

**MUESTREO DE ACEPTACIÓN POR ATRIBUTO PARA LA DETECCIÓN
DE NO CONFORMIDADES EN PRODUCTOS DE MEDIDA TUBULAR**

ARIZA CANDELA JAIRO MIGUEL

200060337

FERRO SOLINA ALEJANDRO MARIO

200058830

TORRES OLIVERA CECIL ALFONSO

200072935

PROYECTO FINAL

NRC 7366

DIRECTOR DE PROYECTO:

ING. RUBÉN YIE PINEDO, PhD.

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

DPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL

BARRANQUILLA

2019

CONTENIDO

ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	5
1. REVISIÓN LITERARIA	7
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
5. OBJETIVO GENERAL	16
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
7. MARCO TEÓRICO	17
7.1. MARCO CONCEPTUAL.....	17
8. METODOLOGÍA.....	19
9. PROPUESTA SOLUCIÓN	20
9.1. CARACTERIZACIÓN DE DEVOLUCIONES.....	21
9.2. PLANES DE MUESTREO.....	25
9.3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	45
10. RESULTADOS	51
11. CONCLUSIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	60

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1. Cantidad de producto no conforme devuelto	20
Tabla N°2. Cantidad de producto no conforme en el proceso de extrusión	21
Tabla N°3. La cantidad de producto según el defecto	23
Tabla N°4. Cantidad de rollos a despachar.....	26
Tabla N° 5. Promedio de rollos extruidos	29
Tabla N°6. Peso promedio por cada rollo.....	30
Tabla N°7. Letra código para tamaño de lote según Military Standard 105E.....	31
Tabla N° 8 letra código para pesos promedios de rollo según su medida	31
Tabla N° 9. Tamaño de muestra en rollos de acuerdo al nivel de inspección	33
Tabla N° 10. Tamaño de muestra por rollo	33
Tabla N° 11. Letra código para inspección reducida.....	37
Tabla N° 12. Letra código para inspección normal	38
Tabla N° 13. Letra código para inspección rigurosa	39
Tabla N° 14. Letra código según peso promedio y ancho del rollo	40
Tabla N° 15 Numero de rollos a inspeccionar en inspección reducida	42
Tabla N° 16 Numero de rollos a inspeccionar en inspección Normal.....	43
Tabla N° 17 Numero de rollos a inspeccionar en inspección Rigurosa	44
Tabla N° 18 Cantidad de producto a inspeccionar por rollo	45
Tabla N° 19 Criterios de aceptación y rechazo	45
Tabla N° 20 Costos de No Calidad.....	51
Tabla N° 21. Costos de No Calidad.....	52
Tabla N° 22. Devoluciones: Cantidad y Costos	52
Tabla N° 23. Costos del plan de muestreo.....	52

RESUMEN

Este proyecto incorpora la implementación de un esquema de calidad que utiliza una metodología de muestreo de aceptación basada en el Estándar Militar, que permite identificar la calidad de los productos de acuerdo con un nivel aceptable previamente establecido y así evitar que los lotes de baja calidad lleguen al consumidor final. Para ello, se realizó una identificación y caracterización de los defectos de calidad, y los más frecuentes se identificaron mediante diagramas de Pareto. Se propone un nuevo método de inspección que permite realizar pruebas destructivas de manera efectiva, lo que reduce los costos de mano de obra asociados con el proceso de inspección.

Palabras clave: Muestreo de aceptación, inspección, control de calidad.

ABSTRACT

This project incorporates the implementation of a quality scheme that uses an acceptance sampling methodology based on the Military Standard, which allows to identify the quality of products according to an acceptable quality level previously established and thus prevent low quality batches from reaching the final consumer. For this, an identification and characterization of the quality defects was made, and the most frequent ones were identified through Pareto diagrams. A new inspection method is proposed that allows more destructive testing to be carried out in an effective way, which reduces the labor costs associated with the inspection process.

Key words: Acceptance sampling, inspection, quality control.

INTRODUCCIÓN

Es un hecho innegable que las bolsas plásticas, a pesar de sus implicaciones ambientales, siguen siendo cruciales en aspectos de eficiencia, accesibilidad y salubridad en el uso de productos de consumo humano. En este sentido, el diseño de soluciones que permitan aumentar los niveles de calidad o la percepción de la misma en los clientes ha convertido en imperativo el desafío de seguir siendo competitivos en el mercado. En esta industria del plástico, la aceptabilidad de lotes con defectos menores es cada vez más baja, esto se debe en gran medida a la tipología de no conformidades críticas inherentes al producto, que ocasionan, en la mayoría de los casos, fallas funcionales y, en algunos otros, fallas estéticas de los mismos. Es por lo anterior que este documento presenta métodos estadísticos tales como planes de muestreo de aceptación por proceso (Wiesen, 1990), clasificación y priorización de defectos de bolsas plásticas (Wilkinson, 2006), con el objetivo de identificar lotes no conformes, disminuir tiempos y complejidad de inspección y, en última instancia, disminuir costos. Este trabajo realiza un aporte en el área de control de la calidad al adaptar y plasmar los conceptos teóricos del control de calidad en la industria del plástico en el área metropolitana de Barranquilla. Además de lo anterior, se propone un nuevo método de inspección para la identificación de defectos críticos.

Durante la investigación y recolección de datos se realizaron visitas industriales de planta para asimilación de data a través de métodos cualitativos tal como observación de procesos de almacenamiento, extrusión e impresión. Además de esto, se consultó la data almacenada por la compañía para realizar el análisis e interpretación del problema y el diseño de la propuesta solución.

La estructura del trabajo está compuesta de tal manera que el lector pueda tener las herramientas necesarias a la hora de comprender la terminología y lograr la cohesión de todas las partes del documento de forma sistemática. A continuación el lector puede encontrar la descripción de las diferentes secciones del documento.

En primera instancia, se presenta la revisión literaria. Esta se realiza temporalmente a partir de la segunda guerra mundial, ya que es el hecho trascendental para el auge de los planes de muestreo, pasando por diferentes aportes y situaciones de diferentes autores hasta el presente año. Luego, se presenta la descripción de la empresa presentando sus procesos misionales y los principales procedimientos productivos. Además de lo anterior, se muestra sintetizada la formulación del problema.

En segunda instancia, se consigna el objetivo general y los objetivos específicos. El primero resume la propuesta solución enfocada en la aplicación del control de calidad para la identificación de lotes no confirmes. De esta forma, se establece la priorización y caracterización de la tipología de defectos, luego se presenta la herramienta muestral y los procesos de interés. Y el último objetivo específico, se presenta como una propuesta o recomendación para aumentar la eficiencia de las inspecciones destructivas de producto tubular.

Posteriormente, se presenta el marco teórico compuesto por el marco conceptual. Además, presenta la metodología de realización y abordaje del caso aquí planteado. En otra sección, se presenta la propuesta solución compuesta por la caracterización, planes de muestreo y el procedimiento de inspección y ensayos destructivos. En la última sección se concluye el trabajo y se presentan las recomendaciones.

1. REVISIÓN LITERARIA

Durante la Segunda Guerra Mundial, el Ejército de los Estados Unidos enviaba el armamento sin inspeccionar a la zona de batalla y un alto porcentaje fallaba durante el combate, ocasionando efectos letales en las tropas. De esta forma, el Ejército creó los planes de muestreo por aceptación para distinguir entre lotes *aceptables* y *no aceptables* tomando información de una muestra aleatoria y *representativa* para determinar el nivel de calidad del lote armamentístico (Departamento de defensa de Estados Unidos, 1942). Desde entonces, se han estudiado los planes de muestreo en diferentes aplicaciones y, si bien es cierto que, existen planes de muestreo más estrictos que otros, no existe un método de muestreo universalmente *mejor*, en cambio, según Stephan (1950) un plan de muestreo es mejor de acuerdo con el criterio de adaptabilidad a cada situación. Es por ello que, se han presentado diferentes planes de muestreo tales como el método de muestreo diseñado por el Ejército de EE.UU (1957), dando origen a un plan de muestreo por *variables* lote por lote donde se introduce el término de *nivel de calidad aceptable (NCA o AQL)* contemplado en la norma MIL STD-414. Por su parte, Sherman (1965) presenta el *plan de muestreo grupal repetitivo* que tiene una eficiencia intermedia en cuanto a la obtención del tamaño de la muestra entre un plan de muestreo simple y el plan de muestreo de razón de probabilidad secuencial. En 1988, se revisa un enfoque novedoso llamado *esquema de muestreo óptimo* para el problema del control del producto teniendo en cuenta el entorno modificado de los procesos de producción modernos con el objeto principal de confirmar el nivel de calidad aceptable de los lotes (Von Collani, 1988). Un año más tarde, Patrick (1989) menciona la importancia de las dispersiones, su control y los intervalos de aplicación para los mismos en los procesos de fabricación.

Entre tanto, Hansen Bertrand (1989) realiza un análisis del concepto de *calidad*, comenzando por el análisis del valor de la calidad del producto y un procedimiento para la clasificación de defectos. Los planes de muestreo no son infalibles, ya que existen riesgos asociados tal como lo muestra Wiesen, J.M (1990). El mismo Wiesen aborda el análisis de las muestras a través de gráficos. Por su parte, Sansalvador (2000) propone un sistema de medición de la no calidad a través de la aproximación al coste basado en el reporte de quejas externas de los clientes.

Por otro lado, en un artículo de 2002, García Manuel (2002) describe los costos de la calidad según la evolución del concepto de calidad y propone un nuevo enfoque que distingue el costo de la calidad y el costo de la mala calidad. En él se muestran los costos más comunes en la prevención y evaluación de la calidad, y también los costos internos y externos de la mala calidad. Para el mismo año, Chauvet, S (2002) presenta una segmentación de los costos de la No calidad, pudiéndose identificar 4 claros costos que son: Costos de las fallas internas, Costos de las fallas externas, Costos de la evaluación y Costos de la prevención. Un año más tarde, Montgomery D.C (2003) habla acerca de estrategias administrativas y filosofías de calidad y menciona métodos estadísticos que pueden ser utilizados para el mejoramiento de la calidad. Posteriormente, el mismo autor (2004) da cuenta de la inspección y la toma de decisiones respecto a los productos, a través de la exposición del muestreo de aceptación lote por lote, así como los dos planes de muestreo estándares militares conocidos como MIL STD 105E y los planes de Dodge-Roming. Además, Montgomery D.C (2004) también retoma la aplicación del muestreo de aceptación por variables en un entorno industrial.

Wilkinson (2006) presenta una revisión del Diagrama de Pareto dentro del control de calidad para identificar factores críticos que conducen a las fallas o defectos en un proceso, este artículo presenta revisiones que solucionan problemas con el gráfico y mejoran su usabilidad en configuraciones de diagnóstico. Al igual que Bertrand, Camisón C (2006) se preocupa por los diversos conceptos de calidad e ilustra el concepto de la calidad en todos los ámbitos empresariales.

Hong-Fwu et al. (2009) presentan investigan una política de inspección mixta entre un plan CSP-1 e inspección de precisión teniendo en cuenta el error y el costo de retorno de productos reparables y no reparables a través de un modelo matemático de optimización, que ilustran con un ejemplo numérico. Entre tanto, Vivas y Notz (2009) muestran la aplicación de un *plan de muestreo secuencial* en una plantación de arroz con data del 2007, los resultados muestran un aumento del 60% en eficiencia del muestreo aplicado. En el mismo año, Gutiérrez (2009) publica un libro que contiene información sobre el control estadístico de la calidad. Adicionalmente, tiene un enfoque en la metodología de calidad Six Sigma o Seis Sigma, la cual es usada en diversidad de escenarios para realizar mejoras en la eficiencia de los procesos.

Por otro lado, en el sector de los plásticos, Sierra et al (2010) realizan el análisis de dos pruebas técnicas aplicadas a envases de plástico que proporciona como resultado un protocolo unificado para el control de calidad físico-química de los productos. Mizamzul y Kamaruddin (2012) presentan una revisión completa de la aplicación pasada del Método Taguci en la industria del plástico, concluyendo que dicha herramienta ha contribuido en gran medida a la industria del plástico enfocándose en la generación de conciencia sobre la robustez para el mejoramiento de la calidad.

Gutiérrez y De la Vara (2013) retoman los fundamentos, conceptos y técnicas del muestreo de aceptación como proceso de inspección realizado con el propósito de aceptar o rechazar un lote de productos.

Todo plan de muestro tiene un error asociado, no obstante son pocas las comparaciones, en un mismo escenario, que se han realizado con la finalidad de ilustrar el impacto de dicho error, en este orden de ideas, Barbosa y Galindo (2014) exponen un documento que presenta un contraste respecto a las implicaciones de inclusión o exclusión de errores de inspección en relación con la aplicación un plan de muestreo continuo a través de modelos matemáticos de optimización para dos escenarios distintos, inspección perfecta e imperfecta.

