

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño de un sistema de calibración para etiquetado"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Daniel Francisco Pereira Robles

Víctor Isaías Quizhpi Supacela

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres y a nuestro tutor por todo el apoyo.

Daniel Pereira, Víctor Quizhpi

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Daniel Francisco Pereira Robles

Víctor Isaías Quizhpi Supacela

Ing. Edwin Orlando Desintonio León

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Daniel Francisco

Pereira Robles

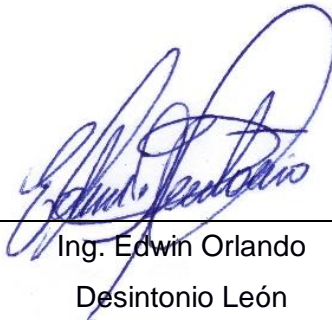
Autor 1



Víctor Isaías

Quizhpi Supacela

Autor 2



Ing. Edwin Orlando

Desintonio León

TUTOR DE MATERIA

INTEGRADORA

RESUMEN

En el presente proyecto se expuso el diseño de un sistema de calibración de la máquina de etiquetado #2, enfocado en la reducción de la variabilidad del tiempo de calibración. Se presentaron datos históricos referente a los paros no programados, específicamente en el proceso de etiquetado adhesivo, encontrando que el 80% de estos se debe al tiempo de calibración inicial. Apoyado en esto junto con el personal de planta, técnicos y gerencia se analizaron las causas asociadas al problema. Luego de filtrar y verificar las causas potenciales, se determinaron las causas raíces por medio de entrevistas y observaciones. A través de una reunión con el personal técnico y de mantenimiento se propuso un diseño experimental para determinar la posición óptima de los sensores de la máquina en la que la etiqueta esté dentro de los rangos de tolerancia propuestos por la empresa. Determinando esta posición, se realizó una gráfica de control U para determinar que el proceso quede bajo control, obteniendo una disminución del 45% en el tiempo de calibración de ajuste y un 73% en su desviación estándar.

Palabras Clave: Diseño experimental, variabilidad, tiempo de calibración de ajuste.

ABSTRACT

In the present project was presented the design of a calibration system of the labeling machine # 2, focused on reducing the variability of the calibration time. Historical data was presented concerning unscheduled shutdowns, specifically in the adhesive labeling process, finding that 80% of these are due to the initial calibration time. Supported in this and with the personnel of plant, technicians and management, the causes associated with the problem were analyzed. After filtering and verifying the potential causes, root causes were determined through interviews and observations. By a meeting with the technical and maintenance personnel, a design of experiments was proposed to determine the optimal position of the sensors of the machine in which the label is within the tolerance ranges proposed by the company. By determining this position, a control chart U was made to determine that the process is under control, obtaining a 45% decrease in adjustment calibration time and 73% in its standard deviation.

Keywords: Design of experiments, variability, adjustment calibration time.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1	11
1. Introducción	11
1.1 Definición del problema	12
1.2 Variable de interés.....	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Plan de trabajo	13
1.5 Marco teórico.....	15
CAPÍTULO 2	18
2. Metodología.....	18
2.1 Definir.....	19
2.1.1 Recolección inicial de datos	19
2.1.2 Planteamiento del problema.....	22
2.2 Medir	23
2.2.1 Definición de condiciones operacionales básicas.....	24
2.2.2 Identificación de factores y niveles iniciales	25

2.2.3	Recolección de datos	27
2.2.4	Elaboración de diseño experimental inicial.....	36
2.3	Analizar	39
2.3.1	Generación de causas potenciales	39
2.3.2	Priorización de causas	42
2.3.3	Verificación de causas	43
2.3.4	Determinación de causa raíz.....	45
2.4	Implementar	46
2.4.1	Generación de soluciones.....	46
2.4.2	Priorización de soluciones.....	47
2.4.3	Plan de implementación	50
2.4.4	Implementación de soluciones	53
2.5	Controlar.....	57
2.5.1	Corrida verificadora.....	57
2.5.2	Elaboración de gráfica de control U final	57
CAPÍTULO 3		60
3.	Resultados.....	60
3.1	Tiempos de calibración de ajuste	60
3.2	Análisis financiero.....	62
CAPÍTULO 4		64
4.	Discusión	64
4.1	Conclusiones	64
4.2	Recomendaciones.....	65
BIBLIOGRAFÍA		66
APÉNDICES.....		68
APÉNDICE A: Data recolectada		69

APÉNDICE B: Análisis y cálculos	98
APÉNDICE C: Planos.....	120

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASQ	American Society for Quality
MPS	Master Production Schedule
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
VOC	Voice Of Customer
CTQ	Critical To Quality
SIPOC	Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer Diagram
5W-2H	What, Why, Where, Who, When, How, How much
MP	Materia Prima
COD	Codificador
R&R	Repetibilidad & Reproducibilidad
DOE	Design Of Experiments
ANOVA	Analysis Of Variance
UCL	Upper Control Level
LCL	Lower Control Level
WIP	Work In Progress
VPN	Valor Presente Neto

SIMBOLOGÍA

g	Gramo
t	Tiempo
min	Minutos
mm	Milímetros
cm	Centímetros
y's	VARIABLES DE RESPUESTA
x's	Factores
Hz	Hertz
α	Nivel de significancia
β	Error tipo II
ρ	Coeficiente de correlación
n	Tamaño de muestra
\bar{x}	Media muestral
μ	Media poblacional
s	Desviación estándar
σ^2	Varianza
RJ	Coeficiente Ryan-Joiner
u	No conformidades por unidad
c	Cuenta de no conformidades

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de flujo del proceso de producción de yogur	11
Figura 1.2 Máquinas etiquetadoras 1, 2 y 3	12
Figura 2.1 Diagrama de Pareto de motivos de paradas	19
Figura 2.2 Tiempos de paradas no programadas	20
Figura 2.3 Árbol de requerimiento del cliente.....	21
Figura 2.4 Partes de la máquina etiquetadora #2	24
Figura 2.5 Mejoras previas de sensores A, B, C, D, E y F	24
Figura 2.6 Calibrador Vernier digital	27
Figura 2.7 Especificaciones técnicas de calibrador Vernier digital	27
Figura 2.8 Instrumento de medición de desplazamiento horizontal.....	28
Figura 2.9 Instrumento de medición del estado de etiqueta.....	29
Figura 2.10 Correlación entre etiqueta y contra-etiqueta	30
Figura 2.11 Tamaño de muestra para tiempos de calibración de ajuste	31
Figura 2.12 Tamaño de muestra para desplazamiento de etiqueta	32
Figura 2.13 Tamaño de muestra para desplazamiento de contra-etiqueta	33
Figura 2.14 Distribución de tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales ...	34
Figura 2.15 Muestras aleatorias de presentación de 185 g.....	35
Figura 2.16 Gráfica de control U.....	38
Figura 2.17 Taller de lluvia de ideas de causas potenciales	40
Figura 2.18 Lluvia de ideas de causas potenciales.....	40
Figura 2.19 Matriz de priorización de causas potenciales.....	42
Figura 2.20 Lluvia de ideas de posibles soluciones	46
Figura 2.21 Matriz de priorización de posibles soluciones	50
Figura 2.22 Brocha libre de residuos de goma	53
Figura 2.23 Guillotina para cortar fibra óptica	54
Figura 2.24 Sensores transmisores y receptores paralelos	55
Figura 2.25 Diagrama general del diseño experimental.....	55
Figura 2.26 Gráfica de control U final	58
Figura 2.27 Pomos con defectos	58
Figura 3.1 Comparación de tiempos calibración de ajuste.....	60

Figura 3.2 Comparación de medias de tiempos de calibración de ajuste.....	61
Figura 3.3 Comparación de desviación estándar de calibración de ajuste.....	61
Figura 3.4 Diagrama de flujo de efectivo	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Plan de trabajo.....	14
Tabla 2.1 Metodología DMAIC aplicada	18
Tabla 2.2 Herramienta VOC resumida por segmento	21
Tabla 2.3 Diagrama SIPOC del proceso de etiquetado	22
Tabla 2.4 Condiciones básicas operacionales	25
Tabla 2.5 Factores y niveles iniciales	26
Tabla 2.6 Coeficientes de correlación entre etiqueta y contra-etiqueta.....	31
Tabla 2.7 Resultados de estudio R&R	36
Tabla 2.8 Valores p de fuentes de diseños experimentales 1 y 2	37
Tabla 2.9 Poder de explicación de diseños experimentales 1 y 2.....	37
Tabla 2.10 Niveles óptimos de diseños experimentales 1 y 2.....	38
Tabla 2.11 Diagrama de afinidad de causas potenciales	41
Tabla 2.12 Verificación de causas potenciales	43
Tabla 2.13 Coeficientes de correlación entre diámetro y etiqueta.....	44
Tabla 2.14 Resumen de verificación de causas potenciales	44
Tabla 2.15 Resumen de causa raíz de causas verificadas	45
Tabla 2.16 Posibles soluciones	47
Tabla 2.17 Matriz de decisión de posibles soluciones de causa 2.4	48
Tabla 2.18 Matriz de decisión de posibles soluciones de causa 4.3	49
Tabla 2.19 Plan de implementación de causa potencial 2.4	51
Tabla 2.20 Plan de implementación de causa potencial 4.3	52
Tabla 2.21 Poder de explicación de diseños experimentales finales 1 y 2.....	56
Tabla 2.22 Niveles óptimos de diseños experimentales finales 1 y 2.....	56

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La empresa Vaquita se encarga de producir distintos sabores de yogur en diferentes presentaciones, a su vez produce también yogur con cereales, mantequilla, chocolate y leche.

La planta cuenta con distintas áreas, tales como el área administrativa, área operativa, producción, mantenimiento, bodegas de materia prima y área de producto terminado. La producción se maneja mediante una orden de producción que se realiza semanalmente con la ayuda de un MPS. Como se muestra en la Figura 1.1 el proceso de producción se lo puede dividir en 3 etapas claves: El tratamiento de la leche, el etiquetado y el envasado.

