestreados y la calidad de los mismos.

X. RESULTADOS

10.1 Análisis de los datos obtenidos mediante inspección de rollos en el área de IBC.

Durante la etapa de inspección en piso de los rollos de polipropileno, se obtuvieron datos acerca del número de defectos que presentaron diversos proveedores, de los cuales se capturaron en una hoja de cálculo para poder analizar y establecer ciertas políticas que nos permitan monitorear la calidad del proveedor.

Los datos se capturaron en la siguiente tabla:

MUESTRA	YDS INICIALES	UNIDADES PRODUCIDAS	YARDAS REALES	UNIDADES DEFECTUOSAS	P DE DEFECTO	YARDAS DEFECTO	YDS X UNIDAD DEFECTUOSA	FRACCION DEFECTUOSA
00137183-034	925.9	263	924.2430278	3	0.0114	10.52083333	3.506944444	1.14%
00137143-034	949.25	713	920.3180556	4	0.0056	5.166666667	1.291666667	0.56%
00138871-039	929.57	260	912.5713056	12	0.0462	42.13888889	3.511574074	4.62%
00138872-039	921.91	256	900.4059722	5	0.0195	17.60416667	3.520833333	1.96%
00136883-038	929.57	260	929.57	3	0.0115	10.52777778	3.509259259	1.13%
00138892-038	960.19	265	905.7347222	3	0.0113	10.53472222	3.511574074	1.16%
000133240-27	930	636	929.2586111	5	0.0079	7.284722222	1.456944444	0.78%
00138863-039	929	240	838.3294924	1	0.0042	3.520833333	3.520833333	0.42%
00137183-034	925.9	263	924.2430278	3	0.0114	10.52083333	3.506944444	1.14%
00138663-037	929.57	755	916.901	5	0.0066	6.05	1.21	0.66%
00136605-034	942.69	268	929.57	2	0.0075	7.02	3.51	0.76%
00136607-034	918.64	248	861.59535	3	0.0121	10.53	3.51	1.22%
00138568-036	931.76	182	825.1475	5	0.0275	25.5763	5.11526	3.10%
00138556-036	929.57	184	919.23	3	0.0163	15.065	5.021666667	1.64%
00137105-034	929.57	251	921.01899	4	0.0159	14.01389	3.5034725	1.52%
00138566-036	935.04	126	860.3697	1	0.0079	4.52	4.52	0.53%

Tabla 9 Captura de datos depurada

Donde:

- Muestra: código de identificación del rollo el cual se encuentra en la etiqueta colocada por almacén.
- Cantidad de yardas que contiene el rollo, el proveedor especifica la cantidad.
- Unidades producidas: el encargado de inspeccionar los rollos deberá registrar el número de piezas cortadas del rollo.
- Yardas reales: el número de yardas real del rollo, este puede ser mayor o menor al especificado. se debe realizar la medición de la mayoría de las piezas para sacar una media y multiplicar por el número total de unidades producidas (se incluyen piezas defectuosas).
- Unidades defectuosas: piezas que presentaron algún defecto de proveedor.

- Proporción de defecto: resulta del cociente entre unidades producidas y numero de defectos.
- Yards defectuosas: número de yards defectuosas encontradas en el rollo.
- Yards por unidades defectuosas: resulta del cociente entre yards defectuosas y unidades defectuosas.
- Fracción defectuosa: es el porcentaje de defecto que presento el rollo comparadas contra las yards reales.

Para poder analizar el número de defectos que presentan los rollos, se determina el tipo de variable que representan.

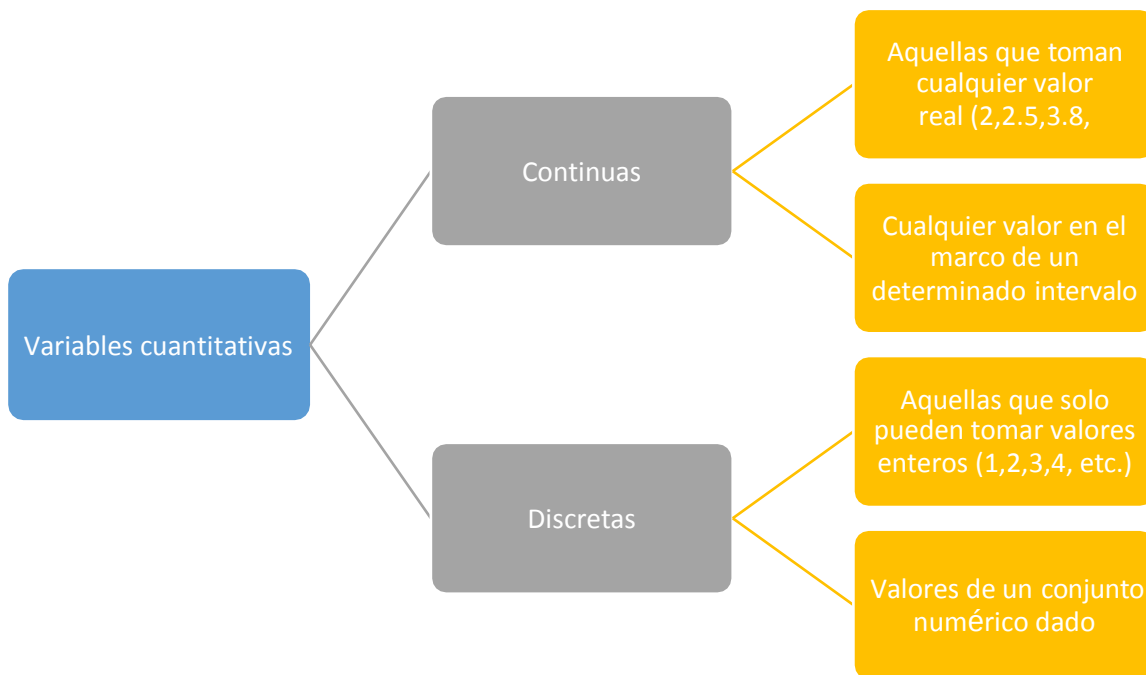


Ilustración 3 Tipos de variables cuantitativas

El número de defectos corresponde a una variable del tipo discreta, la identificación de esta variable es fundamental para poder realizar un correcto análisis de los datos. Según Gutiérrez (2009) describe que este tipo de variables se ajustan a una distribución poisson ya que estas provienen del número de eventos por unidad. Cuya función de distribución de probabilidades está dada por la siguiente formula:

$$f(x, \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots$$

Para poder comprobar que los datos se ajustan a dicha distribución se utilizara el software Stat:Fit, el cual permitirá comprobar si el conjunto de datos de la unidad de análisis se ajustan a la distribución de poisson. La herramienta Stat:Fit de ProModel se utiliza para analizar y determinar el tipo de distribución de probabilidad de un conjunto de dato a través de pruebas de bondad de ajuste, se deben tener al menos 10 datos para poder realizar el análisis.

Durante la etapa de inspección en el área de corte de IBC se lograron obtener el número de defectos de 17 rollos de Ciplas (véase *tabla 10*), siendo así posible el análisis del conjunto de datos para la determinación de su distribución de probabilidad.

A continuación, se describe el proceso para poder realizar el análisis de los datos:

10.2 Análisis de los datos utilizando Stat:Fit

- Se ejecuta el software Stat:Fit y se crea un nuevo documento.

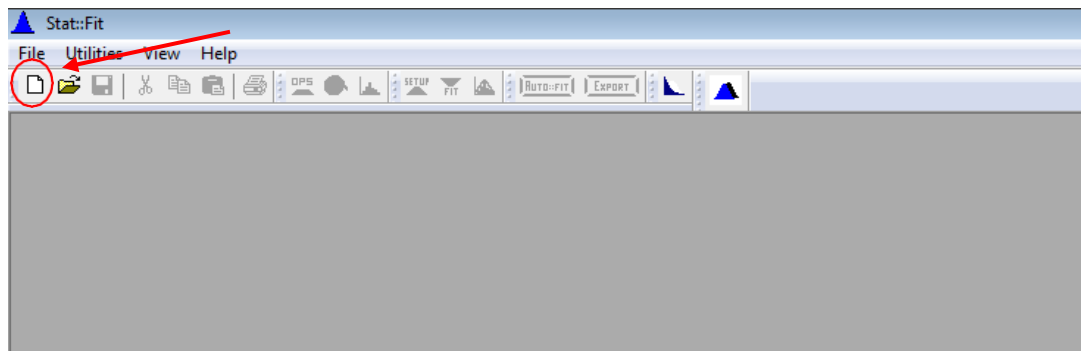


Ilustración 4 Pantalla inicial de “Stat:Fit”

- Enseguida se desplegará una ventana con el nombre “*proyect 1*”, en la que se introducirán los datos de la variable a analizar, ya sea utilizando el teclado o mediante los comandos Copiar y Pegar (Copy/ Paste) para llevar dichos datos desde otra aplicación, como puede ser Excel.