Caicedo y Mahecha (2015) muestran un artículo llamado *Método de evaluación de las reglas de cambio entre planes de inspección normal y reducida con base en tablas Military Standard 105e* donde ilustran un método que modela las características de los cambios de reglas de inspección normal y reducida propuestas en las tablas MIL STD-105E por medio de *Cadenas de Markov*. Al momento de la aplicación estos modelos ofrecen la posibilidad de reducir muestras, mejorar incertidumbre, disminuir costos y monitorear los diferentes niveles de calidad del producto.

Aslam et al (2015) presentan un modelo de optimización no lineal para determinar los parámetros de un plan de muestreo por lotes con re-inspección (SkSP-R) para características medibles de calidad que siguen una distribución normal con desviación estándar conocida y desconocida.

En el 2016, Barbosa (2016) presenta el libro *Monitoreo y análisis estadístico de proceso con aplicaciones* donde presenta conceptos estadísticos teóricos aplicados a casos y problemas industriales con aplicaciones de planes de calidad por inspección; se muestra el proceso de muestreo por aceptación; planes por variables y por atributos. Además, explora los Planes de Muestreo para Producción en Serie (CSP).

Recientemente, Zhanga et al (2017) exponen un método de selección basado en el *algoritmo Firefly* para la detección de convergencia prematura, dicho algoritmo usa como indicador el costo de retorno.

Finalmente, Shanahan et al (2019) muestran la implementación de un sistema de identificación y trazabilidad de productos alimenticios desde las granjas hasta el cliente final de acuerdo con las leyes europeas y haciendo uso de tecnologías RFID.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Universal de Empaques Plásticos Flexibles S.A.S (Uniemflex S.A.S) es una empresa del sector industrial creada en el año 2008, dedicada a la producción y comercialización de empaques plásticos y flexibles de múltiples tamaños y calibres, con y sin impresión. La empresa está ubicada en Galapa, Atlántico y cuenta con, alrededor, de 65 personas dentro de su personal, de las cuales 50 son operarios de máquinas, de mantenimiento y auxiliares, mientras que el restante es personal administrativo. Además, la empresa cuenta con tres procesos productivos principales que son detallados a continuación.

En primera instancia, el proceso de **extrusión**, se prepara una mezcla de plásticos granulados que son calentados hasta su punto de fusión y soplados por una máquina donde finalmente sale una capa tubular de plástico. Luego, el plástico, es laminado por una serie de rodillos y, posteriormente, embobinado para dar al material la forma de rollo. Después, estos rollos son almacenados en la *zona de producto terminado de extrusión* donde esperan por su utilización, ya sea en el proceso de impresión o directamente en el proceso de sellado.

En segunda instancia, en **impresión**, el segundo proceso de producción principal, los rollos extruidos son estampados con el diseño del cliente, una vez culminada la impresión el producto puede dirigirse a la zona de sellado o a empaque.

En tercera instancia, **el sellado** consiste en un método de contacto directo por calor donde una máquina utiliza un troquel o barra de sellado caliente para aplicar calor a un área de contacto específico para sellar o soldar el material, las bolsas resultantes son

agrupadas y empacadas según la referencia lo indique. Finalmente, el producto terminado se dirige a la zona de producto terminado donde esperará por su respectivo despacho.

Uniemflex S.A.S cuenta con un total de 15 máquinas extrusoras, 5 Impresoras y 29 máquinas selladoras y maneja 3 líneas comerciales principales que generan el mayor porcentaje de los ingresos de la empresa. La primera línea comercial es la de productos tubulares el cual es usado como materia prima por aquellas empresas dedicadas al envasado de sustancias líquidas para consumo humano, estas empresas me precisan que el producto sea sellado por lo que son empacados una vez culminan el proceso de impresión. La segunda línea comercial es la de bolsas de medida, producto que consiste en una bolsa plástica sellada que no requiere impresión, estas bolsas son comúnmente usadas en tiendas, mercados y hogares de familia. La última línea comercial de la empresa consiste en bolsas plásticas selladas con algún tipo de estampado impreso, este tipo de productos requiere de los tres procesos productivos de la empresa y es usado comúnmente por almacenes de cadena, empresas privadas y tiendas minoristas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uniemflex S.A.S es una empresa relativamente nueva en el mercado y presenta algunas problemáticas de logística interna, producción y de control de calidad. No obstante, la compañía tiene un malestar especial con el proceso de devoluciones por parte de los clientes debido a *problemas de calidad* en sus productos, especialmente en los productos de medidas tubulares, ya que estos representan, aproximadamente, el 65% de la producción de planta. Dicho producto, es usado como materia prima por empresas dedicadas al envasado de sustancias líquidas para consumo humano, tales como refrescos, hielo y agua. A

continuación, se realiza la descripción de los aspectos concernientes al proceso de devolución de producto tubular defectuoso enviado por los clientes hacía la empresa.

En primera instancia, la fabricación de este producto requiere inicialmente del proceso de extrusión, luego se estampa el diseño en el material durante el proceso de impresión, para finalmente ser empacado y despachado hacia el cliente. Estos procesos no cuentan con una política de calidad establecida que permita llevar la trazabilidad del material a lo largo de los procesos productivos de manera correcta, además de no tener un plan de muestreo que permita identificar de manera oportuna inconformidades en los lotes de producto terminado con el fin de tomar las medidas correspondientes para evitar que este sea enviado al cliente. En consecuencia, el incremento de devoluciones por defectos de calidad a comienzos del año 2019, causó que Uniemflex S.A.S tomara la decisión de realizar ensayos de calidad a los productos enviados por el cliente, con el fin de verificar la existencia de los defectos que estos manifiestan. Además de esto, los clientes están perdiendo la credibilidad en la empresa, llegando incluso a dejar de realizar pedidos, lo que, sin lugar a dudas, es un gran problema para la *Uniemflex S.A.S*.

En segunda instancia, las fallas de calidad ocasionan el alto número de devoluciones del producto tubular y, por ende, las pérdidas monetarias de la empresa se elevan; hasta el punto, de que en lo corrido del 2019, la compañía ha dejado de vender, aproximadamente, \$131,300.250 COP. Sin embargo, no todas las devoluciones son responsabilidad directa de *Uniemflex S.A.S* y no siempre son por fallas de calidad, es ocasiones los defectos presentes en los productos obedecen a descuidos por parte de los clientes en la manipulación del material.

Recientemente, la compañía difundió a sus clientes una política de devolución por defectos de calidad, en donde se estipula que en caso de un rollo presentar alguna inconformidad este debe ser inmediatamente apartado y enviado a la empresa siempre y cuando se conserve la forma de bobina, de esta manera es posible verificar estado del rollo en todos sus aspectos. Sin embargo, no se están respetando estas políticas en su totalidad lo que dificulta el proceso de verificación y por ende decisión de si aceptar o no la devolución. En caso de aceptar la devolución el peso total de esta será descontado de la próxima factura del cliente.

Por otro lado, el producto recibido por devolución es mezclado con el material de desperdicios de la empresa, los cuales son almacenados y enviados a una empresa externa encargada de reciclar el material convirtiéndolo nuevamente en materia prima que puede ser utilizada en los procesos productivos de la empresa, es decir, los reprocesos se realizan desde cero sin ningún tipo de clasificación. De esta forma, los incrementos en la materia prima reciclada aumentan los costos de la empresa por reproceso e inventario, ya que el material reciclado se utiliza en menor medida que la materia prima corriente, ocasionado un excesivo almacenamiento de este.

Todo lo anterior, muestra un problema claro de control logístico interno, evidencia la poca y casi nula trazabilidad de los productos y demuestra la inexistencia de una política de devoluciones de producto no conforme.

4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo la empresa Uniemflex S.A.S puede disminuir las pérdidas monetarias causadas por las devoluciones de producto tubular defectuoso?

5. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una metodología de control de calidad que permita identificar lotes de productos de medidas tubulares no conformes, con el fin de disminuir el número de productos defectuosos enviados a los clientes.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterizar los defectos de calidad que puede presentar un producto, sus efectos y causantes.
- ✓ Diseñar un plan de muestreo que permita establecer la aceptación o rechazo de un lote de producción en el proceso de extrusión.
- ✓ Diseñar un plan de muestreo que permita establecer la aceptación o rechazo de un lote de producción en el proceso de impresión.
- ✓ Proponer un conjunto de acciones de mejora en los procesos de inspección.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. MARCO CONCEPTUAL

7.1.1. CALIDAD:

Ofrecer una definición con absoluta certeza de la calidad sería un error ineludible. El concepto de calidad tiene un alto grado de subjetividad, ya que la connotación de calidad varía de un observador, o más bien de un consumidor, a otro. En este sentido, es equivoco referirse a mala o buena calidad. En cambio, lo que sí es claro es que la calidad de un artículo es satisfactoria cuando el producto da respuesta a las necesidades del consumidor según lo que éste espera. De esta forma, las empresas han adaptado diferentes enfoques entorno al concepto de calidad, dentro de los cuales se puede distinguir: Inspecciones y Ensayos, Control, Aseguramiento, Gestión Total y Mejoramiento continuo.

7.1.2. MUESTREO POR ACEPTACIÓN:

Es una metodología estadística para la toma de decisiones basada en la formulación de pruebas de hipótesis a través de un proceso de inspección de un número i de artículos para determinar el lote de producción al que pertenece dicho artículo es aceptable o no, con base en información tomada a partir de una muestra. La ventaja principal del muestreo por aceptación es su sencillez práctica, es decir, es un método relativamente simple a la hora de su implementación. Por otro lado, este muestreo tiene algunas desventajas, dado que su aplicabilidad se da bajo condiciones de información imperfecta. Estas desventajas son los riesgos conocidos como *riesgo alfa* y *riesgo beta*. El *riesgo alfa* está asociado con la decisión de rechazo de un lote cuyo nivel de calidad es, en realidad, aceptable. Y el *riesgo beta*, por su lado, se relaciona con la decisión de aceptabilidad de un lote cuyo nivel de calidad es rechazable.

Cabe resaltar que el impacto de la aplicación del *Muestreo por Aceptación* no tiene implicaciones en la disminución de productos no conformes derivados de los procesos de transformación al interior de la planta de producción. Lo anterior, debido a que la aplicación de este método se da a productos en proceso y/o partes terminadas.

7.1.3. ESQUEMA DE MUESTREO MILITAR ESTÁNDAR 105E:

El estándar MIL STD 105E es el sistema de muestreo por atributos más extendido en el mundo. El esquema de muestreo contiene las pautas para la aplicación de planes de muestreo de manera individual. Este estándar, fue adoptado y generalizado a otros contextos como la norma ISO 2859 por la *International Organization For Standardization*. El muestreo basado en la Militar Estándar presenta tres tipos de muestreo: simple, doble y múltiple. Para cada uno de los métodos de muestreo se tiene inspección reducida, normal y rigurosa. Para la utilización de los estos planes de muestreo, a priori, se recomienda comenzar con una inspección normal y de acuerdo con los resultados establecer un cambio ya sea a inspección rigurosa o reducida. Por otro lado, se tienen niveles de inspección especiales, que pueden ser usados para tamaños de muestra pequeños y cuya tolerancia a los riesgos es alta. De esta forma, teniendo especificados el Nivel de Calidad Aceptable, tipo de inspección y el tamaño de un lote, el muestreo a través de la Militar Estándar proporciona el plan de muestreo que debe usarse mientras los lotes se produzcan con un nivel de calidad mayor o igual que el NAC.

8. METODOLOGÍA

En primera instancia, se realiza una visita de campo para conocer a fondo los procesos de producción a través de la observación y el cuestionamiento de los desde un punto de vista externo y riguroso para asimilar los factores que intervienen en la transformación del producto desde que es materia prima, hasta que éste se encuentra listo para ser despachado, con el fin de analizar los procedimientos, métodos y máquinas que lleva a cabo la empresa en sus procesos de producción.

Una vez comprendido el proceso productivo, se recopila información cuantitativa y cualitativa con base en los informes de devolución enviados por los clientes que datan a partir del mes de marzo del presente año. Luego, se realiza la selección y, posteriormente, el análisis de las causantes de devolución de productos defectuosos por partes de los clientes a través de un *diagrama de Pareto*, con el objeto de analizar a profundidad el efecto ocasionado por la presencia de estos defectos en el producto, y su grado de afectación en éste, clasificándolos en: Defectos críticos, Defectos mayores y Defectos menores. Todo lo anterior, permite identificar cuáles son las causas más frecuentes y representativas que presentan los productos desde el proceso de extrusión, pasando por la impresión y, finalmente, el empaque. Esta información arroja el punto de partida para determinar los procesos, métodos, máquinas y/o personal que está generando estas inconformidades.

Con las causas establecidas, se procede a proponer acciones preventivas y correctivas que reduzcan las probabilidades de ocurrencia de los defectos principales en los procesos y zonas correspondientes. De esta forma, se procede a diseñar un plan de muestreo en los procesos de impresión y de extrusión, con el fin de identificar lotes aceptables y no aceptables de producto tubular que no cumplan con estándares mínimos de calidad, con base en los defectos de calidad previamente identificados.

Finalmente, una vez se tengan diseñadas las herramientas que permitan identificar las no conformidades en los lote de producción, es necesario aplicar ingeniería inversa en el proceso con el fin de establecer el causante de esta anomalía, razón por la cual se crearán un conjunto de acciones y procedimientos que permitan garantizar la correcta trazabilidad del producto para tomar acciones correctivas en el proceso.