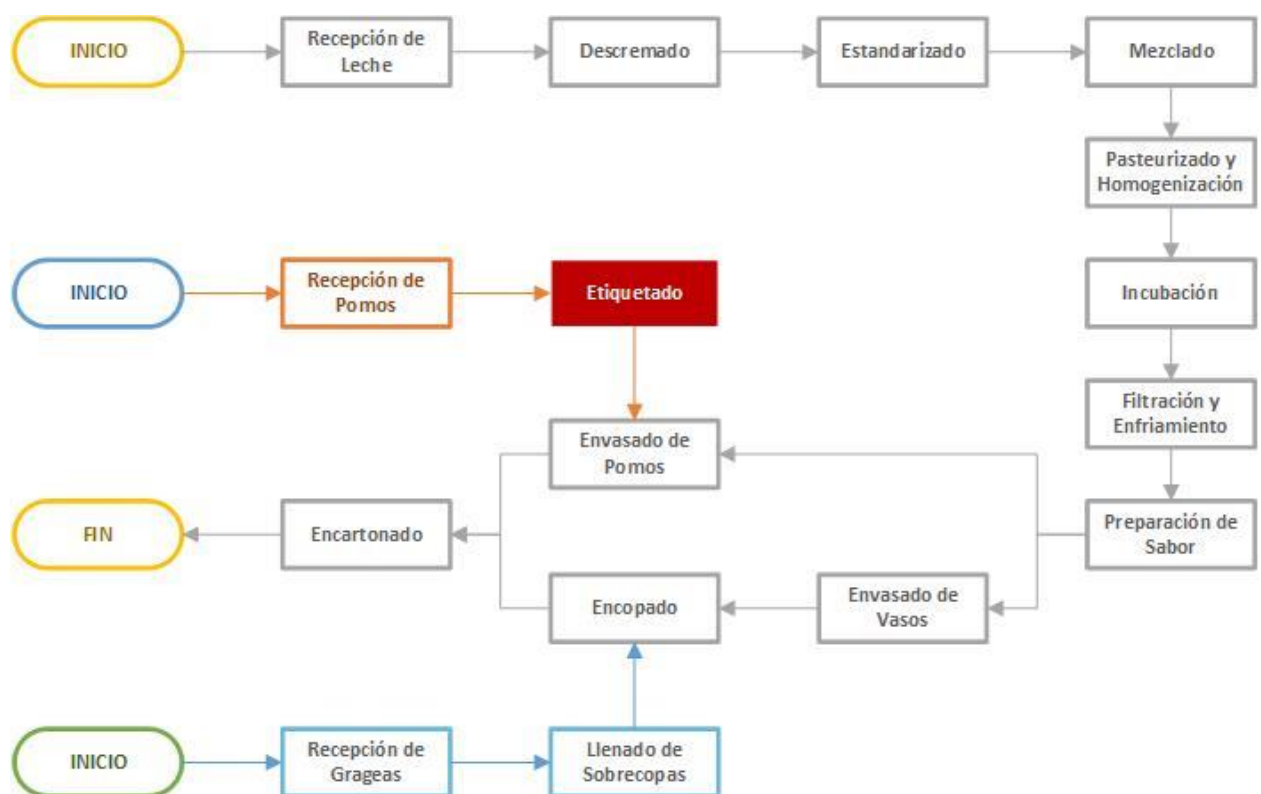


Figura 1.1 Diagrama de flujo del proceso de producción de yogur

Fuente: Ayala, 2017.

Elaboración propia

Dentro del proceso de etiquetado existen 2 tipos de etiquetas: autoadhesivas y termo-encogibles. Las etiquetas autoadhesivas se trabajan en 3 máquinas como se muestra en la Figura 1.2, mientras que las etiquetas termo-encogibles solo se trabajan en 1. Actualmente, en el proceso de etiquetado autoadhesivo, trabajan de 4 a 6 personas durante 1 turno; sin embargo, solamente están en funcionamiento la máquina 2 y 3.



Figura 1.2 Máquinas etiquetadoras 1, 2 y 3

Fuente: Pereira,2017

La máquina 3 se encarga de etiquetar los envases de las presentaciones de 950 g, 1750 g, granizado y bebible, mientras que la máquina 2 solo se encarga de las presentaciones de 185 g.

1.1 Definición del problema

Desde enero del 2017, el tiempo de calibración de la máquina de etiquetado #2 ha fluctuado entre 3 y 35 minutos durante el etiquetado de las presentaciones de 185 g; sin embargo, la empresa espera tener un tiempo de calibración máximo de 24 minutos.

En la sección de metodología se describen las herramientas utilizadas para llegar a la definición del problema.

1.2 Variable de interés

Tiempo de calibración de ajuste: Es el tiempo, medido en minutos, que le toma al operario mover los sensores y manivelas hasta que la etiqueta y la contra-etiqueta del envase quede cuadrada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de calibración basado en la filosofía Poka Yoke para reducir los tiempos de calibración de ajuste en la máquina de etiquetado #2.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las causas de los paros no programados en la máquina de etiquetado #2.
- Reducir en un 20% la desviación estándar de los tiempos de calibración de ajuste en la máquina de etiquetado #2.
- Desarrollar un diseño experimental para determinar la posición óptima de cada sensor de la máquina #2 para que las etiquetas y contra-etiquetas de los envases de 185 g salgan cuadradas.

1.4 Plan de trabajo

El plan de trabajo se encuentra definido para 18 semanas y clasificado en 5 fases con la facilidad de cumplir con los objetivos del proyecto, detallado a continuación en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Plan de trabajo

Responsables		Plan de Trabajo																	
Daniel Pereira, Víctor Quizhpi		Semanas																	
Fase	Acción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Definición del problema	■	■	■															
2	Recolección de datos				■	■	■												
3	Análisis de datos							■	■	■									
4	Generación de soluciones										■	■	■	■	■				
5	Implementación y evaluación															■	■	■	■

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

1.5 Marco teórico

Metodología DMAIC

Es una herramienta que sigue la metodología Six Sigma, que busca la mejora continua de un proceso de una manera sistemática dividida en 5 etapas:

Definir: En esta fase se define la problemática a tratar tomando en cuenta los requerimientos y expectativas del cliente para determinar el alcance del proyecto. (Dale, 2009)

Medir: En esta fase se mide el desempeño de los requerimientos del cliente determinados en la fase anterior, para luego diseñar un plan de recolección de datos para comparar los resultados actuales con lo que el cliente desea, teniendo una idea de lo que se quiere mejorar.

Analizar: En esta fase se analiza la data recolectada en la fase anterior, para determinar causas potenciales de la problemática, luego se filtran estas causas de acuerdo a la importancia para el requerimiento del cliente.

Mejorar: En esta fase se generan las soluciones que ataquen a la causa raíz priorizándolas también de acuerdo a la importancia para el cliente.

Controlar: En esta última fase se validan los resultados de las soluciones implementadas, y se establecen controles para que el proceso o proyecto sea sustentable en el tiempo.

Principio de Pareto

Conocido también por la regla del 80 – 20, se centra en analizar la minoría de causas o factores que desencadenen el mayor efecto deseado. En control estadístico se el diagrama de Pareto como una herramienta gráfica que muestra, en orden ascendente y mediante un gráfico de barras, usualmente las causas asociadas a un problema específico. Básicamente “se refiere a que

la mayoría de la variabilidad observada se debe a unos pocos de los efectos posibles.” (Humberto & Román, 2008, pág. 153)

Diagrama SIPOC

Es una herramienta que se utiliza para representar de manera gráfica los elementos que se consideran relevantes en un proyecto de mejora de proceso. Los elementos a considerar se dividen en Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Consumidores (Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Customers). (Douglas, 2009, pág. 49)

VOC

Es una técnica basada en identificar a los clientes, tanto los externos como los internos al proceso o sistema identificando sus necesidades. Esto se puede determinar por medio de grupos focales, entrevistas, encuestas, etc. El propósito del VOC es trasladar las quejas o comentarios de los clientes en necesidades o requerimientos medibles. (Douglas, 2009, pág. 17)

Visita gemba

La visita gemba es similar al VOC, sin embargo, esta se enfoca más en escuchar y observar al cliente al momento de realizar la acción de interés. A su vez es una forma de determinar y validar información recogida del VOC. (Mazur, 2017)

Lluvia de ideas

Es una herramienta de trabajo grupal que sirve para obtener ideas asociadas a una problemática u objetivo. La característica de esta herramienta es generar un ambiente fluido en donde surjan todo tipo de ideas, evitando debates y promoviendo creatividad y espontaneidad. (Alan, John, & Nancy, 2017)

Matriz de priorización

Es una técnica de clasificación que permite la evaluación ya sea de proyectos potenciales, problemas, causas, soluciones o alternativas basado en criterios específicos ponderados. Los criterios de evaluación de la matriz suelen estar relacionados con dimensiones de la calidad. (McCain, 2017)

5 Por qué's

Es una técnica que se basa en realizar preguntas relacionadas con las causas asignables a un problema en particular. Aun cuando el nombre de la técnica es 5 por qué's, este número no es fijo sino sugiere realizar varias preguntas hasta llegar a la causa raíz del problema. (Nelsen, 2017)

Estudio R&R

Los estudios R&R analizan la variación producida por las mediciones realizadas en una misma "calibración", esto se considera la repetibilidad; a su vez también mide la variación de las mediciones realizadas por el operador, considerado como reproducibilidad.

Diseño experimental

Los modelos utilizados en un diseño experimental son modelos estadísticos clásicos que sirven para determinar si ciertos factores con sus respectivos niveles influyen en una variable de interés, y de existir dicha influencia, cuantificarla. El objetivo del diseño experimental es "estudiar si cuando se utiliza un determinado tratamiento se produce una mejora en el proceso o no." (Marín, 2017)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En la Tabla 2.1 se muestra la metodología aplicada al presente proyecto detallando cada una de las actividades, considerando la metodología DMAIC como fundamento teórico.

Tabla 2.1 Metodología DMAIC aplicada

Fase	Actividades
Definir	Recolección inicial de datos
	Planteamiento del problema
Medir	Definición de condiciones operacionales básicas
	Identificación de factores y niveles iniciales
	Recolección de datos
	Elaboración de diseño experimental inicial
Analizar	Generación de causas potenciales
	Priorización de causas
	Verificación de causas
	Determinación de causa raíz
Mejorar	Generación de soluciones
	Priorización de soluciones
	Plan de implementación
	Implementación de soluciones
Controlar	Corrida verificadora
	Elaboración de gráfica de control U final

Fuente: Empresa, 2017

Elaboración propia

2.1 Definir

En esta etapa se recolectaron las necesidades y requerimientos del cliente, es decir, de todos los involucrados en el proceso de etiquetado. De igual manera se analizó la data histórica proporcionada por la empresa, definiendo de esta manera el problema y el alcance del proyecto.