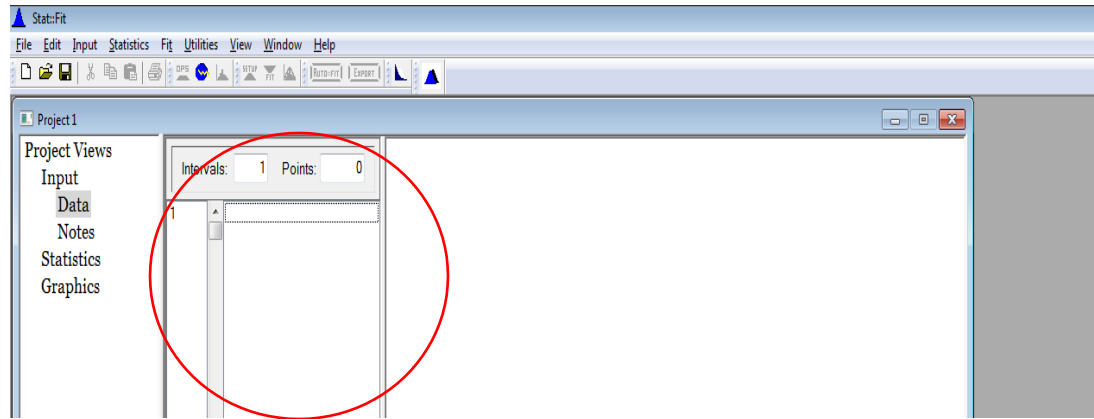


Ilustración 5 Pantalla de captura de datos

- Se introducen los datos de la variable que desea analizar (*unidades defectuosas*), del archivo “*Inspección de rollos en el área de corte IBC*”.

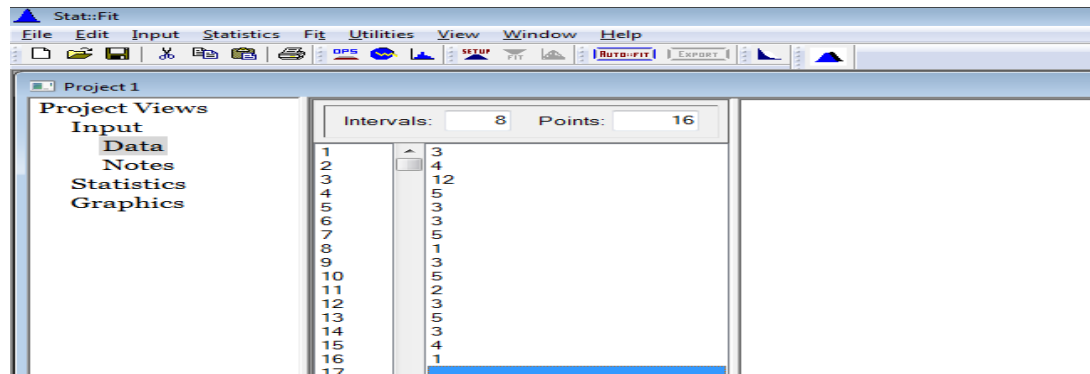


Ilustración 6 Pantalla ventana Project, cuando se ingresan los datos

- Para determinar el tipo de distribución de probabilidad de los datos, seleccione el comando Auto:Fit de la barra de herramientas en la pantalla principal de Stat::Fit.

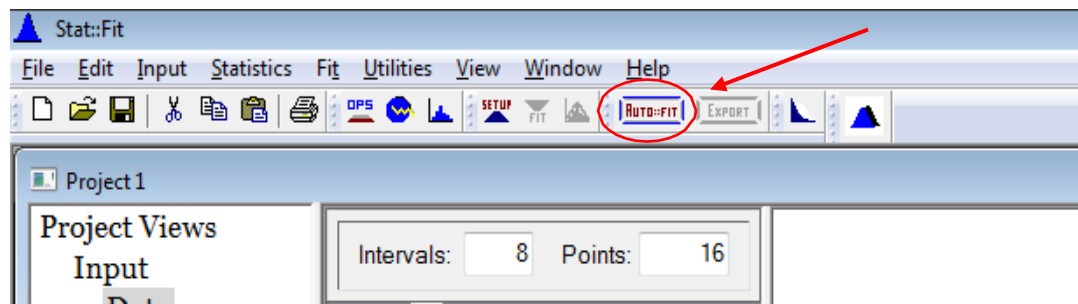


Ilustración 7 Barra de herramientas en la pantalla principal de Stat::Fit.

- A continuación, se desplegará un cuadro de diálogo similar al que se ilustra en la imagen 8, en el cual se tiene que seleccionar el tipo de distribución que

se desea probar, si dicha distribución es no acotada en ambos extremos (unbounded). o si el límite inferior está acotado: en este último caso se puede aceptar la propuesta de que la cota del límite inferior sea el dato más pequeño de la muestra (Lower bound). o seleccionar explícitamente otro valor como límite inferior (assigned bound). Para este caso seleccionamos una distribución de tipo discreto: discrete distributions, ya que los datos de la variable “*unidades defectuosas*” corresponden a esta característica.

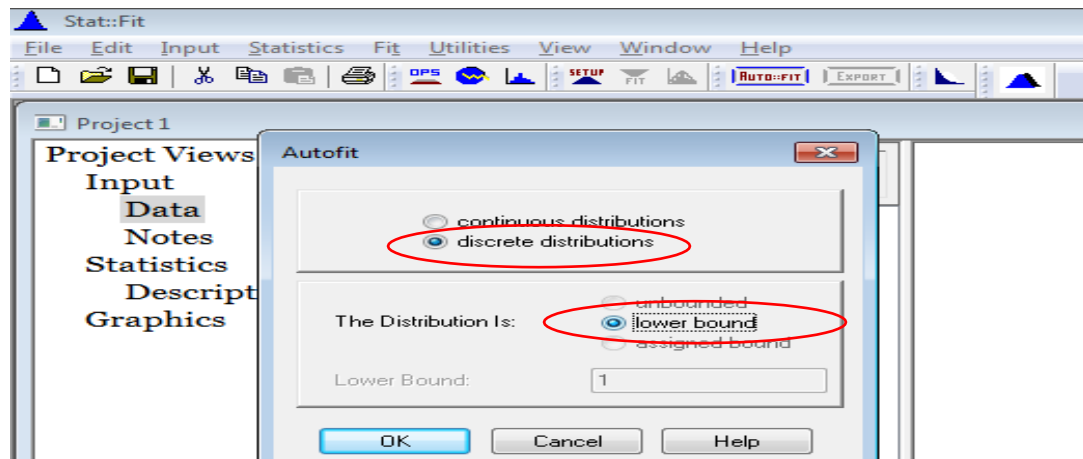


Ilustración 8 Selección del tipo de variable dentro de Stat:Fit

- Una vez realizado el proceso de ajuste, Stat:Fit desplegará los resultados como se muestra a continuación:

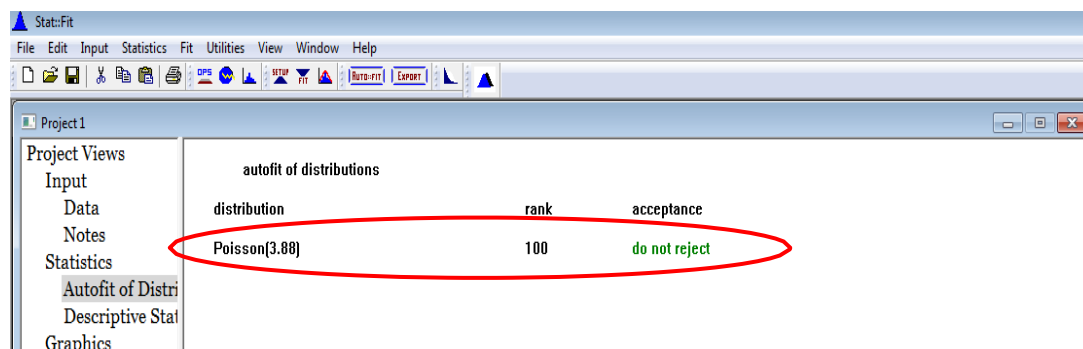


Ilustración 9 Resultados del ajuste de datos Stat:Fit

En la ventana “Autofit of distributions” se observa la distribución a la que el conjunto de datos se ajusta y se confirma que estos siguen una distribución de probabilidad poisson. Además, nos muestra en la columna *Rank* la evaluación de que tan acertada fue la prueba de bondad de ajuste, así como

la columna *acceptance* nos muestra que no fue rechazada la hipótesis de que los datos provienen de una distribución poisson.

Para la realización de la distribución de probabilidad, se realizó una tabla en la cual se ordenan desde cero hasta el número máximo de defectos encontrados en el conjunto de datos, en este caso son doce defectos.