9. PROPUESTA SOLUCIÓN

A continuación, se presenta un resumen de la información resultante de los informes de producción con la cual se realiza la caracterización de los defectos de calidad, sus efectos y causantes por proceso.

Tabla N°1. Cantidad de producto no conforme devuelto

DEFECTOMES	MARZO	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	TOTAL
PITERAS	51,2	393,9	24,35	315,1	175,1	959,65
DESCALIBRE	8,7	-	25,55	-	-	34,25
MEDIDAS	34,025	16,885	34,55	-	-	85,46
APERTURA LATERAL	-	276	30	-	-	306
EXCESO O FALTA DE TINTA	26,69	7,7	2,35	-	6,4	43,14
DESCALCE	-	30	-	-	-	30

Fuente: Uniemflex S.A.S

En la tabla anterior, se evidencia la cantidad de producto devuelto por los clientes y aceptados por la empresa en kilogramos según el tipo de inconformidad. Desde marzo del presente año, en total la empresa ha aceptado 1458 kilogramos de producto defectuoso.

9.1. CARACTERIZACIÓN DE DEVOLUCIONES

9.1.1. PROCESO DE EXTRUSIÓN

El análisis realizado a partir de los informes de devolución y su comparación con los resultados obtenidos a partir de los ensayos de calidad realizados por la empresa desde el mes de marzo del presente año se establecieron 4 defectos de calidad que están asociados directamente al proceso de extrusión, la cantidad de producto que presentan estas inconformidades pueden observarse a continuación.

Tabla N°2. Cantidad de producto no conforme en el proceso de extrusión

PROCESO DE EXTRUSION		
DEFECTO	KILOGRAMOS	% ACUMULADO
PITERAS	959,65	69%
APERTURA LATERAL	306	91%
MEDIDAS	85,46	98%
DESCALIBRE	34,25	100%
DEVOLUCION TOTAL	1385,36	

Fuente: Elaboración propia

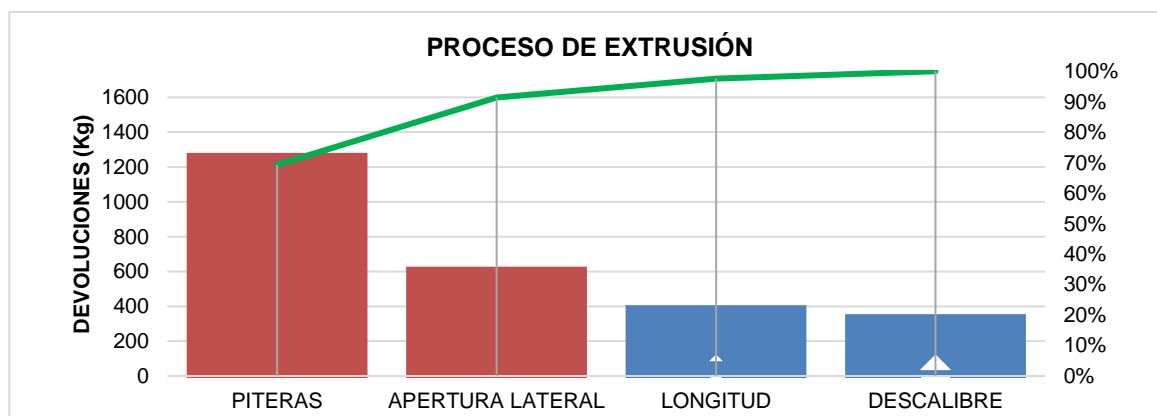


Figura 1. Diagrama de Pareto para el proceso de extrusión

El *diagrama de Pareto* permite concluir que el 91% de los productos que son regresados por los clientes presentan piteras y aperturas laterales, mientras que el 9% restante corresponde a defectos de especificaciones, tales como, medidas de longitud y descalibre. Lo anterior, se justifica con base en el impacto que tienen en el producto, tanto las piteras como las aperturas laterales; estos son defectos críticos que afectan directamente al producto y que imposibilitan el cumplimiento de la función de diseño, es decir, son fallas funcionales. Por otro lado, los defectos por especificaciones como medidas y descalibre, son defectos menores que no reducen en forma drástica la utilidad del producto en cuanto a su finalidad, actualmente las especificaciones de la empresa en cuanto a la longitud de cada producto son del +/- 5% de la media, mientras que las especificaciones del calibre de la bolsa son de +/- 3 mm de la media. Estos últimos son defectos estéticos.

Es importante aclarar que un defecto por medidas de longitud lo suficientemente por debajo de las especificaciones puede llegar a convertirse en un defecto crítico, esto en el escenario en que la bolsa plástica no presente la suficiente longitud para imprimir el estilo del cliente, pero este defecto suele ser evidente y un producto con estas características es retirado inmediatamente del proceso por el operario de la máquina impresora.

Para casos contrarios, en defectos de longitud y calibre, donde el producto presenta medidas por encima de las especificaciones el proceso arroja un material con la misma cantidad de bolsas pero con un peso mayor, lo que implica un mayor costo para el cliente por el pedido debido a la facturación en kilogramos, independientemente de las especificaciones que sean y el número de colores que presente el estilo del cliente.

Un análisis más profundo del gráfico de Pareto y de la data revela que la mayor cantidad del producto devuelto por el cliente obedece a piteras. Sin embargo, la apertura lateral del producto es un defecto reciente que presenta devoluciones a partir del mes de julio.

Por esta razón, la apertura lateral se incluye como defecto crítico, al igual que las piteras. De esta forma, se presenta un diagrama de causa y efecto donde se evidencian las posibles causantes de la apertura del producto por un costado y de las piteras en el proceso de extrusión (*ver anexo A*).

9.1.2. PROCESO DE IMPRESIÓN

Los defectos de calidad que pueden atribuirse al proceso de impresión son menores en comparación al proceso de extrusión, el análisis realizado a partir de los informes de devolución permitió identificar 2 defectos directamente relacionadas a la operación. La cantidad de producto con estos defectos que han sido devueltos por el cliente puede observarse a continuación.

Tabla N°3. La cantidad de producto según el defecto

IMPRESIÓN		
DEFECTO	KILOGRAMOS	% ACUMULADO
PITERAS	959,95	93%
EXCESO O FALTA DE TINTA	43,14	97%
DESCALCE	30	100%
DEVOLUCION TOTAL	1033,09	

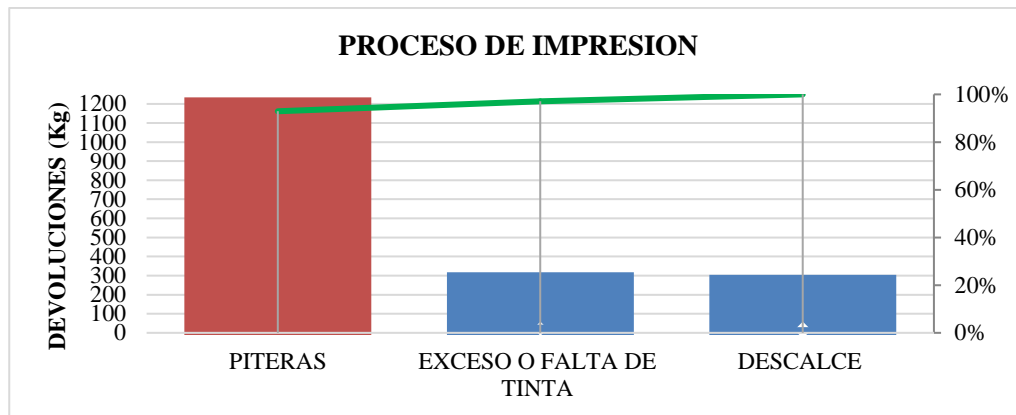


Figura 2. Diagrama de Pareto para el Proceso de impresión

El diagrama de Pareto realizado a partir de los defectos de calidad que pueden presentarse durante el proceso de impresión nos permite concluir que la principal inconformidad que está originando la mayor cantidad de devoluciones son las piteras, con un total de 959.95 kg que equivale al 93% de todo el producto defectuoso que es enviado por el cliente y cuyas inconformidades están relacionadas con este proceso. Este defecto en particular puede presentarse tanto en el proceso de impresión como en extrusión, impidiendo que se pueda atribuir con certeza que porcentaje de las piteras corresponde a cada uno de los procesos. Los defectos que pueden atribuirse directamente a la impresión como el exceso o faltante de tinta y el descalce corresponden solo al 8% del total del producto devuelto, con un total de 73.14 kg entre ambos defectos, sugiriendo que no es una de las principales causantes de devolución. Estos últimos dos son defectos menores que no afectan directamente la funcionalidad del producto y que dentro de las políticas de la empresa se contempla la posibilidad de la presencia de estos defectos en cada rollo debido a la variación natural del proceso.

A continuación, se presenta un diagrama de causa y efecto donde se evidencian las posibles causantes de piteras en el proceso de impresión (*ver anexo B*).

9.2. PLANES DE MUESTREO

9.2.1. PROCESO DE ORDEN DE PRODUCCIÓN

La orden de producción es un documento con un número de serie que contiene todas las especificaciones y características del producto que se va a producir, estas órdenes son generadas una vez el cliente realiza su pedido y posteriormente repartida en los diferentes procesos que intervendrán en la realización del producto.

En el caso particular de los productos de medida tubular las órdenes son repartidas tanto al proceso de extrusión e impresión. La orden de producción correspondiente al proceso de extrusión contiene el número de kilos que deberán extruirse, las especificaciones de ancho y calibre del producto, así como las tolerancias permisibles. Por otro lado, en el proceso de impresión la orden de producción contiene información referente a los rodillos que deberán usarse en la impresora, la referencia del producto y los colores que componen la impresión. La empresa actualmente maneja un estándar en cuanto al peso que debe tener cada rollo en promedio según las especificaciones de longitud del ancho y calibre.

Es pertinente aclarar que la facturación al cliente se realizara según el peso total despachado, por consiguiente, la variabilidad del proceso infiere en que una orden de producción pueda exceder la cantidad solicitada por cliente o en su defecto hacer falta. La *Tabla N°4* contiene el número de rollos que deben extruirse e imprimirse de acuerdo según la cantidad solicitada por el cliente y las especificaciones de cada producto que ha producido la empresa hasta la fecha.

Tabla N°4. Cantidad de rollos a despachar

Peso (kg)	LONGITUD DE ANCHO (cm)			
	5,5- 7,7	7,8 - 9,5	10,0 - 13	16,5 - 26
100	13	10	8	4
150	19	15	12	6
200	26	20	16	8
250	32	25	20	10
300	39	30	24	12
350	45	35	28	14
400	52	40	32	16
450	58	45	36	18
500	65	50	40	20
550	71	55	44	22
600	78	60	48	24
650	84	65	52	26
700	91	70	56	28
750	97	75	60	30
800	104	80	64	32
850	110	85	68	34
900	117	90	72	36
950	123	95	76	38
1000	130	100	80	40
1100	143	110	88	44
1200	156	120	96	48
1300	169	130	104	52
1400	182	140	112	56
1500	195	150	120	60
1600	208	160	128	64
1700	221	170	136	68
1800	234	180	144	72
1900	247	190	152	76
2000	260	200	160	80
PESO PROMEDIO DEL ROLLO	7,7	10	12,5	25

ROLLOS POR DESPACHAR

9.2.2. PROCESO DE EXTRUSIÓN

El plan de muestreo a implementar en el proceso de extrusión tiene como objetivo identificar lotes de producción defectuosos para cada máquina extrusora, específicamente se pretende rechazar lotes que presenten los defectos críticos denominados previamente como *aperturas laterales* y *piterras*. Para esto se hará uso del esquema de muestreo por atributos Military Standard 105 E. La prueba a realizar para verificar este defecto es de carácter destructiva puesto que las bolsas que son sometidas a la prueba de impacto, no podrán ser usadas de nuevo debido a que ya fueron llenadas y separadas del rollo original para poder ser rellenas con agua y realizar la prueba.

El esquema de muestreo será implementado teniendo dos enfoques diferentes. El primer enfoque del esquema de muestreo será con el fin de determinar el número de rollos que deben de inspeccionarse en un lote de producción. El segundo enfoque pretende determinar qué cantidad de producto de cada rollo debe ser inspeccionado. En el primer enfoque la unidad experimental de muestreo serán rollos. En el segundo enfoque la unidad experimental de muestreo serán gramos, es decir, cuántos gramos de cada rollo en la muestra serán inspeccionados.