2.1.1 Recolección inicial de datos

Utilizando los datos históricos proporcionados por la empresa se realizó un diagrama de Pareto en el software Minitab 17 de motivos de paradas del proceso de etiquetado mostrado en la Figura 2.1, donde se encontró que el 80% de las paradas se deben a la calibración de las máquinas.

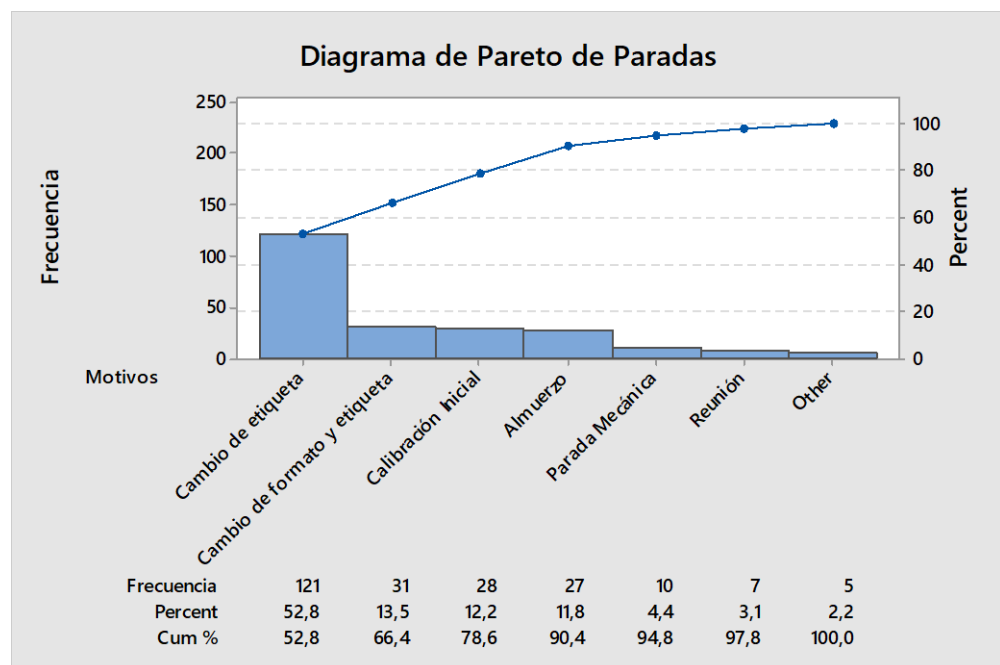


Figura 2.1 Diagrama de Pareto de motivos de paradas

Fuente: Empresa, 2017

Elaboración propia

Analizando los tiempos promedios asociados a cada motivo de parada se determinó que los tiempos más altos se encontraron en las actividades de almuerzos y reuniones, sin embargo, no se los consideró debido a que estas son paradas programadas; por lo que los tiempos más altos fueron la calibración inicial y el cambio de formato-etiqueta como se muestra en la

Figura 2.2, con esto se procedió a analizar a priori las causas asociadas a los altos tiempos de calibración.

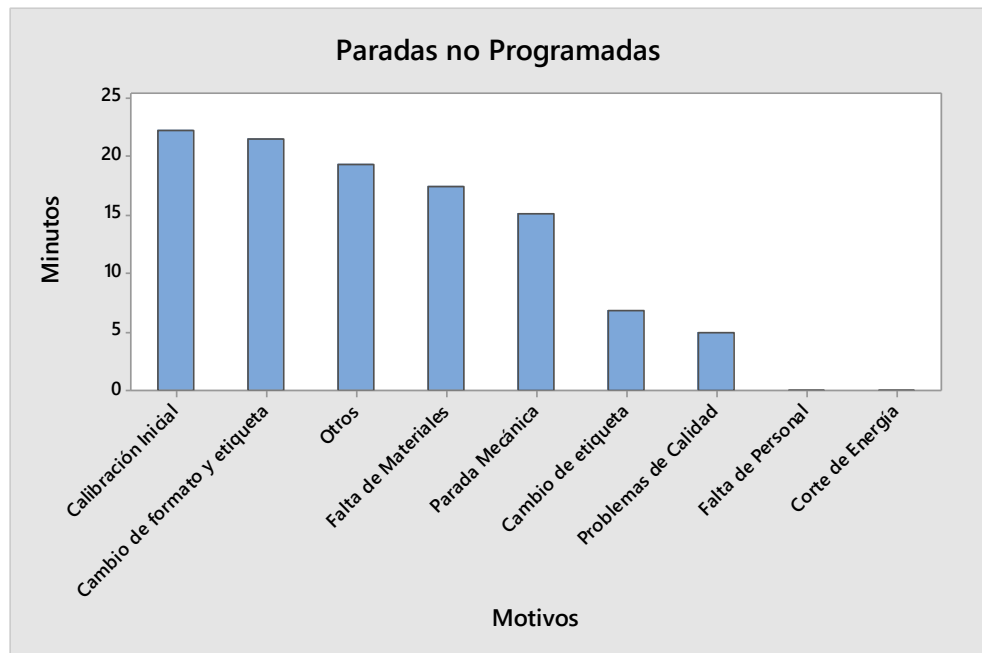


Figura 2.2 Tiempos de paradas no programadas

Fuente: Empresa, 2017

Elaboración propia

Utilizando la herramienta de la Voz del Cliente o VOC (Voice Of Customer) mostrada en la Tabla 2.2 se recolectaron los requerimientos y los problemas que perciben: la gerencia, planificación de la producción, supervisores, operarios de etiquetado y operarios de envasado, respecto al alto tiempo de calibración de las máquinas de etiquetado.

Al analizar la información recolectada junto con las entrevistas de los operarios de las máquinas de etiquetado se pudo determinar que la máquina que presentaba mayor dificultad para calibrar, por consecuencia mayor tiempo de calibración, era la máquina #2; además en esta máquina por nuevas políticas de la empresa solo se etiquetaba la presentación de 185 g, que de acuerdo con los operarios y los supervisores era la

presentación que presentaba más reproceso por etiquetas descuadradas, causando así que se tenga que calibrar constantemente la máquina.

Tabla 2.2 Herramienta VOC resumida por segmento

Voice Of Customer			
Área de Planificación	Área de Producción	Proceso de Etiquetado	Proceso de Envasado
<ul style="list-style-type: none"> Tiempos de calibración no estandarizados 	<ul style="list-style-type: none"> Codificador debe ir después del envasado. 	<ul style="list-style-type: none"> Máquinas antiguas 	<ul style="list-style-type: none"> Envases aplastados
<ul style="list-style-type: none"> Calibración empírica. 	<ul style="list-style-type: none"> Reproceso por etiquetas descuadradas. 	<ul style="list-style-type: none"> Excesivas calibraciones en la misma corrida 	<ul style="list-style-type: none"> Envases mal codificados
<ul style="list-style-type: none"> Control visual de la calidad del etiquetado 	<ul style="list-style-type: none"> Rediseño de tamaño de pomos, pero no de etiquetas 	<ul style="list-style-type: none"> Dificultad para calibrar 	<ul style="list-style-type: none"> Envases con etiquetas descuadradas

Fuente: Personal de la Empresa, 2017

Elaboración propia

Finalmente se realizó un árbol de requerimiento del cliente mostrado en la Figura 2.3, en donde se pudo visualizar de mejor manera los factores del requerimiento que abarcaba de mejor manera la información recolectada en el VOC.

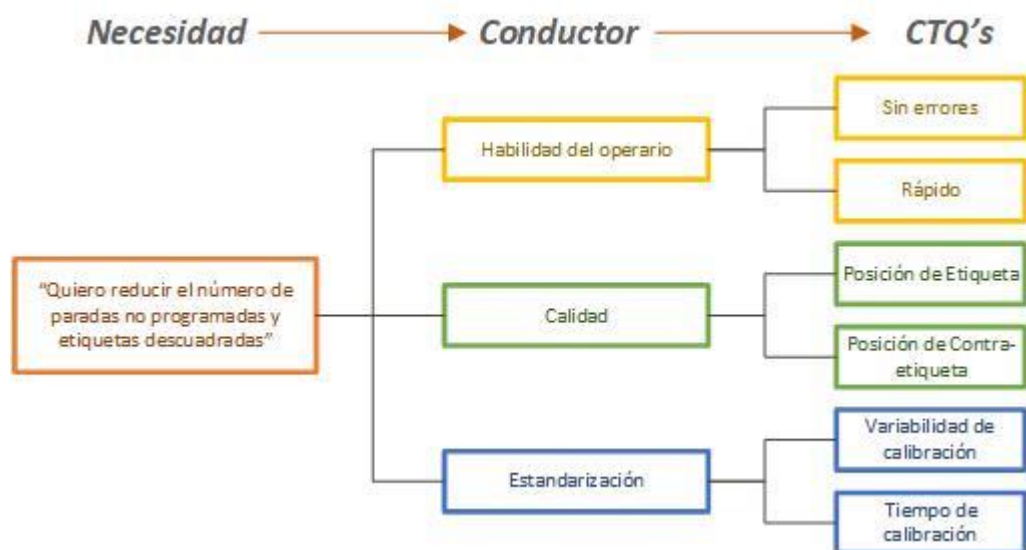


Figura 2.3 Árbol de requerimiento del cliente

Fuente: Personal de la Empresa, 2017

Elaboración propia

2.1.2 Planteamiento del problema

Con la data inicial recolectada y junto con las entrevistas realizadas en las distintas áreas se pudo plantear el problema de la siguiente manera: desde enero del 2017, el tiempo de calibración de la máquina de etiquetado #2 ha fluctuado entre 3 y 35 minutos durante el etiquetado de las presentaciones de 185 g; sin embargo, la empresa espera tener un tiempo de calibración máximo de 24 minutos.

Planteamiento del problema

Utilizando la información del VOC junto con la del diagrama SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) mostrada en la Tabla 2.3, se determinó que el proyecto se centrará en el diseño de un sistema de calibración para el etiquetado, analizando como variable de interés el tiempo de calibración de ajuste en la máquina etiquetadora #2 del envase de 185 g, buscando reducir en un 30% la desviación estándar actual del tiempo de calibración de dicha máquina.