10.3 Análisis de distribución de probabilidad para los datos obtenidos

# DEFECTOS	PROBABILIDAD	YDS PROMEDIO	PROBABILIDAD DE ACEPTAR
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Tabla 10 Análisis de distribución de probabilidad para datos discretos poisson

En la columna “*probabilidad*” se introduce la fórmula de la distribución de probabilidades de poisson, la cual toma la media de del número de defectos ($\lambda=3.875$) y de forma independiente cada valor de la columna número de defectos. A continuación, se muestran algunos ejemplos de la formula

$$f(0,3.875) = \frac{e^{-3.875}3.875^0}{0!} = 0$$

$$f(1,3.875) = \frac{e^{-3.875}3.875^1}{1!} = 3.35$$

$$f(2,3.875) = \frac{e^{-3.875} 3.875^2}{2!} = 6.72$$

$$f(3,3.875) = \frac{e^{-3.875} 3.875^3}{3!} = 10.07$$

Desarrollada la fórmula para cada número de defectos, esta mostrara la probabilidad de que esa cantidad aparezca cuando se inspeccione un rollo del proveedor analizado.

ANÁLISIS DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD PARA DATOS DISCRETOS POISSON			
# DEFECTOS	PROBABILIDAD	YDS PROMEDIO	PROBABILIDAD DE ACEPTAR
0	0.02	-	100%
1	0.08	3.36	98%
2	0.16	6.72	90%
3	0.20	10.07	74%
4	0.20	13.43	54%
5	0.15	16.79	35%
6	0.10	20.15	20%
7	0.05	23.51	10%
8	0.03	26.86	4%
9	0.01	30.22	2%
10	0.00	33.58	1%
11	0.00	36.94	0%
12	0.00	40.30	0%

Tabla 11 Análisis de distribución de probabilidad para datos discretos poisson (con probabilidad)

Se puede apreciar que en las columnas “yardas promedio” se encuentra la cantidad de yardas que resultan del número de defectos que se presentan en la inspección, esto resultado de la media de la columna “yardas por unidad defectuosa” (véase tabla 9) multiplicada por el número de defectos. Para la columna “probabilidad de aceptar” resulta de la suma del acumulado de la función de distribución de probabilidad como se ejemplifica a continuación

$$Pa_{12} = x_{12}$$

$$Pa_{11} = x_{12} + x_{11}$$

$$Pa_{10} = x_{12} + x_{11} + x_{10} \dots$$

Al graficar la función de distribución de probabilidad podemos observar la curva característica de una distribución de poisson. Con ello se confirma que nuestro conjunto de datos fue analizado de manera adecuada.

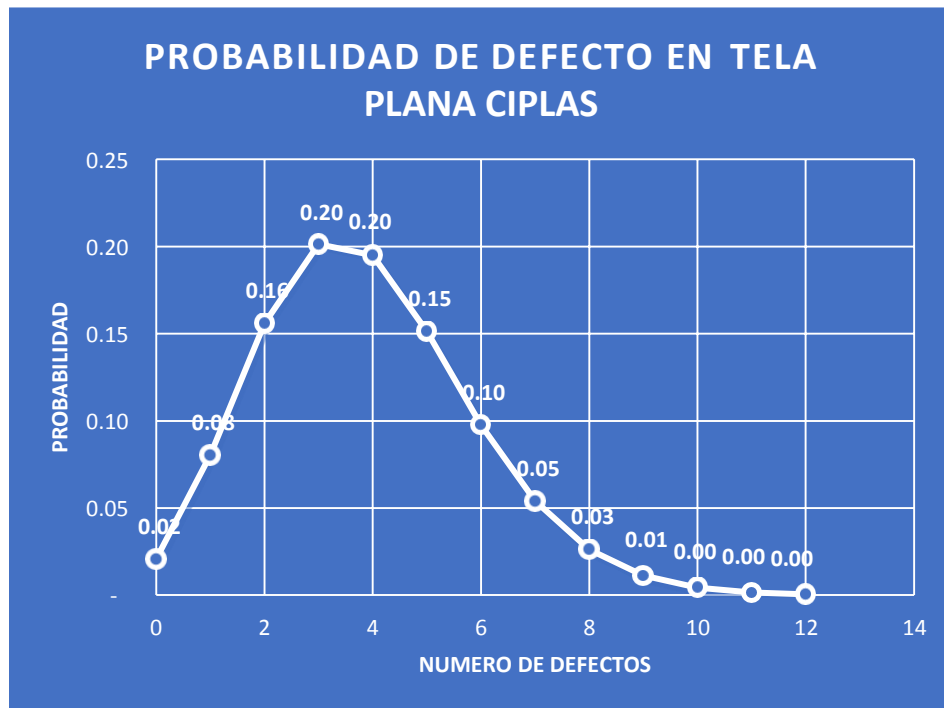


Ilustración 10 Grafica de distribución de probabilidad de defectos

De la anterior grafica se puede determinar la mayor probabilidad de ocurrencia de cierto número de defectos, en este caso la mayor probabilidad es que se presenten 3 o 4 defectos, ampliando el rango desde cero hasta cuatro defectos por rollo este representan el 65% de ocurrencia.

Para poder establecer una política dentro de la propia empresa acerca de la calidad del material recibido por este proveedor y a manera de poder monitorear la calidad de sus materias primas podemos establecer cierto límite del número de defectos encontrados o registrados por rollo, y con ellos poder realizar observaciones o reportes para poder mantener la buena calidad de los rollos de polipropileno en sus diferentes variantes.

Utilizando límites reales se dispuso a establecer el número de defectos límite para este proveedor el cual presenta una buena calidad en los rollos de tela plana de polipropileno.

Se proyecta monitorear la proporción de defectos del proveedor, para ello se dispuso de establecer un límite de calidad en base a los datos obtenidos mediante la etapa muestreo.

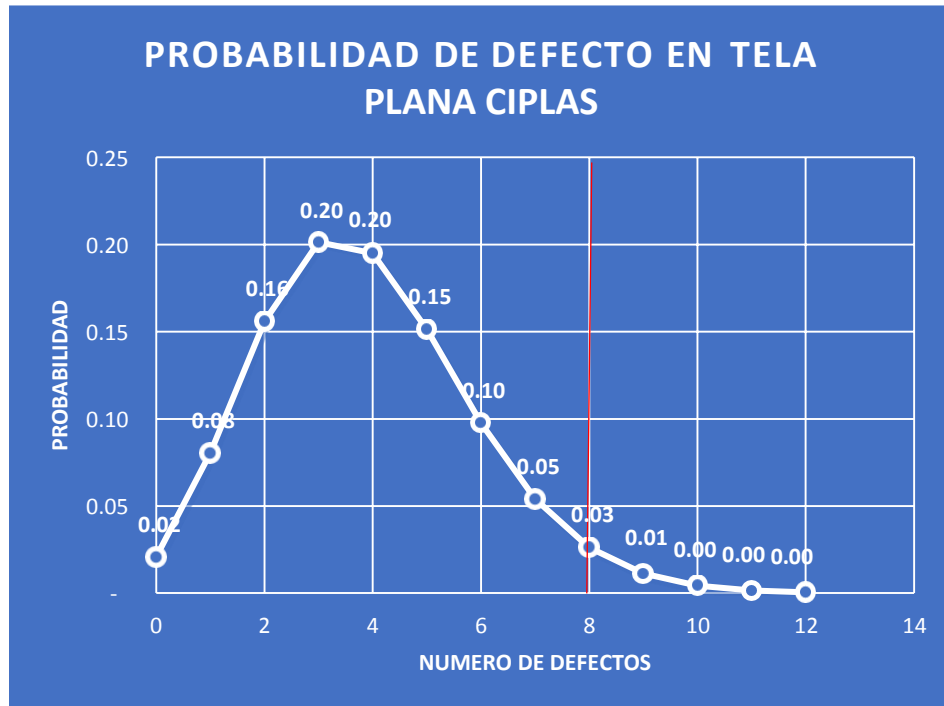


Ilustración 11 probabilidad de defecto en tela con LRS

Desarrollo del plan de muestreo por atributos MILITARY STANDAR 105E.

Para el desarrollo del plan de muestreo se requirieron de diferentes fases para su análisis y optar por la mejor opción de muestreo, tomando en cuenta el contexto dentro del cual se encuentra la unidad de análisis en este caso las válvulas de aire usadas dentro del área de producción DUNNAGE.

10.3.1 Fase 1: Determinación del método de muestreo.

En esta primera fase se determinó el tipo de muestreo de aceptación que se optaría para su desarrollo.

Existen diversos tipos de muestreo de aceptación en los cuales podemos generalizar en los que usan atributos (pasa o no pasa) y los que utilizan alguna variable para determinar si estas se encuentran dentro de las tolerancias establecidas.