El procedimiento establecido por este esquema de muestreo consta de los siguientes pasos:

1. Elegir el AQL:

El nivel de calidad aceptable se estableció con base en las características de los defectos que se pretenden identificar con el muestreo. Se ha evidenciado históricamente en la empresa que una vez se ha detectado uno o varios defectos en un lote, existen alta

probabilidad de que el restante de lotes producidos por la misma maquina se encuentre en las mismas condiciones. Esta particularidad se da debido a que estos tipos de defectos son generados en su mayoría por alguna inconsistencia o novedad en el proceso productivo, y esto genera una alta probabilidad de que todo el lote producido por esta máquina extrusora se encuentre con los mismos defectos. Estos dos tipos de defectos son defectos críticos, es decir comprometen completamente la integridad y el funcionamiento del producto. Además, se sabe de antemano que un lote defectuoso detectado en esta parte del proceso productivo evitaría que se imprimieran rollos que se encuentran defectuosos, disminuyendo de esta forma los costos de producción asociados a lotes defectuosos. Teniendo en cuenta lo anterior y que se ha evidenciado que una vez son detectados estos defectos existe alta probabilidad de que el restante del rollo se encuentre condiciones similares, por lo tanto, se precisa que se debe utilizar un AQL muy bajo por lo que se establece que el AQL es 0.010%. Esto implica que el nivel de confianza del plan de muestreo es alto, y que la tolerancia a defectos es baja, dado las características previamente mencionadas. Por otro lado, se escogió un AQL de 4 % como la máxima proporción de rollos defectuosos que poder ser tolerados por el proceso elegir el nivel de inspección.

2. Elegir el nivel de inspección:

El esquema de muestreo seleccionado presenta 3 niveles de la inspección que en conjunto a tamaño del lote determinan cual debe ser el tamaño de la muestra a inspeccionar. El nivel de inspección 1 (Reducido) requiere aproximadamente la mitad de la cantidad de inspección que el nivel 2 (Normal), mientras que el nivel 3 (Riguroso) requiere el doble de inspección que el nivel normal.

Inicialmente se comenzará usando el nivel de inspección normal, dado que en este momento no se tiene ningún tipo de información previa que evidencie un proceso productivo fuera de control. Una vez se hayan revisado 10 lotes y se evidencie en ellos que son de buena calidad, se procede a pasar a nivel de inspección reducido (Nivel 1). Estando en nivel de inspección reducido (Nivel 1), si se detecta un lote de mala calidad inmediatamente se procede a pasar a nivel de inspección normal (Nivel 2) nuevamente. Por el contrario, si estando en nivel de inspección normal (Nivel 2) se evidencian 5 lotes consecutivos de mala calidad se procede a pasar a nivel de inspección riguroso (Nivel 3).

3. Determinar el tamaño del lote:

Para la determinación del tamaño del lote, se manejarán dos enfoques. El primer enfoque irá dirigido hacia la determinación del tamaño del lote para la producción de cada máquina extrusora. El segundo enfoque busca determinar el tamaño de lote para cada rollo para establecer que cantidad de producto debe ser inspeccionado de cada rollo.

El primer enfoque irá dirigido a determinar el tamaño del lote para cada máquina extrusora. Cada máquina extruye una cantidad de rollos diariamente. El tamaño del lote para el primer enfoque dependerá de las características y especificaciones de cada máquina extrusora. Para cada máquina, se tiene un estándar de rollos a extrudir en el turno del día.

Tabla N° 5. Promedio de rollos extruidos

Extrusora	Tamaño de Lote
Extrusora 1	7
Extrusora 2	8
Extrusora 3	7
Extrusora 4	6
Extrusora 5	9
Extrusora 6	4

Continúa...

Extrusora	Tamaño de lote
Extrusora 7	7
Extrusora 8	8
Extrusora 9	5
Extrusora 13	5
Extrusora 15	5

El segundo enfoque busca establecer que cantidad de producto debe ser inspeccionado de cada rollo, este caso particular requiere establecer una unidad experimental diferente debido a que se tiene variedad en dimensiones para cada rollo según las especificaciones del cliente. Debido a que hay una variación de las características para cada rollo, la manera más precisa y homogénea para determinar el tamaño del lote, es tomar como tamaño de lote el peso promedio de cada rollo según su longitud y ancho. Es decir, en el segundo enfoque el cual busca establecer el tamaño de muestra para cada rollo o cuanto de cada rollo se debe inspeccionar, el tamaño del lote será el peso del rollo en gramos. Por esta razón, se estableció que la unidad experimental a inspeccionar será gramos, es decir que el tamaño de lote será dictaminado por el peso promedio del rollo en gramos de acuerdo a su longitud y ancho.

Tabla N°6. Peso promedio por cada rollo

LONGITUD ANCHO (cm)	PESO PROMEDIO (g)
5,5- 7,7	7700
7,8 - 9,5	10000
10,0 – 13	12500
16,5 – 26	25000

- Determinar la letra código apropiada para el tamaño del lote de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla N°7. Letra código para tamaño de lote según Military Standard 105E

Extrusora	Tamaño de Lote	Nivel 1 (Reducido)	Nivel 2 (Normal)	Nivel 3 (Riguroso)	LETRA CÓDIGO
Extrusora 1	7	A	A	B	
Extrusora 2	8	A	A	B	
Extrusora 3	7	A	A	B	
Extrusora 4	6	A	A	B	
Extrusora 5	9	A	B	C	
Extrusora 6	4	A	A	B	
Extrusora 7	7	A	A	B	
Extrusora 8	8	A	A	B	
Extrusora 9	5	A	A	B	
Extrusora 13	5	A	A	B	
Extrusora 15	5	A	A	B	

Para el segundo enfoque no será posible realizar una selección aleatoria del material al cual se le realizará la prueba. La naturaleza del producto una vez se encuentra embobinado permite exclusivamente tomar muestras de la parte exterior del rollo ya que de lo contrario el producto retirado se consideraría desperdicio. Es decir, solo se podrá examinar la parte superficial del rollo, ya que esta parte deberá ser desembobinada y separada del rollo para poder ser muestreada. Esta muestra en gramos será separada del rollo siendo pesada con una gramera previamente a la realización del corte de separación.

Igualmente se presenta en la Tabla N°8, la letra código correspondiente a los pesos promedios de cada rollo según su medida de acuerdo a la Military Standard 105E.

Tabla N° 8 letra código para pesos promedios de rollo según su medida

LONGITUD ANCHO (cm)	PESO PROMEDIO (g)	Nivel 1 (Reducido)	Nivel 2 (Normal)	Nivel 3 (Riguroso)
5,5- 7,7	7700	J	L	M
7,8 - 9,5	10000	J	L	M
10,0 – 13	12500	K	M	N
16,5 – 26	25000	K	M	N

5. Determinar el tipo apropiado de plan de muestreo que debe usarse:

El esquema requiere determinar qué plan de muestra se utilizará, el esquema permite escoger entre un plan de muestreo simple o doble. El plan de muestreo único consta de seleccionar n unidades al azar de un lote. Si hay c o menos unidades con el defecto el lote de acepta, de lo contrario se rechaza. El plan de muestreo doble es un poco más complicado. Después de tomar n unidades al azar de un lote se toma una decisión con base en la información obtenida a partir de esa muestra con el objetivo de aceptar el lote, rechazarlo o tomar una segunda muestra. En caso de tomar una segunda muestra la información de las dos muestras se combina para finalmente decidir si aceptar o rechazar el lote.

La empresa actualmente cuenta con limitantes en cuanto a personal y tiempo disponible para la ejecución del plan de muestreo, razón por la cual no es viable un plan de muestreo que requiera de mucho tiempo y complejidad, con base en esto el plan se utilizara el plan de muestreo único.

6. Consultar la tabla apropiada según nivel de inspección y determinar el plan de inspección a utilizar.

Una vez se define la letra código y el nivel de inspección es posible determinar el tamaño de muestra a inspeccionar. Para el primer enfoque del plan requiere se realice una selección aleatoria de los rollos producidos para cada una de las máquinas extrusoras. En la Tabla N°9, veremos el tamaño de muestra en rollos establecido para cada máquina de acuerdo al nivel de inspección según la Military Standard 105E.

Tabla N° 9. Tamaño de muestra en rollos de acuerdo al nivel de inspección

Extrusora	Tamaño de Lote	Nivel 1 (Reducido)	Nivel 2 (Normal)	Nivel 3 (Riguroso)
Extrusora 1	7	2	2	3
Extrusora 2	8	2	2	3
Extrusora 3	7	2	2	3
Extrusora 4	6	2	2	3
Extrusora 5	9	2	3	5
Extrusora 6	4	2	2	3
Extrusora 7	7	2	2	3
Extrusora 8	8	2	2	3
Extrusora 9	5	2	2	3
Extrusora 13	5	2	2	3
Extrusora 15	5	2	2	3

Para el segundo enfoque no será posible realizar una selección aleatoria del material al cual se le realizará la prueba. La naturaleza del producto una vez se encuentra embobinado permite exclusivamente tomar muestras de la parte exterior del rollo ya que de lo contrario el producto retirado se consideraría desperdicio. Es decir, solo se podrá examinar la parte superficial del rollo, ya que esta parte deberá ser desembobinada y separada del rollo para poder ser muestreada. Esta muestra en gramos será separada del rollo siendo pesada con una gramera previamente a la realización del corte de separación.

En la Tabla N°10, se ve el tamaño de muestra en gramos establecido para cada rollo previamente seleccionado en el primer enfoque de acuerdo al nivel de inspección (Reducido, Normal o Riguroso) según la Military Standard 105E.

Tabla N° 10. Tamaño de muestra por rollo

LONGITUD ANCHO (cm)	PESO PROMEDIO (g)	Nivel 1 (Reducido)	Nivel 2 (Normal)	Nivel 3 (Riguroso)
5,5- 7,7	7700	32	200	315
7,8 - 9,5	10000	32	200	315
10,0 - 13	12500	50	315	500
16,5 - 26	25000	50	315	500

En todos los casos posibles el criterio de aceptación será de 0 unidades defectuosas, en el caso de encontrar 1 unidad experimental con pitera o se evidencie la presencia de apertura en el material todo el rollo es considerado defectuoso. Por otro lado, para todos los niveles de inspección teniendo en cuenta un AQL de 4 %, el criterio de aceptación será de 0 rollos defectuosos y en caso de encontrar 1 o más rollos no conformes se procede a rechazar el lote completo.

9.2.3. PROCESO DE IMPRESIÓN

El plan de muestreo a implementar en el proceso de impresión tiene como objetivo identificar lotes de producción defectuosos, específicamente se pretende rechazar lotes que presenten el defecto crítico denominado *piteras*. Para esto se hará uso del esquema de muestreo por atributos Military Standard 105 E. La prueba a realizar para verificar este defecto es de carácter destructiva debido a que el material utilizado no puede ser integrado nuevamente al proceso. El esquema de muestreo será implementado teniendo dos enfoques diferentes. El primer enfoque del esquema de muestreo será con el fin de determinar el número de rollos que deben de inspeccionarse en un lote de producción. El segundo enfoque pretende determinar qué cantidad de producto de cada rollo debe ser inspeccionado.

El procedimiento establecido por este esquema de muestreo consta de los siguientes pasos:

1. Elegir el AQL:

El nivel de calidad aceptable se estableció con base en las características del defecto que se pretende identificar con el muestreo. En este caso particular por la naturaleza del

proceso de producción históricamente la empresa ha evidenciado que una vez el defecto se presenta, existen altas probabilidades de que el producto restante se encuentre en las mismas condiciones. Esto se explica con base en las causas que generan este defecto y que en su mayoría afectan a todo el producto en general. Teniendo en cuenta lo anterior el AQL se estableció en 0.010% como criterio de aceptación o rechazo de un rollo, mientras que para establecer un criterio de aceptación o rechazo en cuanto a la cantidad total de rollos a inspeccionar se estableció en conjunto con la empresa un AQL de 4 %.

2. Elegir el nivel de inspección:

El esquema de muestreo presenta 3 niveles de la inspección que en conjunto a tamaño del lote determinan cual debe ser el tamaño de la muestra a inspeccionar. El nivel de inspección 1 (Reducido) requiere aproximadamente la mitad de la cantidad de inspección que el nivel 2 (Normal), mientras que el nivel 3 (Riguroso) requiere el doble de inspección que el nivel normal.

En principio se comenzará con el nivel de inspección normal asumiendo que no existe ningún tipo de información previa que permita evidenciar que el proceso se encuentra fuera de control. A medida que se vayan realizando las inspecciones el esquema presenta una serie de procedimientos para cambiar entre los diferentes niveles de inspección ya sea en beneficio en caso de pasar de un nivel mayor a uno menor o en consecuencia al pasar de uno menor a uno mayor. Estos procedimientos de cambios serán detallados más adelante.

3. Determinar el tamaño del lote:

El tamaño de lote será determinado según el enfoque de aplicación. En el caso del primer enfoque, con el fin de determinar el número de rollos a inspeccionar, se estableció como lote de producción al total de rollos que ha de imprimirse en el proceso de producción para cumplir con el total del pedido del cliente.

El segundo enfoque busca establecer qué cantidad de producto debe ser inspeccionado de cada rollo, este caso particular requiere establecer una unidad experimental diferente debido a la unidad agregada de producción, no existe forma exacta de establecer el número de bolsas que posee cada rollo, la dificultad radica en que las dimensiones del largo de cada bolsa está estipulado por el diseño a imprimir, en ocasiones rollos con misma medida de ancho y calibre son utilizados para imprimir dos referencias diferentes en la cual el tamaño de impresión cambia debido a que una referencia tiene como objetivo embazar 300 ml de agua, mientras que la otra 600 ml. Por esta razón, se estableció que la unidad experimental a inspeccionar serán gramos de bolsas plásticas, es decir que el tamaño de lote será dictaminado por el peso promedio del rollo en gramos (*Ver Tabla N°4*).