Tabla 2.3 Diagrama SIPOC del proceso de etiquetado

SIPOC				
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
<ul style="list-style-type: none"> Departamento de producción Departamento de calidad Recursos Humanos 	<ul style="list-style-type: none"> Orden de producción Materia prima Operarios Habilidad del operario Re-trabajo Velocidad de la banda 	<pre> graph TD A[Recibir MP] --> B[Programar COD] B --> C[Calibrar sensores] C --> D[Introducir pomo] D --> E[Etiquetar] E --> F[Codificar] F --> G[Empacar] G --> H[Apilar] </pre>	<ul style="list-style-type: none"> Pomos etiquetadas Re-proceso Paradas no programadas 	<ul style="list-style-type: none"> Proceso de envasado

Fuente: Personal de la Empresa, 2017

Elaboración propia

Restricciones del proyecto

- Espacio limitado del área de etiquetado y envasado.
- Políticas internas del departamento de recursos humanos que impiden la contratación de nuevo personal para el área de etiquetado.
- Poca disponibilidad del equipo para realizar variaciones en los sensores.
- Inversión para adquisición de nueva maquinaria.

2.2 Medir

La variable de respuesta es el tiempo de calibración de ajuste de la máquina etiquetadora #2, sin embargo, de las visitas gemba, entrevistas y data histórica se pudo constatar que el estado de la etiqueta (cuadrada o descuadrada) está directamente relacionada con la variable de interés; debido a que cada vez que la etiqueta sale “muy descuadrada” los operarios tienen que realizar una calibración de ajuste, lo que produce que el tiempo de calibración de ajuste global sea mayor.

Mediante entrevistas realizadas a los operarios y técnicos del área de etiquetado, se determinó que existen 6 sensores y 3 manivelas mostrados en la Figura 2.4, que interactúan en el estado de la etiqueta y contra-etiqueta. Sin embargo, de lo observado en las visitas gemba y de acuerdo a los técnicos, la variabilidad del desplazamiento vertical de la etiqueta y contra-etiqueta es prácticamente nula.

Por esta razón solo se medirá el tiempo de calibración de ajuste y el desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta mediante un diseño experimental inicial, para determinar la posición óptima de los sensores en los cuales la etiqueta y contra-etiqueta salen “cuadradas”.

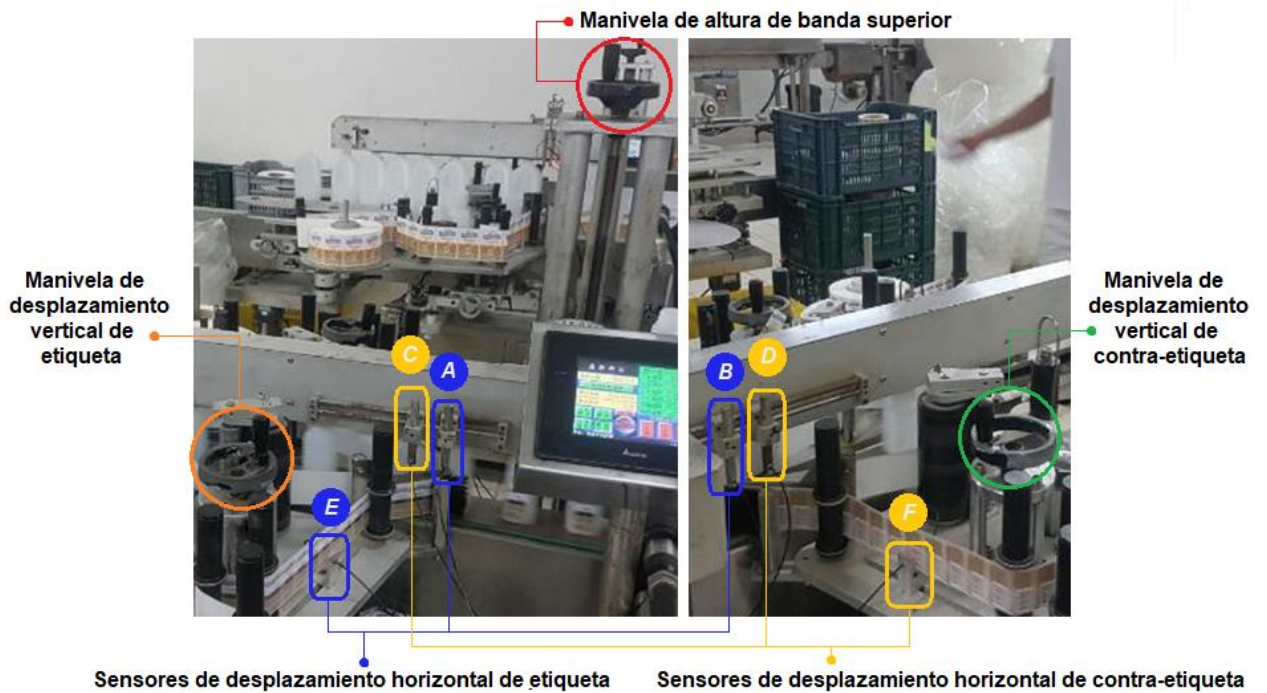


Figura 2.4 Partes de la máquina etiquetadora #2

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017
 Elaboración propia

2.2.1 Definición de condiciones operacionales básicas

Colocación de señalética

Para facilitar la toma de datos se colocaron etiquetas de colores con los nombres de los sensores de interés como se muestra en la Figura 2.5.

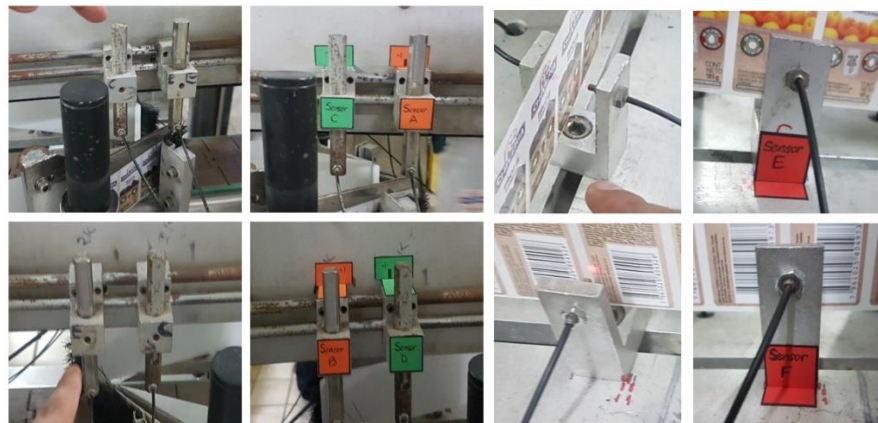


Figura 2.5 Mejoras previas de sensores A, B, C, D, E y F

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017
 Elaboración propia

Para que los datos recolectados sean confiables se determinaron las condiciones básicas operacionales de la máquina etiquetadora #2 mediante entrevistas con los operarios y visitas gemba mostrados en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Condiciones básicas operacionales

Condiciones Básicas Operacionales	
Número de operadores	3
Altura de la banda superior	47.8 cm
Ancho del comienzo de la banda inferior	73.64 mm
Ancho del final de la banda inferior	60.12 mm
Posición del sensor E y F	Centrado en etiqueta roja

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia













2.2.2 Identificación de factores y niveles iniciales

Junto con las entrevistas a los operarios y las observaciones al realizar la calibración de ajuste se determinó que los factores que influyen en el desplazamiento horizontal de la etiqueta son los sensores A y B, mientras que los que afectan a la contra-etiqueta son los sensores C y D.

Los sensores de la etiqueta, así como los de la contra-etiqueta están formados por parejas, esto quiere decir que para la etiqueta hay un sensor que emite una señal y otro que recibe la señal y de igual manera para la contra-etiqueta.

La determinación de los niveles de cada factor se realizó en 3 etapas, como se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Factores y niveles iniciales

Niveles Factores	Situación original <i>3 Niveles (-1 0 1)</i>	Observación directa <i>2 Niveles (-1 +1)</i>	Experiencia del operario <i>2 Niveles (-1 +1)</i>
Sensor A <i>Receptor etiqueta</i>			
Sensor C <i>Receptor contra-etiqueta</i>			
Sensor B <i>Transmisor etiqueta</i>			
Sensor D <i>Transmisor contra-etiqueta</i>			

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la primera etapa se muestran marcas que los operarios habían colocado previamente para identificar la posición de los sensores. Se puede observar que se presentan 3 niveles por cada factor (sensor).

En la segunda etapa se muestran los niveles iniciales obtenidos mediante la observación directa al momento de realizar la calibración de ajuste hecha por los operarios.

Finalmente, en la última etapa se muestran los niveles obtenidos junto con los operarios de acuerdo a su experiencia con la máquina etiquetadora #2. Se puede observar que quedó definido con 2 niveles por factor.

2.2.3 Recolección de datos

Instrumentos de medición

Calibrador Vernier digital

El calibrador Vernier digital se utilizó para determinar las dimensiones de la presentación de 185 g y de su respectiva etiqueta. También se lo utilizó para medir el espesor de los rollos de etiquetas y contra-etiquetas.



Figura 2.6 Calibrador Vernier digital

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

El calibrador tiene una precisión de ± 0.02 mm y una repetibilidad de 0.01 mm de acuerdo a las especificaciones técnicas como se muestra en la Figura 2.7.

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
MEASURING RANGE:	0-150MM/0-6IN, 0-200MM/0-8IN
RESOLUTION:	0.01MM/0.0005IN
ACCURACY:	$\pm 0.02\text{MM}/0.001\text{IN}$ (< 100MM) $\pm 0.03\text{MM}/0.001\text{IN}$ (> 100-200MM)
REPEATABILITY	0.01MM/0.0005IN
MAX MEASURING SPEED:	1.5M/SEC, 60IN/SEC
MEASURING SYSTEM:	LINEAR CAPACITIVE MEASURING SYSTEM
DISPLAY:	LCD DISPLAY
POWER:	ONE ALKALINE LITHIUM BUTTON CELL BATTERY 1.5V, TYPE LR44. CAPACITY - 180MAH
WORKING TEMPERATURE:	5°C - 40°C/41 TO 104 DEGREE F
NOTE:	ACCURACY AFFECTED IN ENVIRONMENTS EXCEEDING 80% RELATIVE HUMIDITY

Figura 2.7 Especificaciones técnicas de calibrador Vernier digital

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Instrumento de medición del desplazamiento horizontal de etiqueta y contra-etiqueta

Con la ayuda del calibrador vernier digital, se midió y modeló en AutoCAD 2016 la presentación de 185 g mostrado en el Apéndice C, agregando la tolerancia vertical de la etiqueta representada por las líneas rojas superiores e inferiores y una escala en milímetros, positiva hacia la derecha y negativa hacia la izquierda, para medir el desplazamiento horizontal desde la posición ideal (centrada) de la etiqueta y contra-etiqueta como se aprecia en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Instrumento de medición de desplazamiento horizontal

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

La tolerancia vertical de la etiqueta y contra-etiqueta se la determinó en base a la simetría del espacio disponible de la presentación de 185 g y en entrevistas con los operarios del área de etiquetado y la Ing. Anjouli Ayala.