En la siguiente imagen se presentan los tipos de muestreo de aceptación:

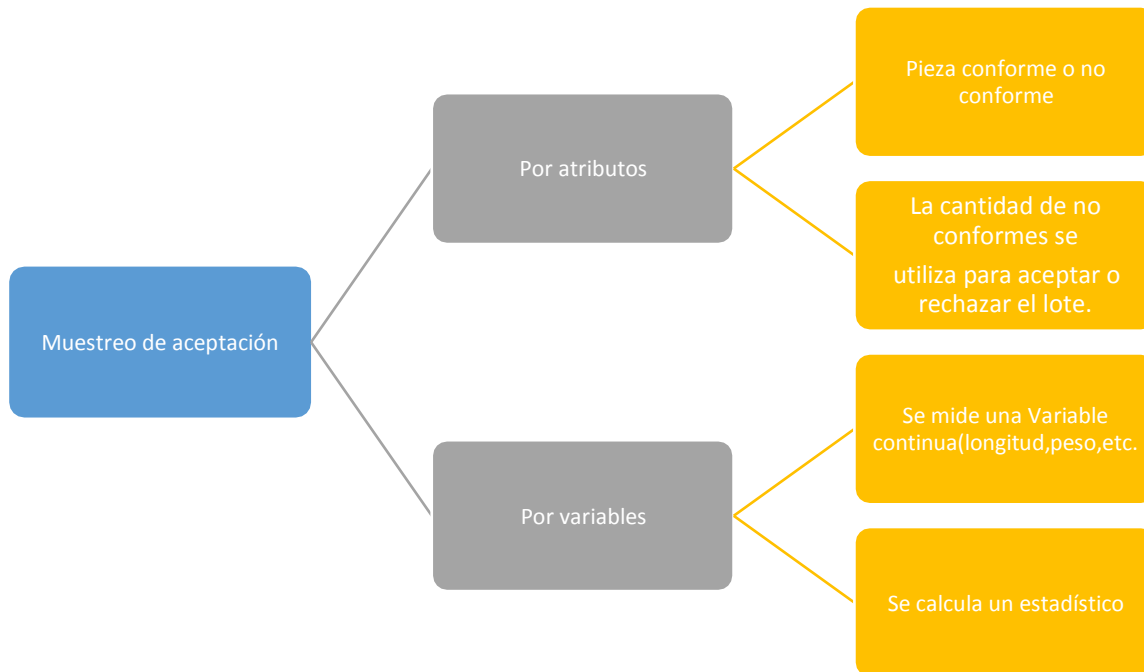


Ilustración 12 Tipos de muestreo de aceptación

Para la inspección de las válvulas de aire no se mide ninguna de sus piezas por lo que el muestreo de aceptación por variables queda descartado. En cambio, se utilizan los atributos de esta, lo que quiere decir se usa el criterio de pieza conforme y no conforme, con lo cual el método de muestreo de aceptación por atributos es el que se ajusta a la unidad de análisis.

Para que una válvula de aire pueda pasar a la línea de producción debe cumplir las características que se enlistan a continuación:

- 1- No debe presentar ningún tipo de golpe o marca en cualquier parte de la válvula.
- 2- El mecanismo que permite abrir la válvula debe estar sujeto y retráctil. (válvula super flow)
- 3- La parte de hule que realiza la función de sellado debe estar sujeta, no presentar deformidad o perforaciones.
- 4- Verificar que la estructura de la válvula este integra.

Si la válvula presenta al menos uno de los anteriores problemas se clasifica como producto no conforme y es separado de la muestra. A continuación, se muestra una

guía visual para poder identificar cuando una válvula cumple con los requisitos para poder ser utilizada dentro de la línea de producción.

Válvula	Vista general de una válvula en buen estado	
Super flow		
Turbo flow		
Tx		

Tabla 12 Guía visual de válvulas en buen estado

10.3.1.1 Establecimiento del NCA para el plan de muestreo.

Una vez establecidos los criterios para el rechazo de una pieza se deberá establecer de acuerdo a **MIL STD 105E** el NCA (nivel de calidad aceptable).

Por lo general, el NCA es especificado en el contrato o por la autoridad responsable del muestreo, de acuerdo con diferentes criterios, por ejemplo: al nivel de calidad que se considera como aceptable, a los antecedentes del productor y los niveles de calidad que tienen la rama industrial o comercial del productor. (Gutierrez & Vara, 2009)

Se acordó con el área de calidad optar por un $NCA=0.10$, este valor se eligió debido a que no se pretende empezar con un porcentaje riguroso de defectos para poder

así establecer un NCA cada vez menor ajustándose a los resultados de los muestreos y llegar a un acuerdo con el proveedor.

10.3.1.2 Estimación del tamaño del lote y muestra.

Si los criterios de calidad con los que se inspecciona son variables de atributos del tipo pasa o no pasa, entonces un plan simple de muestreo de aceptación está definido por un tamaño de lote, N , un tamaño de muestra, n , número de aceptación, A , y el número de rechazo, Re .

No es posible poder establecer el tamaño de un lote **N** específico debido a que se ordenan siempre en diferentes cantidades de acuerdo a lo programado, más sin embargo siempre se ordenan de 200,000 a 350,000 válvulas por lote cayendo dentro de los rangos del tamaño de muestra que establece el Military standar 105E.

Tabla 13:

TAMAÑO DE LOTE
2 a 8 9 a 15 6 a 25
26 a 50 51 a 90 91 a 150
151 a 280 281 a 500 501 a 1 200
1 201 a 3 200 3 201 a 10 000 10 001 a 35 000
35 001 a 150 000 150 001 a 500 000 500 001 y más

Tabla 13 Rangos para el tamaño de lote MIL STD 105 E

Para la determinación de **n** se hace uso de la Tabla de Letras código para el tamaño de muestra, establecida dentro del estándar la cual se muestra a continuación:

TAMAÑO DE LOTE	NIVELES ESPECIALES DE INSPECCIÓN				NIVELES GENERALES DE INSPECCIÓN		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y más	D	E	H	K	N	Q	R

Tabla 14 Letras código para el tamaño de muestra MIL STD 105E

También se puede observar diferentes niveles de inspección como los especiales y generales, estos con la finalidad de poder establecer tamaños de muestra diferentes de acuerdo a la calidad presentada por el proveedor, se toma nivel II de inspección general, ya que este nos permitirá ser modificado si la situación lo justifica.

Una vez teniendo el tamaño del lote, el cual entra en el rango de 150,001 a 500,000 y establecido el nivel II de inspección general, en la intersección de ambas se encuentra la letra **P**.

En la tabla para inspección normal, muestreo simple (MIL STD 105E) se localiza la letra P y nuestro NCA será de 0.10, Si en la intersección del renglón (letra código) y la columna (NCA) se encuentra una flecha en lugar de los números de aceptación (Ac) o de rechazo (Re), entonces siga la dirección de la flecha y use el primer plan que esté después de la flecha.

LETRA CÓDIGO PARA EL TAMAÑO DE LA MUESTRA	TAMAÑO DE LA MUESTRA n	NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE									
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2										
B	3										
C	5										
D	8										
E	13										
F	20										
G	32										
H	50										
J	80										
K	125										
L	200										
M	315										
N	500										
P	800										
Q	1250										
R	2000										

Tabla 15 Inspección normal, muestreo simple (MIL STD 105E)

De acuerdo a la tabla anterior nuestro tamaño de muestra será de $n=800$ piezas, nuestro número de aceptación $Ac=2$, y el número de rechazo $Re=3$.

Para que el lote sea aceptado deberá cumplir el siguiente criterio:

$$Ac < Re$$

Si el lote es rechazado por el criterio este no será devuelto al proveedor, se creará un historial de defectos obtenidos por cada lote para poder ir obteniendo estadística de los mismos, Y poder realizar inferencias con forme el comportamiento del proveedor.

Una vez obtenido el tamaño de muestra n y nuestros criterios de rechazo Ac y Rc se procede a la extracción de la muestra.

10.3.2 Fase 2: Hoja de cálculo para la selección de la muestra.

Creación de una herramienta computacional para facilitar la determinación del tamaño de la muestra y facilitar las labores de criterio para decidir cuándo un lote cumple o no cumple con la calidad acordada.

Cuando se establecido el plan de muestreo para las válvulas de aire se decidió desarrollar una programación mediante una hoja de cálculo que nos permita de manera más sencilla, establecer el tamaño del lote a inspeccionar.

Estableciendo un nivel II de inspección normal y un NCA = 5%, se programó una hoja de cálculo que establece como debe realizarse el muestreo según las cantidades de los tamaños de lotes recibidos. Para automatizar dicha hoja de cálculo, fue necesaria la realización de algoritmos.