4. Determinar la letra código apropiada para el tamaño del lote.

A continuación, se presenta la letra código correspondiente a cada tamaño de lote de producción. Igualmente, se presenta la letra código correspondiente a los pesos promedios de cada rollo según su medida.

Tabla N° 11. Letra código para inspección reducida

G	LONGITUD DE ANCHO (cm)				LETRA CÓDIGO
	5,5- 7,7	7,8 - 9,5	10,0 - 13	16,5 - 26	
100	A	A	A	A	LETRA CÓDIGO
150	B	A	A	A	
200	B	B	B	A	
250	C	B	B	A	
300	C	C	B	A	
350	C	C	C	A	
400	C	C	C	B	
450	C	C	C	B	
500	C	C	C	B	
550	C	C	C	B	
600	C	C	C	B	
650	C	C	C	C	
700	C	C	C	C	
750	D	C	C	C	
800	D	C	C	C	
850	D	C	C	C	
900	D	C	C	C	
950	D	D	C	C	
1000	D	D	C	C	
1100	D	D	C	C	
1200	E	D	D	C	
1300	E	D	D	C	
1400	E	D	D	C	
1500	E	D	D	C	
1600	E	E	D	C	
1700	E	E	D	C	
1800	E	E	D	C	
1900	E	E	E	C	
2000	E	E	E	C	
INSPECCION REDUCIDA					

Tabla N° 12. Letra código para inspección normal

KG	LONGITUD DE ANCHO (cm)				LETRA CÓDIGO
	5,5- 7,7	7,8 - 9,5	10,0 - 13	16,5 - 26	
100	B	B	A	A	LETRA CÓDIGO
150	C	B	B	A	
200	C	C	C	A	
250	D	C	C	B	
300	D	D	C	B	
350	D	D	D	B	
400	E	D	D	C	
450	E	D	D	C	
500	E	D	D	C	
550	E	E	D	C	
600	E	E	D	C	
650	E	E	E	D	
700	E	E	E	D	
750	F	E	E	D	
800	F	E	E	D	
850	F	E	E	D	
900	F	E	E	D	
950	F	F	E	D	
1000	F	F	E	D	
1100	F	F	E	D	
1200	G	F	F	D	
1300	G	F	F	E	
1400	G	F	F	E	
1500	G	F	F	E	
1600	G	G	F	E	
1700	G	G	F	E	
1800	G	G	F	E	
1900	G	G	G	E	
2000	G	G	G	E	
INSPECCIÓN NORMAL					

Tabla N° 13. Letra código para inspección rigurosa

KG	LONGITUD DE ANCHO (cm)				LETRA CÓDIGO
	5,5- 7,7	7,8 - 9,5	10,0 - 13	16,5 - 26	
100	C	C	B	B	LETRA CÓDIGO
150	D	C	C	B	
200	D	D	D	B	
250	E	D	D	C	
300	E	E	D	C	
350	E	E	E	C	
400	F	E	E	D	
450	F	E	E	D	
500	F	E	E	D	
550	F	F	E	D	
600	F	F	E	D	
650	F	F	F	E	
700	F	F	F	E	
750	G	F	F	E	
800	G	F	F	E	
850	G	F	F	E	
900	G	F	F	E	
950	G	G	F	E	
1000	G	G	F	E	
1100	G	G	F	E	
1200	H	G	G	E	
1300	H	G	G	F	
1400	H	G	G	F	
1500	H	G	G	F	
1600	H	H	G	F	
1700	H	H	G	F	
1800	H	H	G	F	
1900	H	H	H	F	
2000	H	H	H	F	
INSPECCIÓN RIGUROSA					

Tabla N° 14. Letra código según peso promedio y ancho del rollo

LETRAS CODIGO SEGÚN NIVEL DE INSPECCION				
LONGITUD ANCHO (cm)	PESO PROMEDIO (g)	RECUDICIDA	NORMAL	RIGUROSA
5,5- 7,7	7700	J	L	M
7,8 - 9,5	10000	J	L	M
10,0 - 13	12500	K	M	N
16,5 - 26	25000	K	M	N

5. Determinar el tipo apropiado de plan de muestreo que debe usarse:

El esquema requiere determinar qué plan de muestra se utilizará, el esquema permite escoger entre un plan de muestreo simple o doble. El plan de muestreo único consta de seleccionar n unidades al azar de un lote. Si hay c o menos unidades con el defecto el lote de acepta, de lo contrario se rechaza. El plan de muestreo doble es un poco más complicado. Después de tomar n unidades al azar de un lote se toma una decisión con base en la información obtenida a partir de esa muestra con el objetivo de aceptar el lote, rechazarlo o tomar una segunda muestra. En caso de tomar una segunda muestra la información de las dos muestras se combina para finalmente decidir si aceptar o rechazar el lote.

La empresa actualmente cuenta con limitantes en cuanto a personal y tiempo disponible para la ejecución del plan de muestreo, razón por la cual no es viable un plan de muestreo que requiera de mucho tiempo y complejidad, además debido al carácter de la prueba a realizar es necesario reducir en lo posible el número de muestras destruidas.

Por otro lado, la homogeneidad del producto favorece el detectar este defecto debido a que las principales causantes están asociadas a problemas en los rodillos de la impresora o maltrato del rollo en el costado lateral. Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente se utilizará un plan de muestreo único para consultar la tabla apropiada según nivel de inspección y determinar el plan de inspección a utilizar. Una vez se define la letra código y el nivel de inspección es posible determinar el tamaño de muestra a inspeccionar.

El primer enfoque del plan requiere se realice una selección aleatoria de los rollos, mientras que para el segundo enfoque no será posible. La naturaleza del producto una vez se encuentra embobinado permite exclusivamente tomar muestras de la parte exterior del rollo ya que de lo contrario el producto retirado se consideraría desperdicio. En todos los casos posibles el criterio de aceptación será de 0 unidades defectuosas, en el caso de encontrar 1 unidad experimental con pitera todo el rollo es considerado defectuoso.

Por otro lado, se establecieron los criterios de aceptación o rechazo según el nivel de inspección para la cantidad total de rollos a inspeccionar, teniendo en cuenta que el AQL es de 4 % en la (Tabla N°19) se establece como criterio de rechazo el número máximo de rollos no conformes que pueden ser permitidos, en caso de encontrarse una mayor cantidad de rollos no conformes el lote debe de rechazarse. Así mismo se establece como aceptación el número máximo de rollos no conformes que pueden ser permitidos. En caso de que la cantidad de rollos no conformes se encuentre entre ambos límites, para el caso de una inspección reducida se debe cambiar inmediatamente a nivel de inspección normal.

Tabla N° 15 Numero de rollos a inspeccionar en inspección reducida

KG	LONGITUD DE ANCHO (cm)				ROLLOS A INSPECCIONAR
	5,5- 7,7	7,8 - 9,5	10,0 – 13	16,5 - 26	
100	2	2	2	2	
150	2	2	2	2	
200	2	2	2	2	
250	2	2	2	2	
300	2	2	2	2	
350	2	2	2	2	
400	2	2	2	2	
450	2	2	2	2	
500	2	2	2	2	
550	2	2	2	2	
600	2	2	2	2	
650	2	2	2	2	
700	2	2	2	2	
750	3	2	2	2	
800	3	2	2	2	
850	3	2	2	2	
900	3	2	2	2	
950	3	3	2	2	
1000	3	3	2	2	
1100	3	3	2	2	
1200	5	3	3	2	
1300	5	3	3	2	
1400	5	3	3	2	
1500	5	3	3	2	
1600	5	5	3	2	
1700	5	5	3	2	
1800	5	5	3	2	
1900	5	5	5	2	
2000	5	5	5	2	
INSPECCIÓN REDUCIDA					

Tabla N° 16 Numero de rollos a inspeccionar en inspección Normal

KG	LONGITUD DE ANCHO (cm)				ROLLOS A INSPECCIONAR
	5,5- 7,7	7,8 - 9,5	10,0 - 13	16,5 - 26	
100	3	3	2	2	
150	5	3	3	2	
200	5	5	5	2	
250	8	5	5	3	
300	8	8	5	3	
350	8	8	8	3	
400	13	8	8	5	
450	13	8	8	5	
500	13	8	8	5	
550	13	13	8	5	
600	13	13	8	5	
650	13	13	13	8	
700	13	13	13	8	
750	20	13	13	8	
800	20	13	13	8	
850	20	13	13	8	
900	20	13	13	8	
950	20	20	13	8	
1000	20	20	13	8	
1100	20	20	13	8	
1200	32	20	20	8	
1300	32	20	20	13	
1400	32	20	20	13	
1500	32	20	20	13	
1600	32	32	20	13	
1700	32	32	20	13	
1800	32	32	20	13	
1900	32	32	32	13	
2000	32	32	32	13	
INSPECCION NORMAL					

Tabla N° 17 Numero de rollos a inspeccionar en inspección Rigurosa

KG	LONGITUD DE ANCHO (cm)				ROLLOS A INSPECCIONAR
	5,5- 7,7	7,8 - 9,5	10,0 - 13	16,5 - 26	
100	5	5	3	3	
150	8	5	5	3	
200	8	8	8	3	
250	13	8	8	5	
300	13	13	8	5	
350	13	13	13	5	
400	20	13	13	8	
450	20	13	13	8	
500	20	13	13	8	
550	20	20	13	8	
600	20	20	13	8	
650	20	20	20	13	
700	20	20	20	13	
750	32	20	20	13	
800	32	20	20	13	
850	32	20	20	13	
900	32	20	20	13	
950	32	32	20	13	
1000	32	32	20	13	
1100	32	32	20	13	
1200	50	32	32	13	
1300	50	32	32	20	
1400	50	32	32	20	
1500	50	32	32	20	
1600	50	50	32	20	
1700	50	50	32	20	
1800	50	50	32	20	
1900	50	50	50	20	
2000	50	50	50	20	
INSPECCION RIGUROSA					

Tabla N° 18 Cantidad de producto a inspeccionar por rollo

CANTIDAD POR INSPECCIONA DEL ROLLO (g)				
LONGITUD ANCHO (cm)	PESO PROMEDIO (g)	RECUDICIDA	NORMAL	RIGUROSA
5,5- 7,7	7700	32	200	315
7,8 - 9,5	10000	32	200	315
10,0 – 13	12500	50	315	500
16,5 – 26	25000	50	315	500

Tabla N° 19 Criterios de aceptación y rechazo

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO (AQL 4%)						
Nivel de inspección	Reducido		Normal		Riguroso	
Código	Aceptación	Rechazo	Aceptación	Rechazo	Aceptación	Rechazo
A	0	1	0	1	0	1
B	0	1	0	1	0	1
C	0	1	0	1	0	1
D	0	2	1	2	1	2
E	0	2	1	2	1	2
F	-	-	2	3	2	3
G	-	-	3	4	3	4

9.3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DESTRUCTIVOS

9.3.1. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DESTRUCTIVOS ACTUAL

Actualmente las pruebas destructivas de inspección realizada para identificar la presencia de piteras y debilidad del material ante fuerzas de impacto, se realizan de forma idéntica en ambos procesos. Este procedimiento es realizado por el auxiliar de producción en un laboratorio aislado debido a que el procedimiento involucra la manipulación de una maquina selladora de bolsas de agua la cual requiere un suministro de agua constante con el cual no se cuenta en ninguna de las dos áreas. Esta limitante impide que los operarios mismos sean quienes se encarguen de realizar el ensayo. Además, el reducido número de operarios por área no da cabida a que ninguno de ellos pueda suspender sus actividades

para realizar una tarea diferente a la que está debidamente asignados, de manera que un solo operario es el encargado de realizar todos los ensayos, además de realizar otro tipo de funciones. Es importante resaltar que el auxiliar de producción es un estudiante en condiciones de práctica que la empresa renueva cada 6 meses y que dentro de sus funciones principales no se encuentra la inspección de calidad. Sin embargo, debido a los escasos de recurso humano en la empresa, esta persona es la encargada de todo lo referente a verificación de la calidad en la empresa.

El procedimiento inicia con la toma de muestras establecidas según el plan de muestro, el operario debe seleccionar un rollo de cada una de las máquinas y extraer de este la cantidad de producto establecido por el plan de muestreo. Una vez el operario cuenta con todas las muestras, este debe dirigirse al laboratorio y dar inicio con el proceso de llenado y sellado.