Instrumento de medición del estado de la etiqueta y contra-etiqueta

De igual manera, con el calibrador vernier digital, se midió y modeló en AutoCAD 2016 la presentación de 185 g mostrada en el Apéndice C, agregando la tolerancia tanto vertical como horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta representada por el rectángulo rojo, con el propósito de determinar de manera rápida y acertada si la etiqueta y contra-etiqueta están cuadradas o no, como se aprecia en la Figura 2.9.



Figura 2.9 Instrumento de medición del estado de etiqueta

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

La tolerancia horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta se la determinó en base a la simetría del espacio llano disponible en la presentación de 185 g y de igual manera con entrevistas con los operarios del área de etiquetado y la Ing. Anjouli Ayala.

Independencia entre etiqueta y contra-etiqueta

De acuerdo con los técnicos y los operarios, los sensores de la etiqueta y contra-etiqueta eran independientes entre sí, sin embargo, para comprobar este supuesto, se realizó una prueba de correlación utilizando el software Minitab 17 comparando los desplazamientos horizontales de la etiqueta y contra-etiqueta mostrados en el Apéndice A.

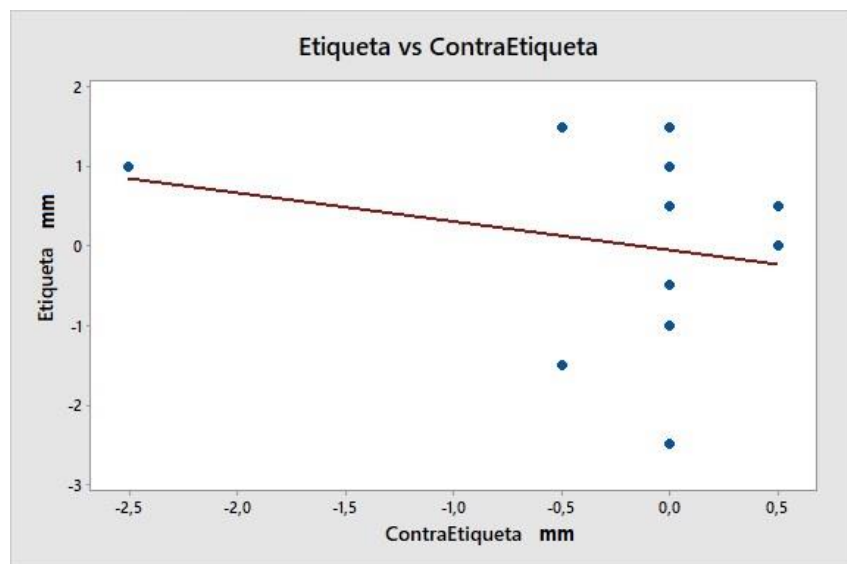


Figura 2.10 Correlación entre etiqueta y contra-etiqueta

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Se realizó la correlación con los métodos de Pearson y Spearman Rho, dando como resultado en ambos casos coeficientes cercanos a 0 y valores p menores al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) mostrados en la Tabla 2.6.

Con estos resultados se concluyó que el desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta son independientes.

Tabla 2.6 Coeficientes de correlación entre etiqueta y contra-etiqueta

Correlación	Coefficiente	Valor p
Pearson	-0.217	0.358
Spearman Rho	-0.159	0.503

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017
Elaboración propia

Selección del tamaño de muestra

Tiempos de calibración de ajuste

Para los tiempos de calibración de ajuste se realizó una prueba piloto con 14 observaciones mostradas en el Apéndice A midiendo el tiempo, en minutos, que se demoraba el operario en ajustar los sensores.

En el Apéndice B se muestra el test de normalidad realizado en Minitab 17 en donde se obtuvo un coeficiente RJ = 0.971, concluyendo que los tiempos de calibración de ajuste tienen una Distribución Normal, por lo tanto, para seleccionar el tamaño de muestra, se utilizó una prueba Z de 1 muestra con diferentes valores de potencia y un error de 7 minutos estimado.

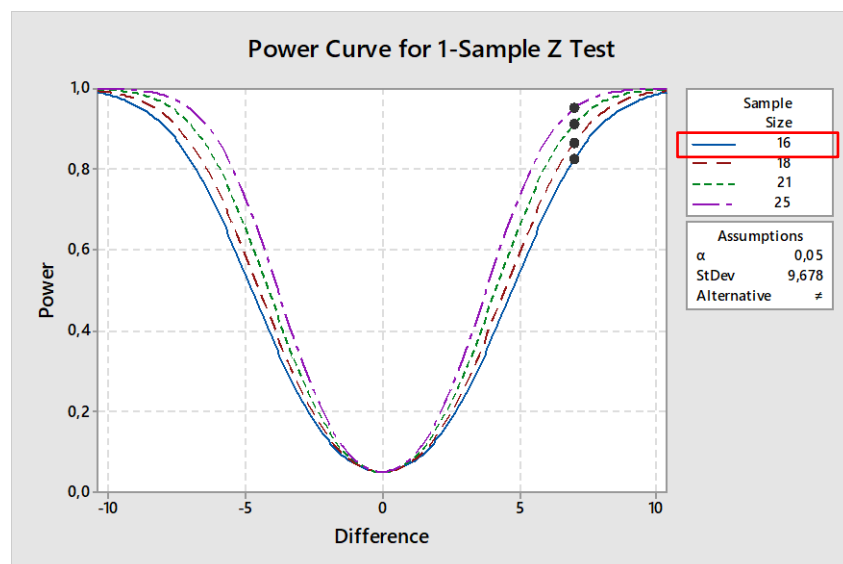


Figura 2.11 Tamaño de muestra para tiempos de calibración de ajuste

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017
Elaboración propia

Por motivos de restricciones se seleccionó un tamaño de muestra de 16 unidades con un valor de potencia de prueba de 80%.

Desplazamiento horizontal de etiqueta y contra-etiqueta

Para los desplazamientos horizontales de etiqueta y contra-etiqueta, previamente se identificó que el desplazamiento horizontal de la etiqueta y la contra-etiqueta son independientes, por lo que se realizarán 2 diseños experimentales iniciales. A su vez, se determinó que tanto para la etiqueta como para la contra-etiqueta existen 2 factores con 2 niveles.

Por motivos de restricciones se realizó una prueba piloto de 10 muestras mostrados en el Apéndice A midiendo el desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta utilizando el tratamiento que presentaba mayor variación para que el tamaño de muestra sea significativo.

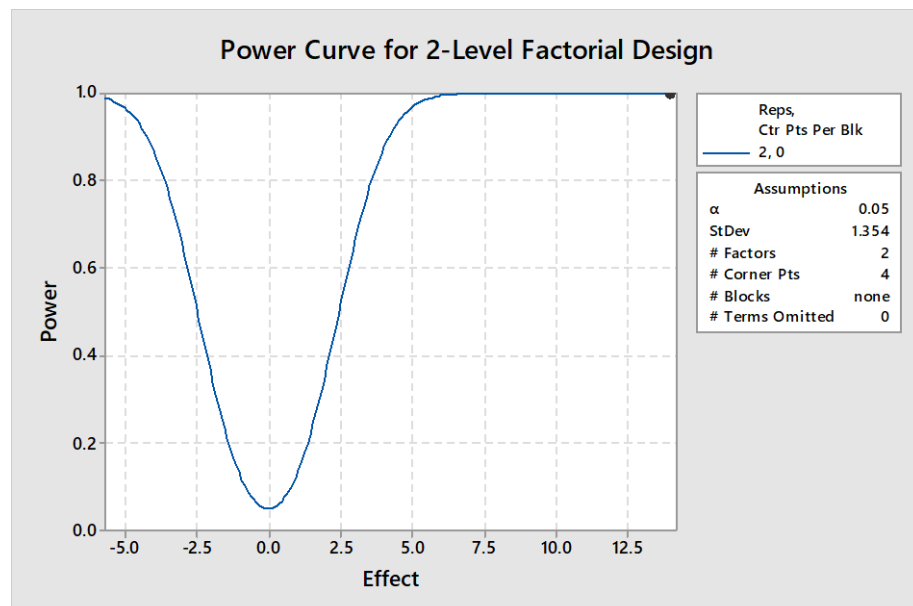


Figura 2.12 Tamaño de muestra para desplazamiento de etiqueta

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Utilizando el software Minitab 17, se realizó una prueba de potencia y tamaño de muestra para diseño factorial de 2 niveles, utilizando 2 factores,

4 puntos de esquina, $\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.1$, obteniendo un tamaño de muestra de 2 unidades, que se puede apreciar en la Figura 2.12.

El valor de la muestra es pequeño debido a que la desviación estándar es sumamente pequeña ($s = 1.354$ mm).

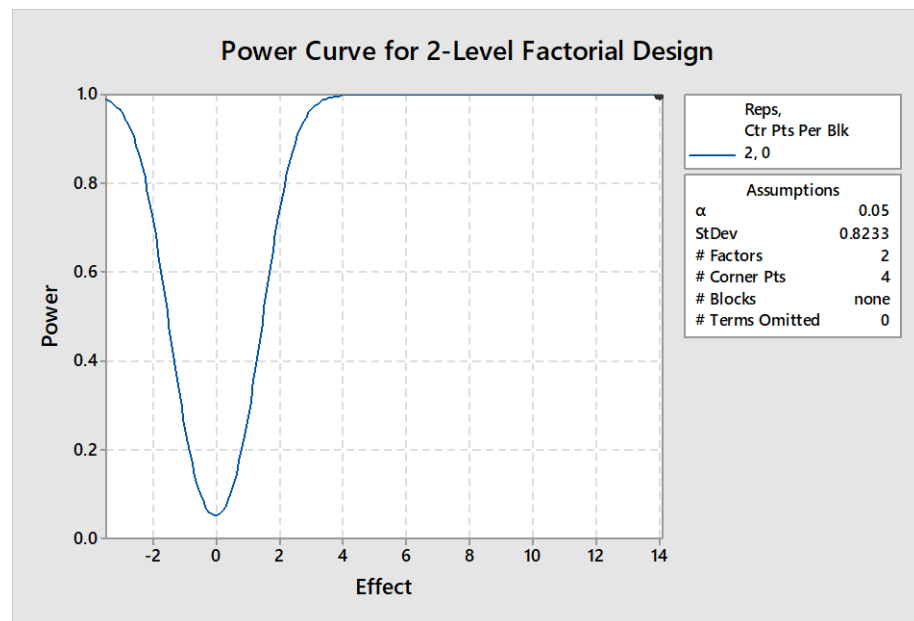


Figura 2.13 Tamaño de muestra para desplazamiento de contra-etiqueta

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Para el caso de la contra-etiqueta se realizó una prueba de potencia y tamaño de muestra para diseño factorial de 2 niveles para el desplazamiento horizontal de contra-etiqueta; se utilizaron los mismos parámetros que en la prueba del desplazamiento de la etiqueta, exceptuando que la desviación estándar fue $s = 0.8233$, dando como resultado un tamaño de muestra de 2 unidades como se muestra en la Figura 2.13.

Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos se muestra en el Apéndice A.

Análisis de confiabilidad de datos

Precisión y exactitud de data histórica

Para determinar si la data histórica de los tiempos de calibración de ajuste mostrada en el Apéndice A es confiable, se analizó su precisión y exactitud comparada con los datos recolectados del tiempo de calibración de ajuste inicial mostrada en el Apéndice A.

Para analizar la precisión se hizo una prueba de hipótesis de razón de varianzas de los tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales mostrada en el Apéndice B, dando como resultado que la diferencia de las varianzas no es significativa.

De igual manera para analizar la exactitud se hizo una prueba de hipótesis de diferencia de medias de los tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales mostrada en el Apéndice B dando como resultado que la diferencia de medias no es significativa.

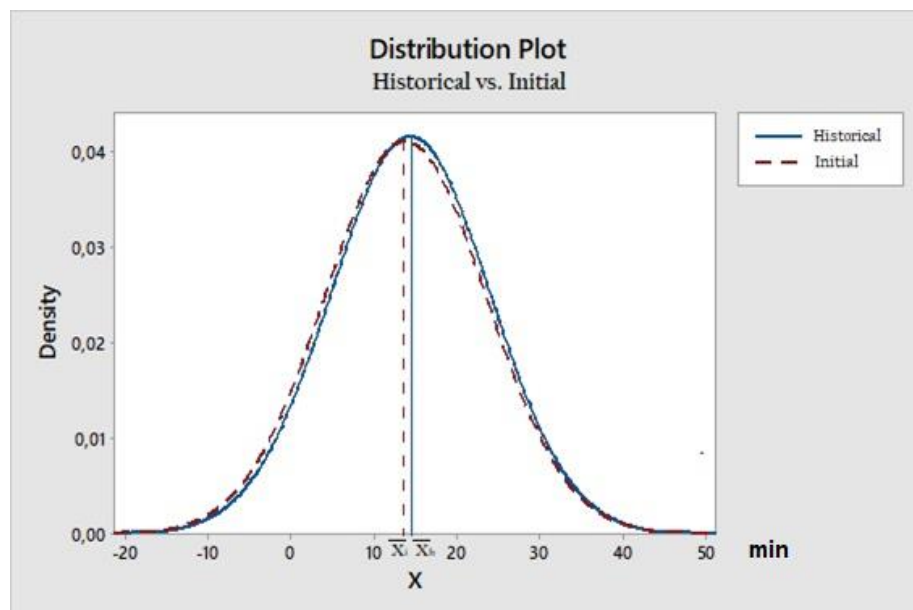


Figura 2.14 Distribución de tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Figura 2.14 se muestran las distribuciones de los tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales en donde se puede apreciar gráficamente que no existe diferencia significativa entre ambas distribuciones, por lo que se puede confiar en la data recolectada.

Estudio R&R

Para que los datos obtenidos del instrumento de medición de desplazamiento horizontal, se realizó un estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R), para esto como se aprecia en la Figura 2.15 se tomaron 10 muestras aleatorias de la combinación de factores que presentaba la mayor variabilidad de acuerdo al gemba realizado. Estas 10 muestras fueron medidas por los líderes del proyecto y un operario, 3 veces cada uno de manera aleatoria mostradas en el Apéndice A.



Figura 2.15 Muestras aleatorias de presentación de 185 g

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

El estudio R&R dio como resultado que las fuentes del observador y la interacción de la parte con el observador tuvieron un valor p menor a 0.05, concluyendo que no son causas significativas de variación.

En la Tabla 2.7 se muestra que el estudio R&R obtuvo un porcentaje de 0.43% y un porcentaje de variación de 6.54%, siendo ambos valores menores al 1% y 10% respectivamente lo que de acuerdo al ASQ es

excelente, demostrando que los datos tomados con el instrumento de medición de desplazamiento horizontal son confiables.

Tabla 2.7 Resultados de estudio R&R

Estudio R&R	
%Cont	0.43 %
%SV	6.54 %

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

2.2.4 Elaboración de diseño experimental inicial

A base de lo observado y las entrevistas realizadas en las distintas áreas de la planta, se realizó un diseño experimental para determinar la posición óptimo de los sensores para que el desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta sea el mínimo.

Debido a que se demostró que el desplazamiento horizontal de la etiqueta es independiente al de la contra-etiqueta, se realizaron 2 diseños experimentales, cada uno con 2 factores y 2 niveles.

En la Tabla 2.8 se muestran los valores de p de las fuentes del diseño de experimento 1 y 2, en donde se puede apreciar que todos los valores p son menores al nivel de significancia del modelo ($\alpha = 0.05$), por lo que se concluye que la posición del sensor A, la posición del sensor B y la interacción entre ambos sensores tiene efecto sobre el desplazamiento horizontal de la etiqueta, a su vez la posición del sensor C, la posición del sensor D y la interacción entre ambos sensores tiene efecto sobre el desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta.

Tabla 2.8 Valores p de fuentes de diseños experimentales 1 y 2

	Valor p
Posición del sensor A	0.012
Posición del sensor B	0.021
Interacción entre sensor A y B	0.012
Posición del sensor C	0.013
Posición del sensor D	0.001
Interacción entre sensor C y D	0.047

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Tabla 2.9 se muestran los valores del poder de explicación de los diseños experimentales 1 y 2, donde se puede apreciar que, para el primer diseño, el valor de $R^2 = 92.7 \%$, lo que implica que el 92.7 % de la variación del desplazamiento horizontal de la etiqueta es explicado por el modelo, mientras que en el segundo diseño el valor de $R^2 = 96.1 \%$, lo que implica que el 96.1 % de la variación del desplazamiento de la contra-etiqueta es explicado por el modelo. En ambos casos los 2 diseños son representativos.

Tabla 2.9 Poder de explicación de diseños experimentales 1 y 2

	R²
Diseño de experimento 1	92.7 %
Diseño de experimento 2	96.1 %

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Tabla 2.10 se muestra las posiciones óptimas de los sensores A, B, C y D obtenidas del diseño experimental.

Tabla 2.10 Niveles óptimos de diseños experimentales 1 y 2

Factores	Niveles óptimos
Sensor A	-1
Sensor B	-1
Sensor C	-1
Sensor D	-1

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Gráfica de Control U inicial

Aun cuando los diseños experimentales iniciales obtuvieron un valor óptimo, todavía se presentaban desplazamientos de la etiqueta y contra-etiqueta que no estaban conforme a los rangos de tolerancia. Por esto se decidió realizar una gráfica de control U para analizar si con el diseño experimental inicial el proceso estaba o no bajo control.

Se optó por construir una gráfica de control U ya que el tamaño de lote de producción de la presentación de 185g es variable, y se desea analizar las no conformidades por unidad. Por motivos de restricciones, se tomaron 7 subgrupos en 7 días mostrados en el Apéndice A.

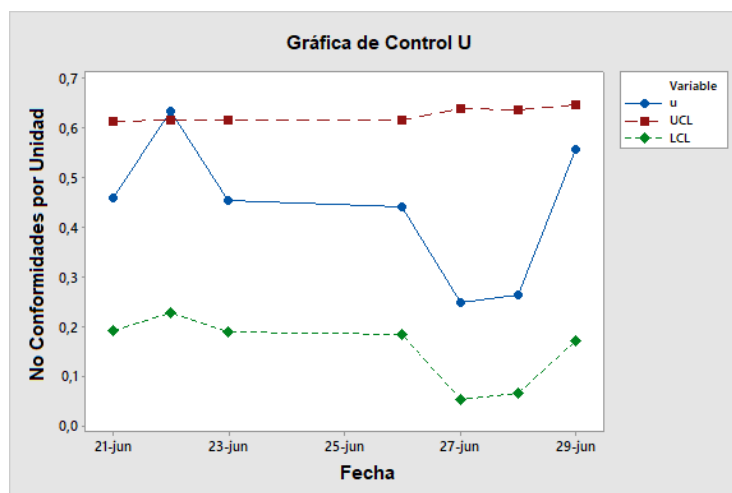


Figura 2.16 Gráfica de control U

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

2.3 Analizar

En esta etapa se planificó un taller con los operarios, el supervisor de la planta, el personal de mantenimiento y gerencia, en donde, se dio un breve resumen sobre el proyecto explicando la problemática presente en la máquina de etiquetado # 2.

Luego se realizó una lluvia de ideas donde se generarán posibles causas que estén ligadas al descuadre de las etiquetas en los envases de 185g, estas a su vez se agruparon formando un diagrama de afinidad, para luego lograr priorizar todas estas causas; y finalizar con la causa raíz.

Una vez verificadas e identificadas las causas raíces se planificó otro pequeño taller solo con el personal técnico y de mantenimiento de la máquina etiquetadora # 2, donde se analizaron posibles soluciones para las causas raíces identificadas previamente.

Finalmente, se realizó una lluvia de ideas de las posibles soluciones y se determinó la factibilidad de cada una de ellas priorizándolas mediante una matriz de decisión.

2.3.1 Generación de causas potenciales

Lluvia de ideas de causas potenciales

Después de las entrevistas con los operarios, técnicos y junto con lo observado en planta, se decidió realizar un taller de lluvia de ideas con los operarios, técnicos y gerencia, enfocado a las causas potenciales para que aun cuando los sensores se encuentran en su posición “óptima” la etiqueta y contra-etiqueta salga eventualmente descuadrada.



Figura 2.17 Taller de lluvia de ideas de causas potenciales

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Durante el taller cada operario y técnico expresó de manera libre las causas que creía atribuible al problema discutido, estas ideas se las pegaron en un papelógrafo como se muestra en la Figura 2.18.