Comenzando con la letra código para el tamaño de muestra mediante el siguiente el siguiente algoritmo:

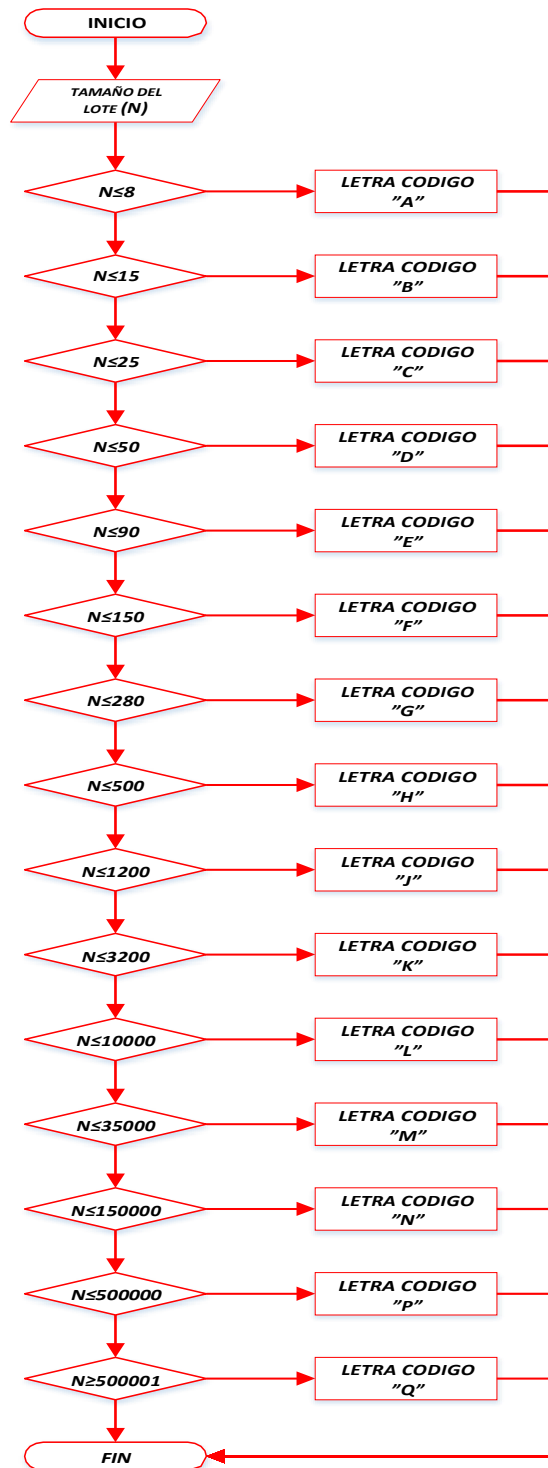


Ilustración 13 Algoritmo para la decisión de la letra código para el tamaño de muestra

Donde N es insertado por el usuario dependiendo de la cantidad de piezas que contenga el lote, el algoritmo decide que letra código corresponde de acuerdo a los intervalos establecidos en la Military Standar 105E.

Nos permite de manera más rápida y sencilla verificar la letra código para la determinación del tamaño de muestra sin tener que recurrir a observar la tabla Letras códigos para el tamaño de muestra (MIL STD 105E).

Para la determinación del tamaño de la muestra se tuvo que introducir el algoritmo de la letra código a la hoja de cálculo quedando establecido de la siguiente manera:

```
= SI(B12 <= 8, "A", SI(B12 <= 15, "B", SI(B12 <= 25, "C", SI(B12 <= 50, "D", SI(B12 <= 90, "E", SI(B12 <= 150, "F", SI(B12 <= 280, "G", SI(B12 <= 500, "H", SI(B12 <= 1200, "J", S(B12 <= 3200, "K", SI(B12 <= 10000, "L", SI(B12 <= 35000, "M", SI(B12 <= 150000, "N", S(B12 <= 500000, "P", SI(B12 >= 500001, "Q", "ERROR(INGRESE NUMEROS REALES)"))))))))))))))))
```

Se generó el siguiente algoritmo que nos permitiera mostrar el tamaño de muestra resultante de la letra código generada en el algoritmo anterior algoritmo anterior:

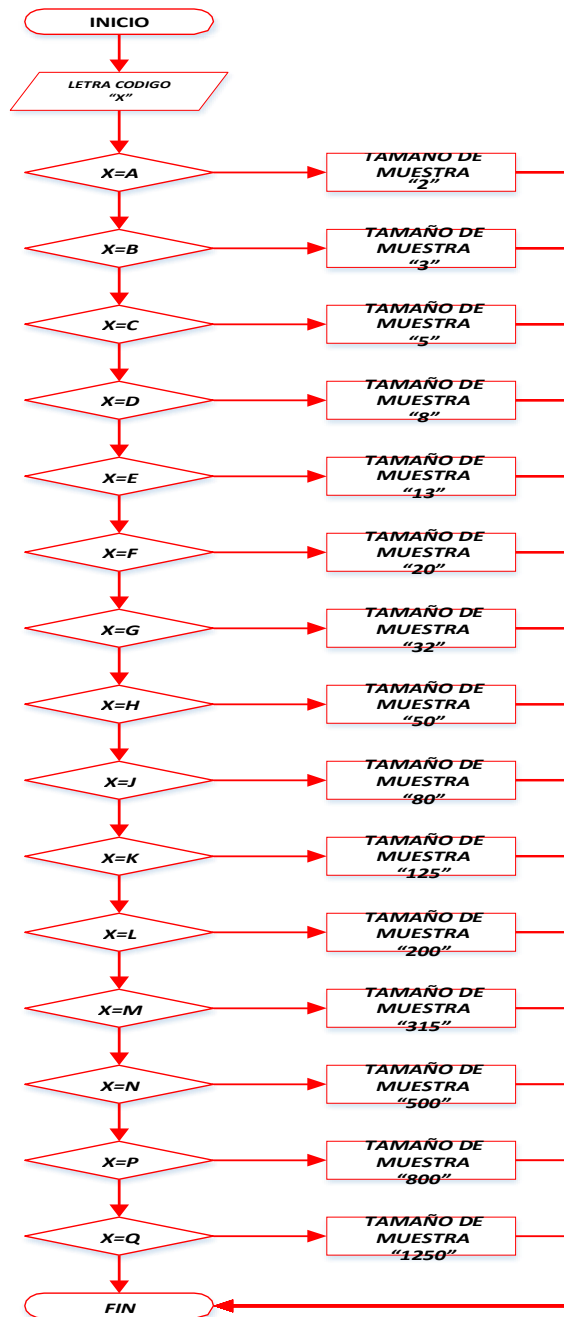


Ilustración 14 Algoritmo para la decisión del tamaño de muestra

Tomando el resultado del algoritmo letra código, como “x” para este algoritmo se decide el tamaño de muestra de acuerdo a la Tabla para inspección normal. Muestreo simple (MIL STD 105E). Quedando de la siguiente manera en la hoja de cálculo:

$S(C12 = "A", 2, SI(C12 = "B", 3, SI(C12 = "C", 5, SI(C12 = "D", 8, SI(C12 = "E", 13, SI(C12 = "F", 20, SI(C12 = "G", 32, SI(C12 = "H", 50, SI(C12 = "J", 80, S(C12 = "K", 125, SI(C12 = "L", 200, SI(C12 = "M", 315, SI(C12 =$

"N", 500, S(C12 = "P", 800, SI(C12 = "Q", 1250, SI(C12 = "R", 2000, "ERROR"))))))))))))

El usuario observara de manera directa el tamaño de la muestra que debe tomar para realizar la inspección. Para la toma de decisión acerca de la calidad del lote, se utiliza un algoritmo en el cual, dependiendo de los resultados de los anteriores, se establece el número de piezas defectuosas aceptables (Ac) y el número de piezas defectuosas rechazables (Re) establecidos en la Military standar 105E.

=SI(E12<=315,0,SI(E12<=800,1,SI(E12<=1250,2,SI(E12<=2000,3,"ERROR")))))

Fórmula Número de defectos aceptables

=SI(E12<=315,1,SI(E12<=800,2,SI(E12<=1250,3,SI(E12<=2000,4,"ERROR")))))

Formula Número de defectos rechazables

Para la decisión final sobre la calidad del lote se hace en base al siguiente algoritmo:

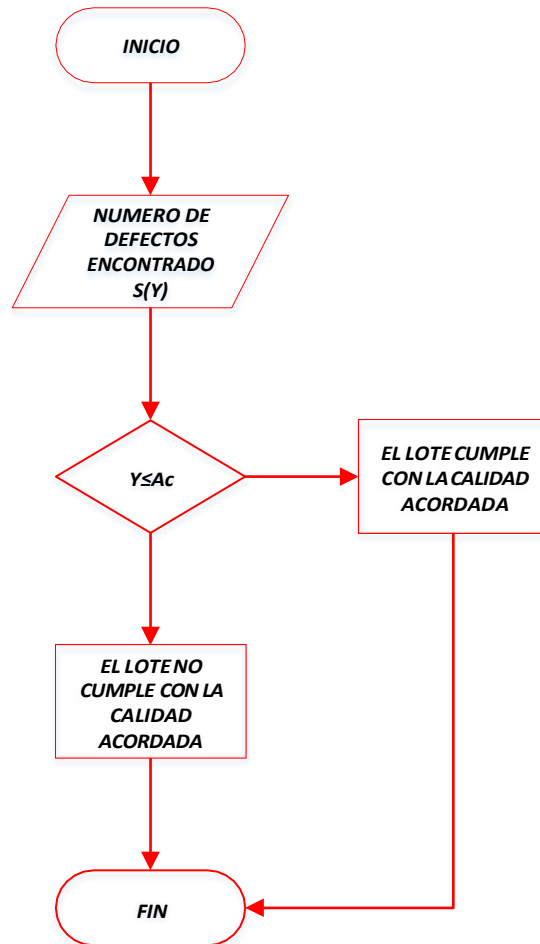


Ilustración 15 Algoritmo base para la decisión en base al criterio de aceptación

El cual establece los criterios de rechazo, así como los de aceptación mediante la comparación de los defectos encontrados con los establecidos en el sistema de muestreo, decidiendo si el lote cumple o no con el criterio establecido. El usuario solo deberá introducir el número de defectos (**y**) encontrado en la muestra.