El proceso de llenado y sellado de bolsas requiere que el operario introduzca el producto en un tubo plástico de 50 cm de largo que tiene una capacidad de entubar como máximo una tira de bolsas de 300 cm de largo, esto equivale a 10 bolsas a cuya distancia entre guías sea de aproximadamente 30 cm. La guía es un pequeño tramo impreso que indica donde debe ser sellada la bolsa para que esta cumpla con el volumen establecido. Sin embargo, la empresa ha optado por sellar las bolsas cada 30 cm independientemente de donde se encuentre la guía, con el fin de estandarizar el número de veces que la selladora es encendida y ahorrar tiempo. La razón principal para sellar las bolsas de un tamaño estándar es que la distancia entre guías depende del volumen de la bolsa, el ancho del rollo y la impresión. Además, en el caso de extrusión al producto no contar con ningún tipo de guía impresa, el operario debe sellar las bolsas con un largo aproximado según su criterio. Una

vez el producto se encuentra entubado el operario debe abrir el moderadamente el suministro de agua y encender la selladora cada vez que el producto alcance el volumen requerido. Este proceso se repite tantas bolsas de agua de 30 cm de largo se puedan sellar en la cantidad de producto entubado. Finalmente, el operario inspecciona visualmente cada una de las bolsas en busca de piteras y posteriormente las golpea contra una pared con el fin de comprobar su resistencia. Una vez terminada la inspección el operario debe romper con una cuchilla cada una de las bolsas para así retirar el agua en su interior y poder depositarlas en la basura.

Nótese que el plan de muestreo requiere que se en tengan que entubar un mínimo dos veces en caso de una inspección reducida o incluso hasta 5 veces según sea el nivel de inspección en que se encuentre. Este procedimiento debe ser realizado tantas veces como sea el tamaño del lote a inspeccionar y tantas maquinas se encuentren extruyendo material tubular. En extrusión el plan de muestreo propuesto define como el tamaño de lote a la producción mínima de rollos en cada una de las extrusoras en un turno 12 horas, mientras que en impresión está definido por la cantidad de kilogramos de producto solicitado por el cliente, elevando considerablemente el número de ensayos a realizar por un solo operario como actualmente se viene manejando en la empresa.

Teniendo en cuenta lo anterior y el estudio de realizado de las causantes principíales de los defectos tanto en impresión como en extrusión, podemos detectar que el actual procedimiento de inspección en el área de impresión además de inspeccionar que el producto no presente piteras, también se realizan pruebas de impacto en busca de detectar un defecto que no presenta orígenes en esta área. Las pruebas de impacto pretenden detectar el defecto denominado como apertura lateral, el cual consiste en que el material se

rompe con facilidad ante la presencia de un golpe, el estudio realizado permitió identificar que este defecto obedece a factores que pueden atribuirse directamente al proceso de extrusión y no a impresión. Con base en lo anterior, se propone un nuevo procedimiento de inspección aplicable exclusivamente al proceso de impresión con el objetivo de detectar de manera más eficiente las piteras en el producto y ahorrar tiempo.

Actualmente el procedimiento de inspección en extrusión o impresión tarda un tiempo aproximado de 5.5 minutos o 328.5 por cada entubada de producto y cuenta con un total de 113 actividades. A continuación, se presenta el actual diagrama bimanual del proceso de inspección de piteras en el área de impresión (*ver anexo C*).

9.3.2. PROPUESTA DE MEJORA EN PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DESTRUCTIVOS ACTUAL

El nuevo método de ensayo tiene como objetivo realizar de manera más eficiente el ensayo destructivo de inspección, atacando directamente las principales limitaciones con las que cuenta el actual método.

La primera limitante obedece a que para la realización del ensayo se requiere de un suministro constante de agua y de la maquina selladora para su ejecución. Estos recursos al no encontrarse en la cercanía del área de impresión impiden que se puedan realizar inmediatamente en la zona. Por consiguiente, el método mejorado propone que las bolsas sean llenadas con aire, en vez de agua como originalmente se realiza. Esto tiene como beneficio un ahorro en la cantidad de agua requerida por el ensayo, ya que una vez este culmina la bolsa es rota y como consecuencia el agua termina desperdiciándose. Además, al intercambiar el contenido de la bolsa por aire, es posible detectar la presencia de piteras sumergiendo la bolsa en un recipiente con agua de manera que al notar la presencia de

burbujas en esta se podrá concluir que la bolsa presenta una o más abolladuras. Este método promete ser solidario con el medio ambiente al reducir el consumo de agua de manera considerable, ya que el agua que inicialmente repose en el recipiente puede ser reutilizada para múltiples ensayos. A diferencia del método anterior, el mejorado no requiere de un suministro constante de agua, debido a que el agua puede ser trasladada al recipiente por medio de baldes, facilitando así su implementación al no ser necesario una inversión extra por parte de la empresa. Las impresoras cuentan con sistemas de inyección de aire que pueden ser utilizados por los operarios para inflar las bolsas, esto evitara que sea necesario el inflarlas directamente con la boca, ahorrado así posibles complicaciones en la salud de los operarios y facilitando además la ejecución del procedimiento al ser mucho más rápido el inflado.

La segunda limitante corresponde al tiempo requerido para la realización de las pruebas. La empresa actualmente solo dispone de un solo operario para la realización de las inspecciones y con el plan de muestreo propuesto el número inspecciones a realizar y los tamaños de muestras son aún mayores en comparación a las pruebas que venía realizando la empresa. Esto requerirá de muchísimo más tiempo por parte del practicante quien es la persona encargada para la realización de los ensayos. El nuevo método reduce el tiempo de la inspección en un 86% en comparación al método actual y el total de actividades requeridas en un 87%, es decir que anteriormente para inspeccionar una tira de bolsas de 300 cm de largo independientemente de su peso, se requerían 5 minutos con 30 segundos aproximadamente, ahora solo se requerirá 46.8 segundos.

Una vez con las dos limitantes resueltas, el nuevo procedimiento abre las posibilidades a que no necesariamente sea el auxiliar de la producción el encargado de realizar las pruebas de inspección. Es posible que dentro de las mismas actividades de los operarios de impresión y del supervisor del área, pueda incluirse la realización de estos ensayos, dando prioridad así al proceso de inspección en el área de extrusión donde si es estrictamente necesario seguir con el método actual debido a que la naturaleza del método permite identificar la presencia de piteras y aperturas en el producto, siendo estos los defectos críticos que pueden originarse durante este proceso. Además, es número de inspecciones en el área de extrusión son aún mayores que en impresión debido a que existen 11 máquinas extrusoras dedicadas exclusivamente a sacar productos tubulares, es decir que según el plan de muestreo propuesto se deben de realizar en el mejor de los casos cuando todas las maquinas se encuentren en inspección reducida un total de 21 ensayos, lo que se traduce a casi 2 horas.

Se presenta el diagrama bimanual mejorado del procedimiento de inspección en el área de impresión (*ver anexo D*), al igual que los incrementos y reducciones tanto de actividades como de tiempos entre el método actual y el mejorado (*Ver anexo E*).

10. RESULTADOS

Las devoluciones por no conformidades en productos de medida tubular actualmente han ocasionado pérdidas por ventas a la empresa de \$ 131.300.250 entre marzo y julio del presente año. Los costos asociados a un producto no conforme comprenden principalmente tres factores. El primer factor es el costo de producción, es decir los costos directos e indirectos incurridos por la empresa para la transformación del producto. El segundo es el costo de reproceso, siendo el plástico un producto reciclable es posible por medio de un proceso denominado peletizado disponer nuevamente del producto como materia prima. El tercer costo está asociado directamente al proceso devolución, ya que una vez esta se efectúa el flete debe ser cancelado por la empresa. Cabe aclarar que los dos primeros costos son indiferentes a si el producto defectuoso es detectado por el cliente o si es detectado en una inspección interna de la empresa.

Tabla N° 20 Costos de No Calidad

Costos De No calidad	
Costo de producción	\$1.563/kg
Costo de reciclaje	\$800/kg
Costo Flete	\$260/kg
Total	\$2.623/kg

A continuación, se muestran los datos de las devoluciones realizadas por clientes mes a mes desde marzo hasta Julio. Se calcula que los clientes han devuelto un total del 5.9% de todo el producto producido en los 5 meses. Además, la empresa ha incurrido en costos de no calidad evaluados en \$ 45.920.074, de los cuales el 9.91%, equivalente a \$ 4.551.742 corresponden a que el producto fue de carácter devolutivo.

Tabla N° 21. Costos de No Calidad

Mes	Producción (kg)	Cantidad de devolución	% Devolución	Perdidas en ventas	Costo por no calidad	Costo por devolución
Marzo	61593	3289,5	5,3%	\$ 24.671.250	\$ 8.628.359	\$ 723.690
Abril	49523	2265	4,6%	\$ 16.987.500	\$ 5.941.095	\$ 498.300
Mayo	61155	3986,8	6,5%	\$ 29.901.000	\$ 10.457.376	\$ 877.096
Junio	64712	4235,6	6,5%	\$ 31.767.000	\$ 11.109.979	\$ 931.832
Julio	60000	3729,8	6,2%	\$ 27.973.500	\$ 9.783.265	\$ 820.556
Total	296983	17507	5,9%	\$ 131.300.250	\$ 45.920.074	\$ 3.851.474

Para estimar el impacto económico de la implementación del plan de muestreo, se calculó un numero promedio de lotes a producir en un mes, al igual que la cantidad promedio de kilos por lote, esto con el fin de determinar la cantidad máxima de producto no conforme que la empresa está dispuesta enviar a sus clientes, teniendo en cuenta que el NAC establecido por el plan de muestreo es de un 4%.

Tabla N° 22. Devoluciones: Cantidad y Costos

Mes	Cantidad de devolución (kg)	Costo de devolución
Marzo	3289,5	\$ 723.690
Abril	2265	\$ 498.300
Mayo	3986,8	\$ 877.096
Junio	4235,6	\$ 931.832
Julio	3729,8	\$ 820.556
Promedio	3501,34	\$ 770.295

Tabla N° 23. Costos del plan de muestreo

	Plan de muestreo	Actual	Reducción
Cantidad de devolución	2367,02	3501,34	32,4%
Costo por devolución	\$ 520.745	\$ 770.295	\$ 249.550

El plan de muestreo propuesto permitirá reducir en promedio un 32,4% la cantidad de producto no conforme que es detectado por el cliente, ahorrándole en promedio a la empresa la suma \$ 249.550 mensuales, correspondientes a los fletes incurridos por las devoluciones. Esto debido a que según el NAC la empresa está dispuesta a enviar como máximo 3,248 lotes de los 81,2 que en promedio produce al mes, lo que es equivalente a un máximo de 2367,02 kilos de producto no conforme. Además, el plan evitara la pérdida potencial de clientes al disminuir la proporción de productos defectuosos que son enviados y fortalecerá la confianza de estos hacia la empresa. Es importante destacar que al tener un mayor control de los productos no conformes dentro del proceso productivo, se podrán tomar las medidas correctivas para solucionarlos y ahorrar de manera considerable los costos de no calidad asociados.

11. CONCLUSIONES

El estudio realizado en la empresa *Uniemflex S.A.S* permitió evidenciar que actualmente no existe un criterio técnico de aceptación de lotes según su nivel de calidad. Este proyecto propone esquema de muestreo que permite establecer un criterio de aceptación o rechazo de lotes de producción.

Se realizó un estudio estadístico de los defectos evidenciados en los procesos de extrusión e impresión, identificando la apertura lateral y las piteras como los defectos más frecuentes y principales causales de devoluciones de lotes de producción por parte de clientes.

Se diseñó un esquema de muestreo basado en el estándar MIL STD 105E adaptado de manera específica para cada uno de los procesos. Este esquema le permitirá a la empresa tomar muestras representativas de cada uno de los procesos con el fin de identificar mediante una prueba destructiva la presencia de los defectos críticos previamente identificados y caracterizados. Así mismo, se determinó un criterio técnico de rechazo o aceptación de lotes de acuerdo al tamaño de lote y la cantidad a inspeccionar de cada rollo.

Se estableció un Nivel de Calidad Aceptable de 0.010% para las cantidades de producto no conforme dentro de un rollo que puede ser permitido para la aceptación del mismo. En cuanto a la inspección de lotes de rollos, se definió un Nivel de Calidad Aceptable de 4% con el cual se establecieron la cantidad de rollos no conformes permisibles para aceptar el lote, al igual que el número de rollos no conformes a partir del cual el lote debe ser rechazado.

Debido a que este nuevo esquema supone un reto en cuanto a los recursos necesarios para su implementación debido a la cantidad de ensayos a realizar diariamente, se analizó el proceso de inspección para reevaluar la manera en la que actualmente se realizan los ensayos destructivos en la empresa. Con este objetivo presente, se realizó un estudio de tiempos a través de un diagrama bimanual del proceso actual a fin de conocer el tiempo estimado que demora inspeccionar la presencia de defectos críticos en una tira de bolsas de 3 metros. Posteriormente se propuso un nuevo procedimiento de inspección que además de representar una reducción en cuanto al consumo de agua y luz al no requerir de ninguna fuente directa de estos servicios, genera una reducción en el tiempo de operación de un 86% en comparación al método actual y una reducción en cuanto actividades realizadas de un 87%.

El poder identificar y retirar lotes no conformes del proceso productivo sin duda alguna contribuye a que disminuya el número de devoluciones por no conformidades realizadas por clientes, no obstante, esto no impide que los defectos que sigan presentando en los procesos productivos.