Figura 2.18 Lluvia de ideas de causas potenciales

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Diagrama de afinidad

Durante la lluvia de ideas se identificaron cuatro categorías: causas referentes a la banda transportadora, etiqueta y contra-etiqueta, botella de 185 g y sensores.

De esta manera se agruparon las ideas bajo consenso de los operarios, técnicos y gerencia reunidos en el taller, de tal manera que se armó un diagrama de afinidad como se muestra en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11 Diagrama de afinidad de causas potenciales

Diagrama de Afinidad			
Banda	Etiqueta	Botella	Sensor
1.1. Altura de la banda superior	2.1. La separación de etiquetas en el rollo	3.1. Downsizing de la botella	4.1. Velocidad de respuesta del sensor
	2.2. Intensidad de color de la etiqueta	3.2. Brillo de las botellas	4.2. No existe software adecuado al PLC
1.2. Velocidad de la banda	2.3. Descalibración al final del rollo	3.3. Espesor de las botellas	4.3. El sensor transmisor y receptor no coinciden
	2.4.- Brocha en mal estado	3.4. Fisura en la parte superior de las botellas	

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

2.3.2 Priorización de causas

Matriz de priorización de causas

Finalmente, en el taller los operarios, técnicos y gerencia indicaron que causas se debía tratar primero y junto con posteriores entrevistas tanto con los operarios como con el personal técnico se realizó la matriz de priorización de causas potenciales.

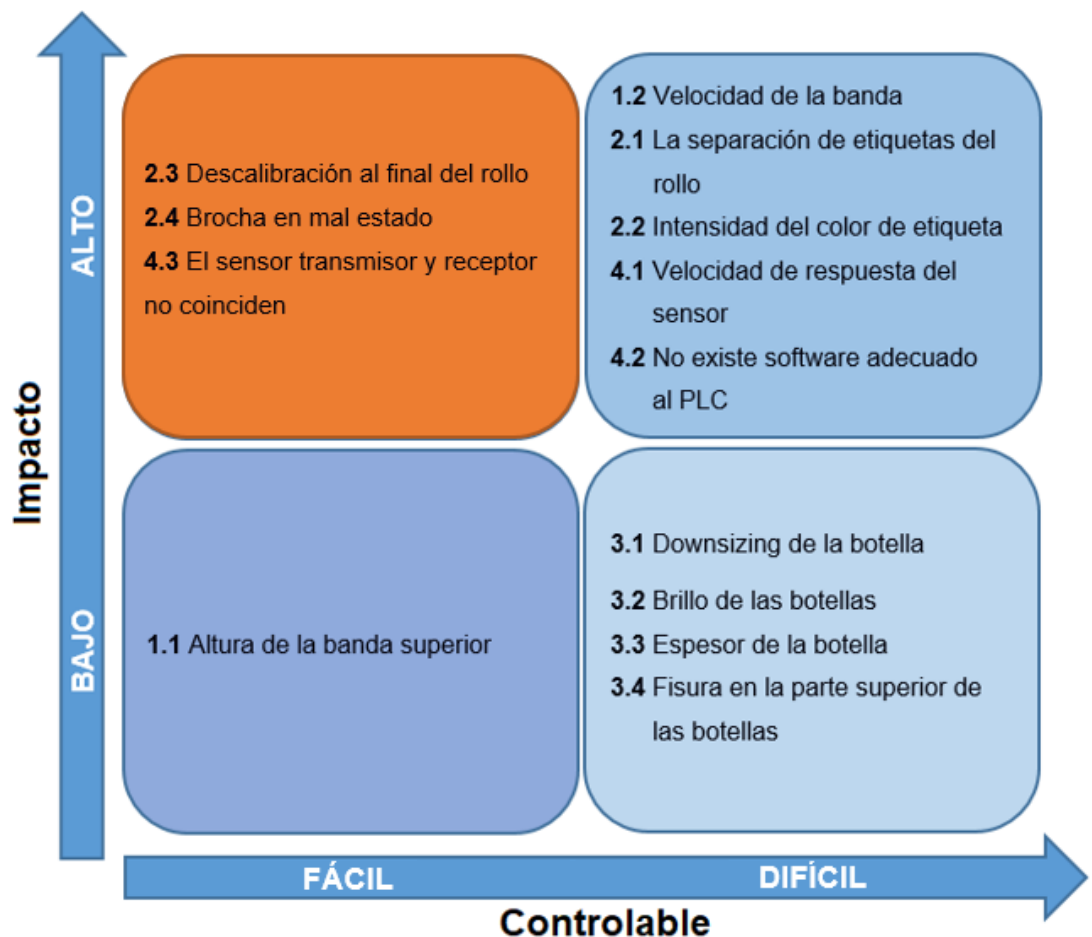


Figura 2.19 Matriz de priorización de causas potenciales

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Figura 2.19, se muestra la matriz donde se agruparon las causas de acuerdo a si para nosotros su control era fácil o difícil y a que tan alto era su impacto hacia la problemática discutida. Las causas se la ubicaron en

los respectivos cuadrantes de acuerdo al criterio de los operarios y del personal de mantenimiento.

2.3.3 Verificación de causas

Mediante la lluvia de ideas se obtuvieron 13 causas potenciales, y mediante la matriz de priorización, se descartaron las “causas potenciales” que no eran primordiales para resolver la problemática descrita. Se seleccionaron solo las causas potenciales que se encontraban en el primer cuadrante de la matriz de priorización (alto impacto, fácil control) mostradas en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Verificación de causas potenciales

#	Causa	Descripción	Verificación
2.3	Descalibración al final del rollo de etiquetas	Al disminuir el diámetro del rollo de etiqueta se incrementa la velocidad de pegado de etiqueta y las etiquetas salen descuadradas	Observación directa y entrevista al personal Estadística: Test de correlación
2.4	Brocha en mal estado	La brocha desgastada retrasa el pegado por la goma que acumula en sus cerdas, mueve la botella cuando la toca o no permite la adherencia total de la etiqueta	Observación directa y entrevista al personal
4.3	El sensor transmisor y receptor no coinciden	Cuando estos no coinciden, la etiqueta no se pega o se atrasa en el pegado haciendo que las etiquetas salgan descuadradas	Observación directa y entrevista al personal

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Para determinar si estas causas son verdaderamente causas potenciales atribuibles al problema, se procedió a verificarlas. En la mayoría de las causas se las verificó mediante observaciones y visitas gemba, sin embargo, para la causa 2.3 “Descalibración al final del rollo” se realizó una correlación entre el diámetro del rollo y el desplazamiento horizontal de la etiqueta.

Se realizó la correlación con los métodos de Pearson y Spearman Rho, dando como resultado en ambos casos coeficientes cercanos a 0 y valores p menores al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) mostrados en la Tabla 2.13.

Tabla 2.13 Coeficientes de correlación entre diámetro y etiqueta

Correlación	Coeficiente	Valor p
Pearson	0.164	0.354
Spearman Rho	0.244	0.164

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017
Elaboración propia

Con estos resultados se concluyó que el diámetro del rollo de la etiqueta no está relacionado con el desplazamiento horizontal de la etiqueta, por lo que no es una causa potencial.

En la Tabla 2.14 se muestra de manera resumida los resultados de la verificación de causas potenciales.

Tabla 2.14 Resumen de verificación de causas potenciales

#	Causa	Causa potencial
2.3	Descalibración al final del rollo	No
2.4	Brocha en mal estado	Si
4.3	El sensor transmisor y receptor no coinciden	Si

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017
Elaboración propia

2.3.4 Determinación de causa raíz

5 por qué's

Mediante entrevistas con el personal del departamento de mantenimiento se procedió a utilizar la herramienta de los 5 Por qué's con la finalidad de determinar la causa raíz correspondiente a cada una de las causas verificadas.

En la Tabla 2.15 se muestra el resumen de las causas potenciales con sus respectivas causas raíces.

Tabla 2.15 Resumen de causa raíz de causas verificadas

#	Causa	Causa Raíz
2.4	Brocha en mal estado	Desconocimiento de la frecuencia para la limpieza de las brochas
		La brocha es muy grande
		Desconocimiento del estado de la brocha por parte de los técnicos y operarios
4.3	El sensor transmisor y receptor no coinciden	Desconocimiento de la herramienta de corte de fibra óptica
		Los sensores no tienen una posición determinada en la máquina

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

El detalle de los 5 por qué's de las causas verificadas se encuentra en el Apéndice B en la sección de causa raíz.

2.4 Implementar

2.4.1 Generación de soluciones

Lluvia de ideas de generación de soluciones

De acuerdo a las causas raíces identificadas, se realizó una lluvia de ideas de soluciones que puedan atacar dichas causas raíces. Ambos técnicos propusieron posibles soluciones, desde las más sencillas hasta las más complejas, todas estas posibles soluciones se las ubicó en una pizarra y se las agrupo de acuerdo a la causa raíz que atacaban como se muestra en la Figura 2.20.

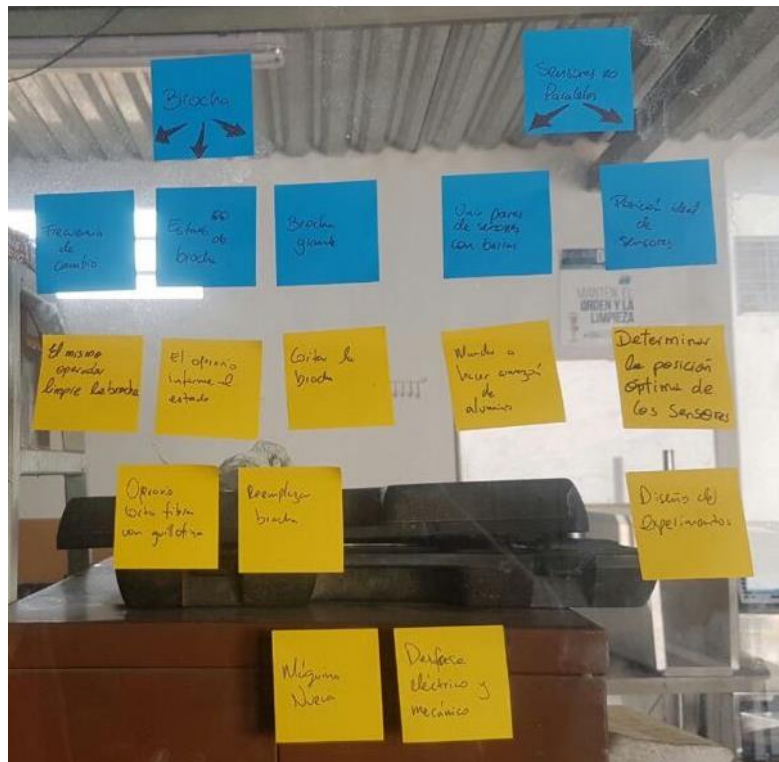


Figura 2.20 Lluvia de ideas de posibles soluciones

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Tabla 2.16 se muestran las posibles soluciones de acuerdo a las causas raíces identificadas.