Para poder utilizarlo en la hoja de cálculo se introdujo la siguiente formula:

=SI(I12<=G12,"EL LOTE CUMPLE CON LA CALIDAD ACORDADA",SI(I12>=H12,"EL LOTE NO CUMPLE CON LA CALIDAD ACORDADA","ERROR"))

El usuario del programa solo deberá introducir dos variables el tamaño del lote y el número de defectos encontrados en la muestra. A continuación, se muestran los pasos para poder utilizarlo.

- Al abrir el archivo titulado “*Selección de la muestra*” se podrá observar la tabla “*Plan de muestreo para válvulas de aire military standar 105E*”, se observa que consta de 9 columnas de las cuales el usuario solo podrá modificar dos (tamaño del lote y total de unidades defectuosas):

PLAN DE MUESTREO PARA VALVULAS DE AIRE MILITARY STANDAR 105E								
Tamaño del lote.	Letra codigo para el tamaño de muestra	Nivel de inspeccion(normal)	Tamaño de la muestra	NCA (Nivel de clidad aceptable)	Unidades defectuosas aceptables (Ac)	Unidades defectuosas rechazables (Re)	Total de unidades defectuosas	Decisión
0	A	2	0	6.50%	0	0	0	EL LOTE CUMPLE CON LA CALIDAD ACORDADA

Tabla 16 Pantalla inicial de “Plan de muestreo para válvulas de aire Military standar 105E.”

- El usuario introducirá el tamaño del lote en la primera columna (*Tamaño del lote*), es decir el número de unidades que se reciben. Por ejemplo, si se recibe un lote de 200,000 válvulas, en dicha casilla el usuario deberá introducir esa cantidad.

PLAN DE MUESTREO PARA VALVULAS DE AIRE MILITARY STANDAR 105E								
Tamaño del lote.	Letra codigo para el tamaño de muestra	Nivel de inspeccion(normal)	Tamaño de la muestra	NCA (Nivel de clidad aceptable)	Unidades defectuosas aceptables (Ac)	Unidades defectuosas rechazables (Re)	Total de unidades defectuosas	Decisión
200000	P	2	800	6.50%	1	2	0	EL LOTE CUMPLE CON LA CALIDAD ACORDADA

Tabla 17 “Plan de muestreo para válvulas de aire Military standar 105E”. Luego de introducir el valor correspondiente a la columna *Tamaño del lote*.

- El programa mostrará de manera directa el tamaño de muestra óptimo para dicho lote de acuerdo a la Military standar 105E, con lo cual el usuario no deberá realizar ningún cálculo.
- Se procederá a la extracción de la muestra (véase **fase 3**).
- Una vez se obtengan el número de defecto del lote, en la octava columna (*Total de unidades defectuosas*) deberá introducir esa cantidad. Automáticamente se realizará la comparación de los criterios de rechazo (Ac y Re) y lo mostrará en la novena columna (*Decisión*). Por ejemplo, del lote recibido de 200,000 válvulas, se inspeccionaron 800 unidades de las cuales solo 1 presento defectos, se introduce esta cantidad en la columna “*Total de unidades defectuosas*”.

PLAN DE MUESTREO PARA VALVULAS DE AIRE MILITARY STANDAR 105E								
Tamaño del lote.	Letra codigo para el tamaño de muestra	Nivel de inspeccion(normal)	Tamaño de la muestra	NCA (Nivel de clidad aceptable)	Unidades defectuosas aceptables (Ac)	Unidades defectuosas rechazables (Re)	Total de unidades defectuosas	Decisión
200000	P	2	800	6.50%	1	2	1	EL LOTE CUMPLE CON LA CALIDAD ACORDADA

Tabla 18 "Plan de muestreo para válvulas de aire Military standar 105E". Luego de introducir el valor correspondiente a la columna Total de unidades defectuosas

10.3.3 Fase 3: Elección del método de extracción de la muestra.

Se analizó los diferentes métodos de muestreo por atributos para poder cual se adapta mejor al contexto de la inspección, en la cual no se tiene ningún antecedente del número de defectos encontrados por lote, así como se desconoce el porcentaje defectivo del proceso del que proviene, una vez sabiendo esto se decidió establecer un plan de muestreo de acuerdo a la norma Military standar 105E la cual es ideal para estos productos que se desconoce la proporción de defectos que poseen.

10.3.3.1 Creación de un Sistema de selección de muestra estratificada.

Todos los planes de muestreo de aceptación basan su funcionamiento en que las Unidades seleccionadas para la inspección son representativas de todo el lote.

Para lograr la representatividad se realiza un Muestreo aleatorio simple que es cuando los artículos se escogen al azar de manera que cada posible muestra tiene igual oportunidad de resultar seleccionada.

Una manera de lograr una muestra aleatoria para la forma en la que se reciben las válvulas es a través de estratos, generando un número aleatorio en Excel con 4 dígitos. A continuación, se muestra como generar e interpretar dicho número.

10.3.3.2 Generación de números aleatorios para la selección de estratos

Para poder generar el número aleatorio se debe conocer las características del lote que se va a estratificar, es decir saber el número de tarimas, numero de niveles por tarima, numero de cajas por lado.

Dentro del software estadístico Excel la fórmula para generar un número aleatorio está dada por:

$$ALEATORIO.ENTR(1, N).$$

Para generar el número aleatorio máximo “N” se debe considerar lo siguiente:

- La primera fórmula se colocará el total de tarimas del lote.
- La segunda fórmula se colora el total de niveles de una tarima.
- La tercera fórmula se colocará el número total de cajas del lateral “x”.
- La cuarta fórmula se colocará el número total de cajas para el lateral “y”.

SELECCIÓN DE LA MUESTRA ESTRATIFICADA			
<i>Ingrese el numero de traimas de lote</i>	<i>Ingrese el numero de niveles del lado z</i>	<i>Ingrese el numero de cajas del lado "x"</i>	<i>Ingrese el numero de cajas del lado "y"</i>
0	0	0	0
Zona de extracion de la muestra			
#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!
<i>Tarima</i>	<i>Lado z</i>	<i>Lado x</i>	<i>Lado y</i>

Tabla 19 Pantalla inicial “selección de muestra estratificada

A manera de ejemplo para un lote en el que se presentan 9 tarimas, cada una con 5 niveles y 3 cajas en el lado “x” y 4 en el lado “y”. El número aleatorio máximo será “9534” sabiendo que cada número se debe generar de forma independiente.

ALEATORIO.ENTR(1,9)

ALEATORIO.ENTR(1,5)

ALEATORIO.ENTR(1,3)

ALEATORIO.ENTR(1,4)

Se creó una tabla en Excel para poder ayudar a la selección de un estrato de manera aleatoria, donde el usuario podrá insertar las características que se solicitan y automáticamente se genera el aleatorio.

Esto se podrá encontrar en el archivo "selección de la muestra estratificada", el cual se generará el número de veces que sea necesario hasta cumplir con la cantidad establecida de piezas para inspeccionar.

SELECCIÓN DE LA MUESTRA ESTRATIFICADA			
Ingrese el numero de traimas de lote	Ingrese el numero de niveles del lado z	Ingrese el numero de cajas del lado "X"	Ingrese el numero de cajas del lado "y"
9	5	3	4
Zona de extracion de la muestra			
2	5	2	4
Tarima	Lado z	Lado x	Lado y

Tabla 20 Pantalla "selección de muestra estratificada", una vez insertados los valores correspondientes a cada característica.