Los diagramas de causa y efecto realizado para cada uno de los defectos críticos caracterizados permitieron encontrar las causas raíces del problema clasificándolos así en cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales giran los posibles causales de la no conformidad. Este análisis permite el planteamiento de acciones correctivas y preventivas en los procesos, con el objetivo atacar las fuentes principales y causales asociadas a cada uno de los defectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aslam, Muhammad et al. (2015). Design of SkSP-R Variables Sampling Plans. *Revista Colombiana de Estadística*, 38(2), 413-429.
<http://dx.doi.org/10.15446/rce.v38n2.51669>
- Barbosa, C. R. (2016). *Monitoreo y análisis estadístico de proceso con aplicaciones*.
Recuperado de: <https://ezproxy.uninorte.edu.co:2113>
- Barbosa, R. & Galindo, G. (2014). Analysis of csp-1 under infallible and fallible inspection systems. *Revista Scielo*. 81(183), 188-198.
<https://doi.org/10.15446/dyna.v81n183.37710>.
- Barrios, S., (2013). *Costos de Calidad y Costos de No Calidad, Una Decisión de Mercado*.
Revista Técnica Administrativa, Vol. 12.
- Caicedo Solano, N. E., & Mahecha Bernal, L. J. (2015). Método de evaluación de las reglas de cambio entre planes de inspección normal y reducida con base en tablas Military Standard 105e. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 23(1), 98–106.
- Camisón, C., (2006). *Gestión de la Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas*.
Madrid, España: Pearson Education.
- Chauvet, S., Palacios, A., & Guzmán, C., (Agosto de 2002). *El Enfoque de los Costos de la No Calidad*. Simposio llevado a cabo en Congreso Regional de Ciencia y Tecnología NOA, Tucumán, Argentina.
- García P., M., Quispe A., C., & Ruez G., L. (2014). Costo de la calidad y la mala calidad. *Industrial Data*, 5(1), 15-21. <https://doi.org/10.15381/idata.v5i1.6685>
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). *Muestreo de aceptación*. *Control estadístico de la calidad y seis sigma* (3rd ed., pp. 302-337). México: Mc Graw Hill.

- Hansen, B. L., & Ghare, P. M. (1989). Control de calidad: Teoría y aplicaciones.
Recuperado de: <https://ezproxy.uninorte.edu.co:2113>
- LYONNET, Patrick (1989). Dominio del proceso de fabricación. En: Los métodos de la calidad total. 1 Ed. Madrid: Servicios integrales de edición, 1989. (pp. 73-104).
- Mehat, N.M. & Kamaruddin, S. (2012). Quality control and design optimisation of plastic product using Taguchi method: a comprehensive review. *International Journal of Plastics Technology*. 16(2), 194-209.
- Montgomery D.C. (2003). El mejoramiento de calidad en el ambiente moderno de los negocios. *Control Estadístico de la Calidad*. P.p. 2-34.
- Montgomery, D. (2004). Muestreo de aceptación lote por lote para atributos. *Control estadístico de la calidad*, 3rd ed., pp. 675-719. México: Limusa.
- Montgomery, D. (2004). Otras técnicas de muestreo de aceptación. *Control estadístico de la calidad*, 3rd ed., pp. 722-745. México: Limusa.
- Sansalvador, M. (2000). La valoración de las quejas como aproximación al coste de la calidad. *Revista española de financiación y contabilidad*. 29(104), 293-320.
Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/28216176_La_valoracion_de_las_quejas_como_aproximacion_al_coste_total_de_la_calidad
- Shanahan, C et al. (2019). A framework for beef traceability from farm to slaughter using global standards: An Irish perspective. *Computers and Electronics in Agriculture*, 66(1), 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.12.002>
- Sherman, R (1965). Design and Evaluation of a Repetitive Group Sampling Plan. *Technometrics*, 7(1), 11-21.

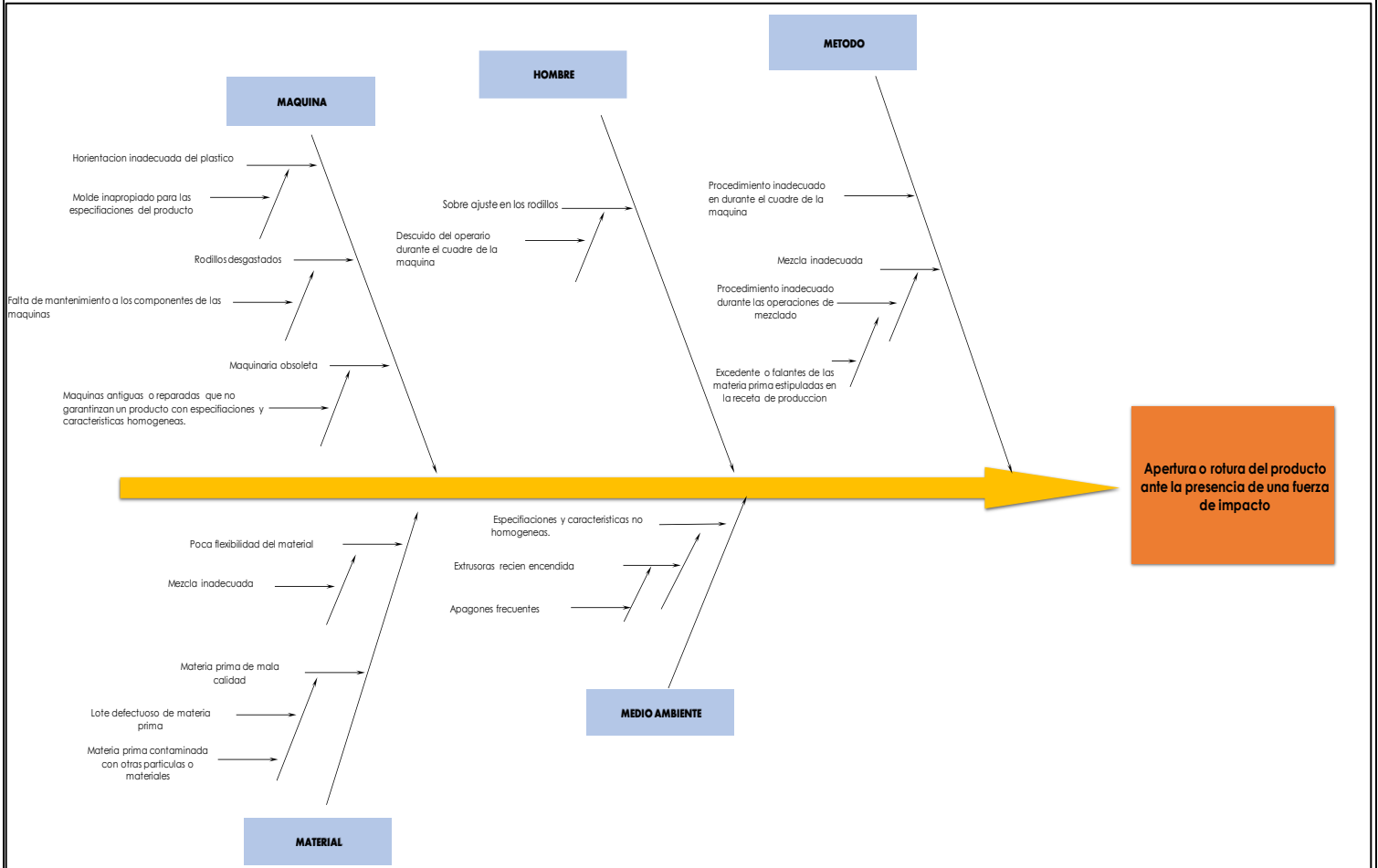
- Sierra, N., Plazas, C., Guillén, L., & Rodríguez, P. (2010). Protocolo para el control de calidad de envases de plástico, utilizados en la industria farmacéutica, de cosméticos y de alimentos. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, 39(2), 149-167. Recuperado de:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74182010000200004&lng=en&tlng=es.
- Stephan, F (1950). Sampling. *American Journal of Sociology*, 55(4), 371-375.
- United States Department of Defense (1957). Sampling Procedures and Tables for inspection by Attributes for percent defective. Recuperado de:
http://www.barringer1.com/mil_files/MIL-STD-414.pdf
- United States Department of Defense (1989). Sampling Procedures and Tables for inspection by Attributes for percent defective. Recuperado de:
<https://variation.com/wp-content/uploads/standards/mil-std-105e.pdf>
- Vivas, L., & Notz, A. (2009). Plan de muestreo secuencial de oebalus insularis stal (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz en calabozo estado guárico, Venezuela. *Dialnet plus*, 9(4), 857-872.
- Von Collani, E. (1988). Economic Product Control by Routine Testing of Small Samples. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*, 37(3), 333-341
- Wiesen, J.M (1990). Muestreo por Atributos. En J.M. Juran, F.M. Gryna, R.S. Bingham. (Eds.), *Manual de control de calidad* (pp. 749-786). Barcelona, España: Editorial Reverté S.A.
- Wilkinson, L. (2006). Revising the Pareto Chart. *The American Statistician*, 60(4), 332-334.

Yu, H., Yu, W., & Wu, W.P. (2009). A mixed inspection policy for CSP-1 and precise inspection under inspection errors and return cost. *Computers & Industrial Engineering*, 57, 652-659.

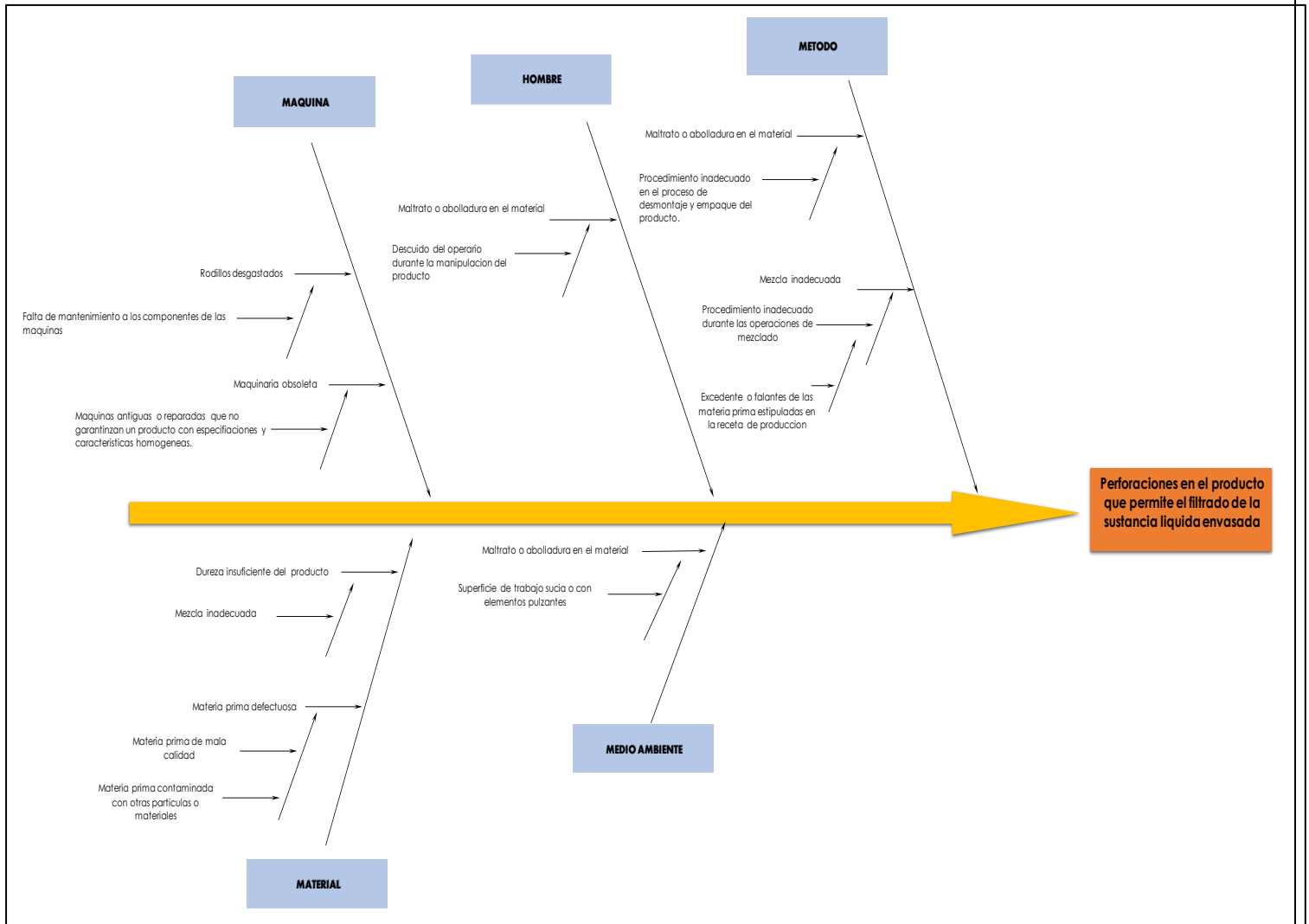
Zhang, Y., Song, X., & Gong, D. (2017). A return-cost-based binary firefly algorithm for feature selection. *Inf. Sci.*, 418, 561-574.