En la siguiente imagen se esquematiza la manera de interpretar el número generado:

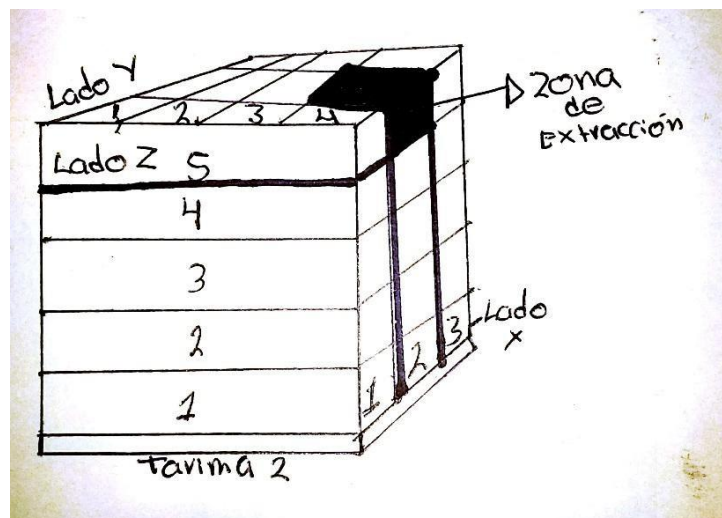


Ilustración 16 Esquema para la extracción de muestra

XI. CONCLUSIONES

Se logró crear un sistema de muestreo de aceptación por atributos para las válvulas de aire utilizadas dentro de la línea de producción dunnage a través de la aplicación del estándar Military Standar 105E. Además del desarrollo de una hoja de cálculo programada con un plan de muestreo establecido y un sistema de extracción de muestra, con la finalidad facilitar al usuario la comprensión y utilización de dicho estándar.

La hoja de cálculo cuenta con celdas editables donde el usuario podrá ingresar los tamaños de lote de las válvulas, automáticamente arrojará el tamaño de muestra establecido para un Nca del 5%, con ello se pretende ahorrar el tiempo para determinar n (tamaño de muestra) mediante el uso de las tablas destinadas para ello. Además, se determina automáticamente el número de unidades defectuosas aceptables(Ac) así como el número de unidades defectuosas rechazables(Re), reduciendo al usuario la única tarea de introducir la cantidad de defectos encontrados en la muestra(y).

Para la toma de decisión acerca si el lote cumple o no con la calidad acordada, se desarrolló un algoritmo mediante el criterio de aceptación ($y \leq Ac$).

La empresa no cuenta con un sistema que garantice la aleatoriedad de la muestra por lo cual se propuso un sistema de extracción de muestra para las válvulas de aire, permitirá al usuario mediante una hoja de cálculo la generación de un numero aleatorio derivado de los datos proporcionados tales como son el número de tarimas, número de cajas del lado x, y, z, para poder generar la zona de extracción de la muestra. Se facilitará al usuario la toma de decisión acerca de que material seleccionar para la inspección, así como asegurar una extracción totalmente aleatoria.

Por medio de un muestreo de rollos dentro del área de IBC se logró obtener datos que permitieron el análisis de defectos de proveedor, estableciendo una función de distribución de probabilidad, lo cual nos permite observar la cantidad de defectuosos con más probabilidad de presentarse, así como la facción defectuosa de cada proveedor.

Para terminar, hubo la necesidad de aplicar una serie de conocimientos aprendidos durante la carrera que a continuación se mencionan, como parte de esta conclusión.

Control Estadístico de la Calidad

Diseñar e Implantar el Control estadístico de Calidad en procesos para alcanzar la mejora continua

Gráficos de Control por Atributos

- Identifica el tipo de atributo que representa la característica de calidad a controlar.
- Diseña e Implementa los gráficos de control para reducir la variabilidad, monitorear, así Como, para estimar los parámetros del proceso o producto.
- Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica
- Conocimientos sobre el área de estudio de la profesión
- Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.
- Habilidades para buscar, procesar, y analizar información procedente de diversas fuentes.
- Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.
- Capacidad para tomar decisiones y solución de problemas.

Muestreo de aceptación.

Específica(s):

Aplica las diferentes técnicas de muestreo de aceptación a procesos industriales, para la toma de decisiones acerca de la aceptación o rechazo de lotes de producción o de materia prima con base en la información obtenida de las muestras recolectadas e inspeccionadas.

Genéricas:

- Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica
- Conocimientos sobre el área de estudio de la profesión
- Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente
- Habilidades para buscar, procesar, y analizar información procedente de diversas fuentes
- Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas
- Capacidad para tomar decisiones y solución de problemas

- Compromiso con la calidad

Algoritmos y Lenguajes de Programación

Desarrollo de lógica algorítmica

Específica(s):

Desarrolla la capacidad de pensamiento lógico algorítmico para la solución de problemas de contexto a través de la computadora.

Genéricas:

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Capacidad de organizar y planificar.
- Conocimientos generales básicos.
- Conocimientos básicos de la carrera.
- Habilidades básicas de manejo de la computadora.
- Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).
- Habilidad para trabajar en forma autónoma.

Probabilidad y Estadística

Estadística Descriptiva

Específica:

Comprende los conceptos básicos de la estadística descriptiva para el análisis, organización y presentación de datos.

Genéricas:

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Solución de Problemas.
- Habilidad para búsqueda de información.
- Capacidad para trabajar en equipo.

Fundamentos de Probabilidad.

Específica:

Utiliza los conceptos básicos de la teoría de la probabilidad para aplicarlos en la solución de problemas de ingeniería.

Genéricas:

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Solución de Problemas.
- Habilidad para búsqueda de información.
- Capacidad para trabajar en equipo.
- Comunicación oral y escrita.

Variables Aleatorias

Específica:

Identifica el tipo de variable aleatoria de un experimento para calcular estadísticos y visualizar el comportamiento de la variable.

Genéricas:

- Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.

Distribuciones de Probabilidad Discretas.

Específica:

Identifica las funciones de distribución de probabilidad discretas para la solución de problemas de aplicación en ingeniería industrial y logística.

Genéricas:

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Solución de Problemas.
- Habilidad para búsqueda de información.
- Capacidad para trabajar en equipo.
- Comunicación oral y escrita.

Estadística Inferencial I

Distribuciones Fundamentales para el muestreo.

Competencia específica:

Escoge el tipo de muestreo al que corresponde un experimento según la selección de la variable de estudio para observar su comportamiento.

Competencias genéricas:

- Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.

Estimación.**Competencia específica:**

Aplica los fundamentos de la teoría de estimación en problemas que requieran el cálculo del tamaño de la muestra para determinar los diferentes intervalos de confianza según la variable que se está analizando en procesos industriales y logísticos.

Competencias genéricas:

- Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.

XII. BIBLIOGRAFIA

Referencias

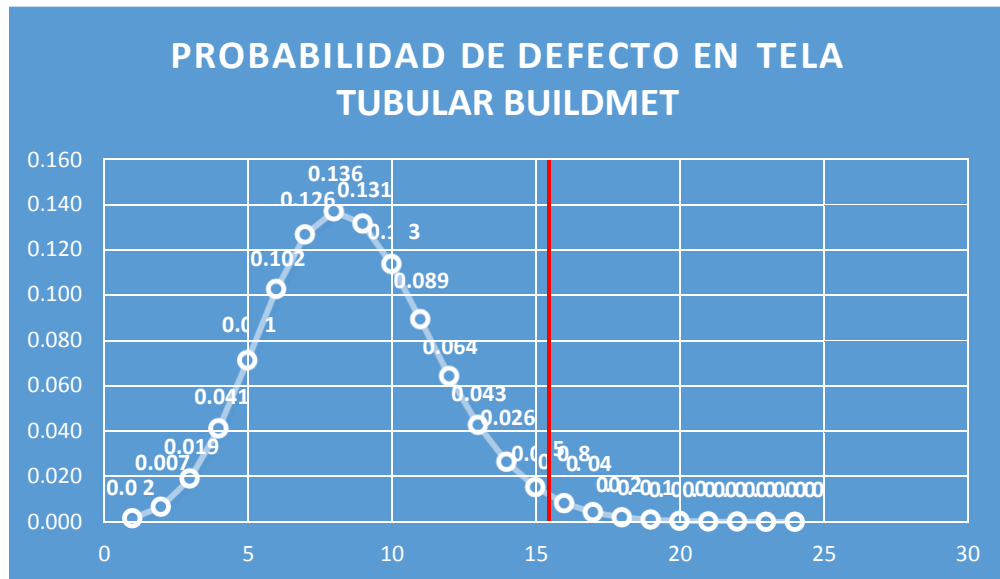
- Azorín, F., & José Sánchez-Crespo, J. L. (1994). *Métodos y aplicaciones del muestreo*. Madrid: Alianza. Madrid: Alianza. Obtenido de <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf>
- Dunna, E. G. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Gutierrez, H. P., & Vara, S. R. (2009). *CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA* (SEGUNDA ed.). MEXICO,D.F: McGRAW-HILL. Recuperado el 2018
- Hines, W. W., & Montgomery, D. C. (2002). *Probabilidad y Estadística Para Ingeniería*. MEXICO: CECSA.
- Minitab Inc. . (04 de 01 de 2019). *support*. Obtenido de support.: <https://support.minitab.com>
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (s.f.). *Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería* (Segunda ed.). México: McGraw-Hill.
- NMX-Z-12/1. (1987). DIRECCION GENERAL DE NORMAS. *MUESTRO PARA LA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS. PARTE 1*.
- Roberto, C. p., & Daniel, G. G. (2012). *MUESTREO DE ACEPTACIÓN*. Universidad Nacional de Mar del Plata: Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
- Universidad Viu. (04 de 02 de 2019). *Universidad Internacional de Valecia*. Obtenido de Universidad Internacional de Valecia: www.universidadviu.com

XIII. ANEXOS

ANEXO A: Análisis de datos para tela tubular Buildmet

MUESTRA	YDS INICIALES	UNI.PRODUCIDAS	YDS REALES	UNI.DEFECTUOSAS	P DE DEFECTO	YDS DEFECTO	YDS x UNIDAD	DEFEC	FRAC.DEFECTUOSA
00000045-001	1531	862	1495.4225	24	0.027842227	38.66	1.610833333	2.585222571	
00000008-001	1509	1160	1476.899322	5	0.004310345	7.1388889	1.427777778	0.483370044	
00000035-001	1493	635	1413.172222	10	0.015748031	22.4375	2.24375	1.587739955	
00000009-001	1498	662	1467.672955	4	0.006042296	8.922222	2.2305555	0.607916223	
00000092-001	1498	1051	1460.938194	8	0.007611798	11.1638889	1.395486113	0.764158877	
00000047-001	1531	664	1479.110278	2	0.003012048	4.444444444	2.222222222	0.300480939	
00000024-001	1533	655	1458.163056	1	0.001526718	2.225555556	2.225555556	0.152627345	
00000011-001	1498	662	1473.381667	2	0.003021148	4.444444444	2.222222222	0.301649229	
00000015-001	1498	537	1443.821194	22	0.040968343	59.89583333	2.722537879	4.148424581	
64-001	1465		1448	3		5.4	1.8	0.372928177	
03-001	1509		1448	8		2.7	0.3375	0.186464088	
44-001	1520		1473	10		0	0	0	
08-001	1509		1420	9		0	0	0	
63-001	1521		1405	13		2.7	0.207692308	0.192170819	
Promedio				8.642857143			1.474723779		
σ				7.077669574					

ANALISIS DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD PARA DATOS DISCRETOS POISSON			
# DEFECTOS	PROBABILIDAD	YDS PROMEDIO	Pa
	0.002	1.474723779	100%
2	0.007	2.949447559	100%
3	0.019	4.424171338	99%
4	0.041	5.898895118	97%
5	0.071	7.373618897	93%
6	0.102	8.848342677	86%
7	0.126	10.32306646	76%
8	0.136	11.79779024	63%
9	0.131	13.27251402	50%
10	0.113	14.74723779	37%
11	0.089	16.22196157	25%
12	0.064	17.69668535	16%
13	0.043	19.17140913	10%
14	0.026	20.64613291	6%
15	0.015	22.12085669	3%
16	0.008	23.59558047	2%
17	0.004	25.07030425	1%
18	0.002	26.54502803	0%
19	0.001	28.01975181	0%
20	0.000	29.49447559	0%
21	0.000	30.96919937	0%
22	0.000	32.44392315	0%
23	0.000	33.91864693	0%
24	0.000	35.39337071	0%

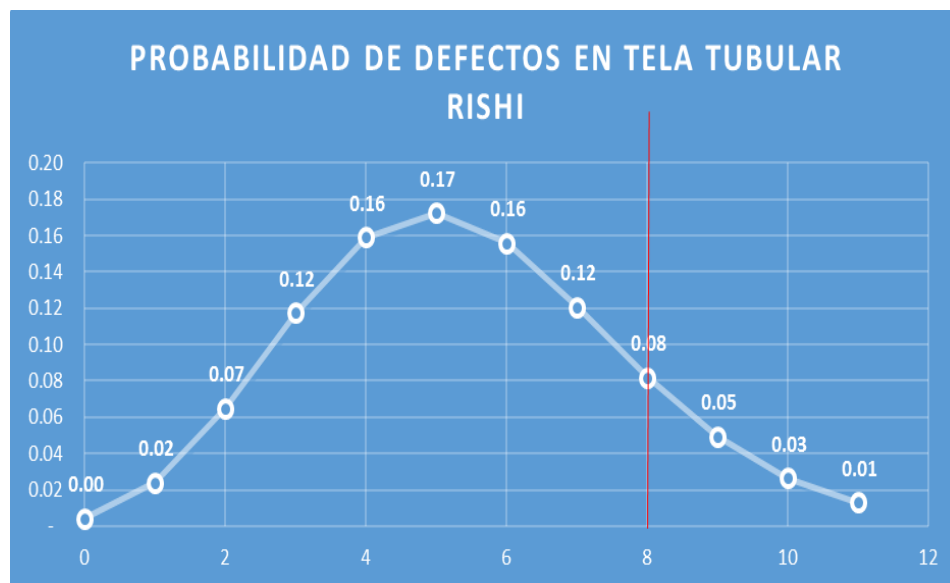


ANEXO B: Análisis de datos para tela tubular Rishi.

MUESTRA YDS INICIALES UNI.PRODUCIDAS YDS REALES I.DEFECTUOS YDS DEFECTO DS X UNI.DEFEC FRAC.DEFECTUOSA							
00020923-213	1498	670	1490.82641	3	3.5972222	1.199074067	0.24129048
00020917-2013	1530	669	1490.24308	5	11.152778	2.2305556	0.748386499
00020932-213	1532	480	1067.68873	2	2.461806	1.230903	0.230573382
00446259-206	503	138	489.850694	5	0	0	0
00000035-001	1493	635	1413.17222	10	22.4375	2.24375	1.587739955
00068458-226	1509	571	1555.36875	0	0	0	0
00068457-226	1531	575	1565.27778	1	2.722222222	2.722222222	0.173913043
00068446-226	1531	573	1554.94722	0	0	0	0
00068452-226	1564	581	1581.32083	0	0	0	0
00068433-226	1542	739	1520.39722	2	0	0	0
00068423-226	1531	751	1545.23403	2	4.125	2.0625	0.266949855
00000677-035	1564	1063	1501.09763	15	19.54513889	1.303009259	1.302056475
00000677-105	1531	1067	1496.71785	7	5.576388889	0.796626984	0.37257449
00000677-092	1531	1051	1460.30181	2	4.170138889	2.085069444	0.28556692
00007613-236	1564	1086	1510.65793	5	6.958333333	1.391666667	0.460616081
00007633-236	1531	1090	1518.95421	13	18.15277778	1.396367521	1.195083941
00008545-240	1553	503	1537.67581	13	39.83333333	3.064102564	2.590489698
00008504-240	1487	490	1500.39375	9	27.53263889	3.059182099	1.835027565
00008565-240	1553	560	1531.37083	9	30.89236111	3.432484568	2.017301129
Promedio					5.421052632	1.062636808	
σ					3.003028774		

ANALISIS DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD PARA DATOS DISCRETOS POISSON			
# DEFECTOS	PROBABILIDAD	YDS PROMEDIO	Pa
0	0.00	-	1.00
1	0.02	1.06	1.00
2	0.07	2.13	0.97
3	0.12	3.19	0.91
4	0.16	4.25	0.79
5	0.17	5.31	0.63
6	0.16	6.38	0.46
7	0.12	7.44	0.30
8	0.08	8.50	0.18
9	0.05	9.56	0.10
10	0.03	10.63	0.05
11	0.01	11.69	0.02
12	0.01	12.75	0.01
13	0.00	13.81	0.00
14	0.00	14.88	0.00
15	0.00	15.94	0.00

LRI	LRS
2	8



ANEXO B: Análisis de datos para tela tubular Rishi.

MUESTRA	YDS INICIALES	UNI.PRODUCIDAS	YDS REALES	I.DEFECTUOS	YDS DEFECTOS X UNI.DEFE	FRAC.DEFECTUOSA
13-155	1127	520	1079	4	8.22222222	2.05555556
16-155	1127	521	1070	9	18.5	2.05555556
13-500	1100	529	1085	8	16.4444444	2.05555556
03-500	1100	520	1066	8	16.4444444	2.05555556
08-1183	500	130	490	3	10.8333333	3.61111111
02-1183	500	135	488	6	21.6666667	3.61111111
04-1183	500	126	455	6	21.6666667	3.61111111
09-1183	500	133	481	5	18.0555556	3.61111111
26-501	1100	522	1070	8	28.8888889	3.61111111
12-500	1400	650	1332	10	36.1111111	3.61111111
Promedio					6.7	2.98888889
σ					2.26323269	

ANALISIS DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD PARA DATOS DISCRETOS POISSON			
# DEFECTOS	PROBABILIDAD	YDS PROMEDIO	Pa
0	0.001	0.000	100%
1	0.008	2.989	100%
2	0.028	5.978	99%
3	0.062	8.967	96%
4	0.103	11.956	90%
5	0.139	14.944	80%
6	0.155	17.933	66%
7	0.148	20.922	50%
8	0.124	23.911	36%
9	0.092	26.900	23%
10	0.062	29.889	14%
11	0.038	32.878	8%
12	0.021	35.867	4%
13	0.011	38.856	2%
14	0.005	41.844	1%
15	0.002	44.833	0%

LRI	LRS
4	9