ANEXOS














ANEXO A (Diagrama Causa-Efecto de Apertura Lateral en extrusión)



ANEXO B (Diagrama de Causa-Efecto de Piteras en Impresión)




ANEXO C (Diagrama bimanual actual del proceso de inspección)

DIAGRAMA BIMANUAL						DISEÑO DEL PRODUCTO							
PROCESO DE INSPECCION DE PITERAS EN ZONA DE IMPRESIÓN		SIMBOLOGIA		IZQUIERDA		DERECHA							
Fecha: 28/10/2019		ACTIVIDAD		Oper.	Tie.	Oper.	Tie.						
Operación inicia: Con los elementos en la mesa	Metodo: Actual		Operación	33	101,1	92	190,6						
			Transporte	1	2,9	1	2,9						
			Espera	30	60	20	135						
Producto: Bolsa para envase de líquidos			Sostener	49	164,5	0	0						
Elaborado por: Ariza, Ferro, Torres		TOTALES		113	328,5	113	328,5						
Tamaño de lote: 10													
NUMERO	DESCRIPCION DE MOVIMIENTOS MANO IZQUIERDA	SEGUNDO S	MANO IZQUIERDA				MANO DERECHA				NUMERO	DESCRIPCION DE MOVIMIENTOS MANO DERECHA	SEGUNDO S
													
1	Tomar bolsas de la mesa	0,1								1	Tomar bolsas de la mesa	0,1	
2	Mover tira de bolsas a selladora	2,9								2	Mover tira de bolsas a selladora	2,9	
3	Introducir bolsas en tubo plastico	9								3	Introducir bolsas en tubo plastico	9	
4	Sostener bolsa	1,5								4	Abrir llave del agua	1,5	
5	Sostener bolsa	8								5	Esperar llenado de bolsa	8	
6	Jalar bolsa	1								6	Encender selladora	1	
7	Sostener bolsa	5,5								7	Esperar sellado de bolsa	5,5	
8	Sostener bolsa	1								8	Apagar selladora	1	
9	Esperar a retirar bolsa	2								9	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2	
10	Sostener bolsa	1								10	Jalar bolsa	1	
11	Sostener bolsa	8								11	Esperar llenado de bolsa	8	
12	Sostener bolsa	1								12	Encender selladora	1	
13	Sostener bolsa	5,5								13	Esperar sellado de bolsa	5,5	
14	Sostener bolsa	1								14	Apagar selladora	1	
15	Esperar a retirar bolsa	2								15	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2	
16	Sostener bolsa	1								16	Jalar bolsa	1	
17	Sostener bolsa	8								17	Esperar llenado de bolsa	8	
18	Sostener bolsa	1								18	Encender selladora	1	
19	Sostener bolsa	5,5								19	Esperar sellado de bolsa	5,5	
20	Sostener bolsa	1								20	Apagar selladora	1	
21	Esperar retirar bolsa	2								21	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2	
22	Sostener bolsa	1								22	Jalar bolsa	1	
23	Sostener bolsa	8								23	Esperar llenado de bolsa	8	
24	Sostener bolsa	1								24	Encender selladora	1	
25	Sostener bolsa	5,5								25	Esperar sellado de bolsa	5,5	
26	Sostener bolsa	1								26	Apagar selladora	1	
27	Esperar a retirar bolsa	2								27	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2	
28	Sostener bolsa	1								28	Jalar bolsa	1	
29	Sostener bolsa	8								29	Esperar llenado de bolsa	8	
30	Sostener bolsa	1								30	Encender selladora	1	
31	Sostener bolsa	5,5								31	Esperar sellado de bolsa	5,5	
32	Sostener bolsa	1								32	Apagar selladora	1	
33	Esperar a retirar bolsa	2								33	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2	
34	Sostener bolsa	1								34	Jalar bolsa	1	
35	Sostener bolsa	8								35	Esperar llenado de bolsa	8	
36	Sostener bolsa	1								36	Encender selladora	1	
37	Sostener bolsa	5,5								37	Esperar sellado de bolsa	5,5	
38	Sostener bolsa	1								38	Apagar selladora	1	
39	Esperar a retirar bolsa	2								39	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2	
40	Sostener bolsa	1								40	Jalar bolsa	1	
41	Sostener bolsa	8								41	Esperar llenado de bolsa	8	
42	Sostener bolsa	1								42	Encender selladora	1	
43	Sostener bolsa	5,5								43	Esperar sellado de bolsa	5,5	
44	Sostener bolsa	1								44	Apagar selladora	1	
45	Esperar a retirar bolsa	2								45	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2	
46	Sostener bolsa	1								46	Jalar bolsa	1	
47	Sostener bolsa	8								47	Esperar llenado de bolsa	8	
48	Sostener bolsa	1								48	Encender selladora	1	
49	Sostener bolsa	5,5								49	Esperar sellado de bolsa	5,5	

Continúa...

50	Sostener bolsa	1										50	Apagar selladora	1
51	Esperar a retirar bolsa	2										51	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2
52	Sostener bolsa	1										52	Jalar bolsa	1
53	Sostener bolsa	8										53	Esperar llenado de bolsa	8
54	Sostener bolsa	1										54	Encender selladora	1
55	Sostener bolsa	5,5										55	Esperar sellado de bolsa	5,5
56	Sostener bolsa	1										56	Apagar selladora	1
57	Esperar a retirar bolsa	2										57	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2
58	Sostener bolsa	1										58	Jalar bolsa	1
59	Sostener bolsa	8										59	Esperar llenado de bolsa	8
60	Sostener bolsa	1										60	Encender selladora	1
61	Sostener bolsa	5,5										61	Esperar sellado de bolsa	5,5
62	Sostener bolsa	1										62	Apagar selladora	1
63	Esperar a retirar bolsa	2										63	Retirar bolsa y lanzar a la mesa	2
64	Tomar bolsa de la mesa	0,1										64	tomar bolsa de la mesa	0,1
65	Presionar bolsa	7										65	Presionar bolsa	7
66	Sostener bolsa	1										66	Tomar cuchilla	1
67	Sostener bolsa	3										67	Cortar bolsa	3
68	Tirar en la basura	2										68	Tirar en la basura	2
69	Tomar bolsa de la mesa	0,1										69	tomar bolsa de la mesa	0,1
70	Presionar bolsa	7										70	Presionar bolsa	7
71	Sostener bolsa	1										71	Tomar cuchilla	1
72	Sostener bolsa	3										72	Cortar bolsa	3
73	Tirar en la basura	2										73	Tirar en la basura	2
74	Tomar bolsa de la mesa	0,1										74	tomar bolsa de la mesa	0,1
75	Presionar bolsa	7										75	Presionar bolsa	7
76	Sostener bolsa	1										76	Tomar cuchilla	1
77	Sostener bolsa	3										77	Cortar bolsa	3
78	Tirar en la basura	2										78	Tirar en la basura	2
79	Tomar bolsa de la mesa	0,1										79	tomar bolsa de la mesa	0,1
80	Presionar bolsa	7										80	Presionar bolsa	7
81	Sostener bolsa	1										81	Tomar cuchilla	1
82	Sostener bolsa	3										82	Cortar bolsa	3
83	Tirar en la basura	2										83	Tirar en la basura	2
84	Tomar bolsa de la mesa	0,1										84	tomar bolsa de la mesa	0,1
85	Presionar bolsa	7										85	Presionar bolsa	7
86	Sostener bolsa	1										86	Tomar cuchilla	1
87	Sostener bolsa	3										87	Cortar bolsa	3
88	Tirar en la basura	2										88	Tirar en la basura	2
89	Tomar bolsa de la mesa	0,1										89	tomar bolsa de la mesa	0,1
90	Presionar bolsa	7										90	Presionar bolsa	7
91	Sostener bolsa	1										91	Tomar cuchilla	1
92	Sostener bolsa	3										92	Cortar bolsa	3
93	Tirar en la basura	2										93	Tirar en la basura	2
94	Tomar bolsa de la mesa	0,1										94	tomar bolsa de la mesa	0,1
95	Presionar bolsa	7										95	Presionar bolsa	7
96	Sostener bolsa	1										96	Tomar cuchilla	1
97	Sostener bolsa	3										97	Cortar bolsa	3
98	Tirar en la basura	2										98	Tirar en la basura	2
99	Tomar bolsa de la mesa	0,1										99	tomar bolsa de la mesa	0,1
100	Presionar bolsa	7										100	Presionar bolsa	7
101	Sostener bolsa	1										101	Tomar cuchilla	1
102	Sostener bolsa	3										102	Cortar bolsa	3
103	Tirar en la basura	2										103	Tirar en la basura	2
104	Tomar bolsa de la mesa	0,1										104	tomar bolsa de la mesa	0,1
105	Presionar bolsa	7										105	Presionar bolsa	7
106	Sostener bolsa	1										106	Tomar cuchilla	1
107	Sostener bolsa	3										107	Cortar bolsa	3
108	Tirar en la basura	2										108	Tirar en la basura	2
109	Tomar bolsa de la mesa	0,1										109	tomar bolsa de la mesa	0,1
110	Presionar bolsa	7										110	Presionar bolsa	7
111	Sostener bolsa	1										111	Tomar cuchilla	1
112	Sostener bolsa	3										112	Cortar bolsa	3
113	Tirar en la basura	2										113	Tirar en la basura	2

ANEXO D (Diagrama bimanual mejorado)

DIAGRAMA BIMANUAL						DISEÑO DEL PRODUCTO			
PROCESO DE INSPECCION DE PITERAS EN ZONA DE IMPRESION		SIMBOLOGIA		IZQUIERDA		DERECHA			
Fecha: 28/10/2019		ACTIVIDAD		Oper.	Tie.	Oper.	Tie.		
Operación inicia: Con los elementos en la mesa		●	Operación	9	15,6	12	17,8		
Metodo: Mejorado		➡	Transporte	1	6	1	6		
Producto: Tira de bolsas para envase liquido		◐	Espera	1	20	1	20		
Elaborado por: Ferro, Ariza, Torres		▼	Sostener	4	5,2	1	3		
Tamaño de lote: 10		TOTALES		15	46,8	15	46,8		

NUMERO	DESCRIPCION DE MOVIMIENTOS MANO IZQUIERDA	SEGUNDOS	MANO IZQUIERDA				MANO DERECHA				NUMERO	DESCRIPCION DE MOVIMIENTOS MANO DERECHA	SEGUNDOS
			●	➡	◐	▼	●	➡	◐	▼			
1	Tomar tira de bolsas	0,1	●				●				1	Tomar tira de bolsas	0,1
2	Realizar nudo en extremo de la tira	4	●				●				2	Realizar nudo en extremo de la tira	4
3	Abrir la tira por el extremo opuesto	0,3	●				●				3	Abrir la tira por el extremo opuesto	0,3
4	Sostener tira de bolsas	1									4	Tomar pistola de aire	1
5	Sostener tira de bolsas	0,2									5	Accionar pistola de aire	0,2
6	Sostener tira de bolsas	3									6	Sostener pistola de aire	3
7	Presionar tira de bolsas	0,2	●				●				7	Apagar pistola de aire	0,2
8	Presionar tira de bolsas	1	●				●				8	Soltar pistola de aire	1
9	Girar extremo sin nudo en sentido antihorario	4	●				●				9	Girar extremo sin nudo en sentido horario	4
10	Movilizar tira a tanque de agua	6	●				●				10	Movilizar tira a tanque de agua	6
11	Sumergir tira en agua	2	●				●				11	Sumergir tira en agua	2
12	Esperar a terminar inspeccion	20									12	Esperar a terminar inspeccion	20
13	Sacar tira del agua	2	●				●				13	Sacar tira del agua	2
14	Sostener tira	1									14	Liberar extremo sin nudo	1
15	Depositar en la basura	2	●				●				15	Depositar en la basura	2

ANEXO E (Tablas de resultados)

		Actual	Propuesto	Economía
SIMBOLOGIA		IZQUIERDA		
ACTIVIDAD	Operaciones	Operaciones	%	
●	Operación	33	9	73%
➡	Transporte	1	1	0%
◐	Espera	30	1	97%
▼	Sostener	49	4	92%
TOTALES		113	15	87%

		Actual	Propuesto	Economía
		DERECHA		
Operaciones	Operaciones	%		
	92	12	87%	
	1	1	0%	
	20	1	95%	
	0	1	-100%	
	113	15	87%	

		Actual	Propuesto	Economía
SIMBOLOGIA		IZQUIERDA		
ACTIVIDAD	Tiempo (seg)	Tiempo (seg)	%	
●	Operación	101,1	15,6	85%
➡	Transporte	2,9	6	-107%
◐	Espera	60	20	67%
▼	Sostener	164,5	5,2	97%
TOTALES		328,5	46,8	86%

		Actual	Propuesto	Economía
		DERECHA		
Tiempo (seg)	Tiempo (seg)	%		
	190,6	17,8	91%	
	2,9	6	-107%	
	135	20	85%	
	0	3	-100%	
	328,5	46,8	86%	