Tabla 2.16 Posibles soluciones

#	Causa Potencial	Causa Raíz	Solución
2.4	Brocha en mal estado	Desconocimiento de la frecuencia de la limpieza de las brochas	2.4.1 Diseñar una infografía para el mantenimiento de la brocha 2.4.2 Comprar brochas a la medida 2.4.3 Cortar y adaptar las brochas actuales
		Desconocimiento del estado de la brocha por parte de los técnicos y operarios	
		La brocha es muy grande	
4.3	El sensor transmisor y receptor no coinciden	Desconocimiento de la herramienta de corte por parte del operador	4.3.1 Capacitar al operador en el uso de la herramienta de corte
		Los sensores no tienen una posición determinada en la máquina	4.3.2 Determinar la posición óptima de los sensores mediante diseño experimental 4.3.3 Unir sensores transmisores y receptores con armazón de aluminio

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

2.4.2 Priorización de soluciones

Matriz de priorización de soluciones

Dentro de los criterios utilizados para priorizar las posibles soluciones, se optó por considerar el costo asociado, el beneficio, la duración de la

implementación y la dificultad de implementar cada posible solución respecto a cada causa potencial.

Estos criterios fueron puestos en una escala del 1 al 5, siendo el 5 el más asimilable al ideal. Los valores asignados a cada criterio, fueron estimados de acuerdo a la experiencia y conocimientos del personal técnico.

En la Tabla 2.17 se muestra la matriz de decisión de la causa 2.4, donde se muestran las 3 soluciones propuestas que atacan las 3 causas raíces identificadas y como la solución 2.4.1 y 2.4.3, obtuvieron el mismo puntaje, se selecciona ambas posibles soluciones para ser implementadas.

Tabla 2.17 Matriz de decisión de posibles soluciones de causa 2.4

Causa: 4.3 Brocha en mal estado					
Soluciones	Costo	Beneficio	Duración	Dificultad	TOTAL
2.4.1 Diseñar una infografía para el mantenimiento de la brocha	5	5	4	5	500
2.4.2 Comprar brochas a la medida	2	5	2	2	40
2.4.3 Cortar y adaptar las brochas actuales	4	5	5	5	500

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Tabla 2.18 se muestra la matriz de decisión de la causa 4.3, donde se muestran la solución propuesta que ataca la causa raíz “Desconocimiento de la herramienta de corte por parte del operador” y 2 soluciones propuestas que atacan la causa raíz “Los sensores no tienen una posición determinada en la máquina”.

De acuerdo a los puntajes obtenidos, para la primera causa raíz se selecciona la solución 4.3.1 y para la segunda causa raíz se escoge la solución 4.3.2.

Tabla 2.18 Matriz de decisión de posibles soluciones de causa 4.3

Causa: 4.3 El sensor transmisor y receptor no coinciden					
Soluciones	Costo	Beneficio	Duración	Dificultad	TOTAL
4.3.1 Capacitar al operador en el uso de la herramienta de corte	5	5	4	5	500
4.3.2 Determinar la posición óptima de sensores mediante DOE	4	5	4	5	400
4.3.3 Unir sensores transmisor y receptor con armazón de aluminio	3	5	3	3	135

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia



Figura 2.21 Matriz de priorización de posibles soluciones

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Figura 2.21 se muestra la matriz de priorización de las posibles soluciones, bajo los criterios de impacto y esfuerzo, en donde se seleccionaron las soluciones que tenían menor esfuerzo y mayor impacto.

2.4.3 Plan de implementación

Una vez seleccionadas las soluciones que se van a implementar, se procede a realizar un plan de implementación utilizando los 5W-2H (What, Why, Where, Who, When, How, How much).

Tabla 2.19 Plan de implementación de causa potencial 2.4

Causa Potencial	2.4 Brocha en mal estado		
Causa Raíz	Desconocimiento de la frecuencia de limpieza de las brochas	La brocha es muy grande	Desconocimiento del estado de las brochas por parte de técnicos y operadores
¿Cuál es la solución?	2.4.1 Diseñar una infografía para el mantenimiento de la brocha		
¿Por qué es importante implementarlo?	Porque se retrasa el pegado de etiqueta y en ocasiones mueve la botella cuando esta se encuentra muy pegada hacia la botella		
¿Cómo será implementado?	1.- Determinando la frecuencia de limpieza de las brochas. 2.- Analizar el cuidado de las brochas. 3.- Solicitar la aprobación del departamento de mantenimiento. 4.- Comunicar a los operadores sobre la infografía		
¿Dónde será implementado?	Máquina de etiquetado #2		
¿Cuánto cuesta la implementación?	Costo Total=\$0		
¿Quién es el responsable de implementarlo?	Líderes del proyecto		
¿Cuándo será implementado?	08/ Agosto / 2017		

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017
 Elaboración propia

Tabla 2.20 Plan de implementación de causa potencial 4.3

Causa Potencial	4.3 El sensor transmisor no coincide con el receptor	
Causa Raíz	Desconocimiento de la herramienta de corte por parte del operador	Los sensores no tienen una posición determinada en la maquina
¿Cuál es la solución?	4.3.1 Capacitar al operador en el uso de la herramienta de corte	4.3.2 Determinar la posición óptima de los sensores
¿Por qué es importante implementarlo?	Porque usan una herramienta improvisada lo que ocasiona que los cortes no sean rectos	Porque se evita que calibren empíricamente los sensores
¿Cómo será implementado?	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Solicitar una reunión con el operador a cargo al departamento de producción. 2.- Comunicar al operador de la herramienta de corte. 3.- Enseñar su uso. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Determinar las condiciones básicas de operación. 2.- Determinar los factores y niveles. 3.- Realizar el Diseño de experimento. 4.- Realizar la corrida verificadora. 5.- Realizar el poka yoke. 6.- Elaborar gráfica de control U.
¿Dónde será implementado?	Máquina de etiquetado #2	Máquina de etiquetado #2
¿Cuánto cuesta la implementación?	\$0	\$0
¿Quién es el responsable de implementarlo?	Líderes del proyecto	
¿Cuándo será implementado?	28 / Julio / 2017	28 / Julio / 2017

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

De acuerdo a los planes de implementación se pone en marcha las soluciones para cada causa raíz identificada. Se empezó por diseñar la infografía para el mantenimiento de las brochas de la máquina etiquetadora #2, ya que las siguientes soluciones dependen de que esta solución esté implementada.

Finalmente se cortaron las fibras ópticas de manera perpendicular y se definieron los nuevos factores y niveles para los diseños experimentales y se determinó la posición óptima de los sensores.

2.4.4 Implementación de soluciones

Infografía para el mantenimiento de las brochas

Se diseñó la infografía para el mantenimiento de las brochas de la máquina etiquetadora #2 mostrado en el Apéndice A en donde se indicó, como limpiar las brochas del exceso de goma y la frecuencia de la limpieza de las mismas. Para que los operarios tengan conocimiento de cómo efectuar el mantenimiento, se les indicó en planta el procedimiento para realizar la limpieza de las brochas, y se dejó la infografía en la máquina etiquetadora #2 de manera visible.

En la Figura 2.22 se puede apreciar que la brocha está libre de residuos de goma y tiene el tamaño adecuado.



Figura 2.22 Brocha libre de residuos de goma

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Determinar la posición óptima de los sensores

Para determinar la posición óptima de los sensores, se realizaron 2 diseños experimentales, para ello se determinó las condiciones básicas operacionales junto con los factores y niveles asociados al desplazamiento horizontal de la etiqueta y la contra-etiqueta.

Condiciones básicas operacionales

Las condiciones básicas operacionales son las mismas que se determinaron en el diseño experimental inicial mostradas en la Tabla 2.4.

Determinación de factores y niveles

Inicialmente se determinó junto con los operarios 2 factores con 2 niveles para el desplazamiento horizontal de la etiqueta; sin embargo, en la fase de análisis se determinó que los sensores de la etiqueta (A y B) y los sensores de la contra-etiqueta (C y D) debían estar paralelos de tal manera que el haz de luz del sensor transmisor coincida con el sensor receptor.

Para ello con la ayuda de los técnicos, se indicó a los operadores el uso de la guillotina para cortar la fibra óptica de los sensores. En la Figura 2.23 se muestra al operario realizando el corte de la fibra óptica de los sensores.



Figura 2.23 Guillotina para cortar fibra óptica

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Una vez que la fibra óptica de los sensores fue cortada apropiadamente, se colocó al transmisor y receptor de tal manera que el haz de luz coincida como se muestra en la Figura 2.24, transformando los 2 factores iniciales del desplazamiento de la etiqueta (sensor A y B) en uno solo manteniendo los 2 niveles previamente determinados. El mismo procedimiento se aplicó para el diseño experimental del desplazamiento de la contra-etiqueta.

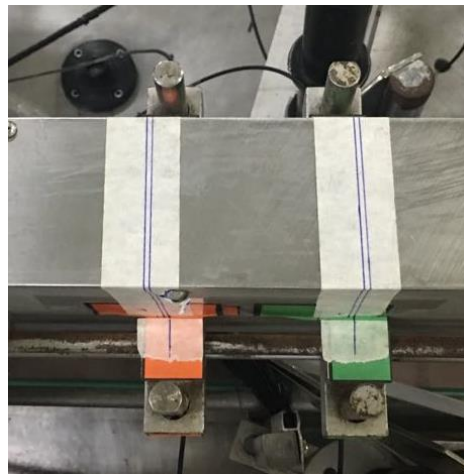


Figura 2.24 Sensores transmisores y receptores paralelos

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Diseños experimentales finales

Se realizaron 2 diseños experimentales de 1 factor con 2 niveles, tanto para el desplazamiento horizontal de la etiqueta como para la contra-etiqueta.



Figura 2.25 Diagrama general del diseño experimental

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Figura 2.25 se muestra el diagrama general para ambos diseños experimentales.

En ambos diseños experimentales se obtuvo que los factores (sensores AB y CD) obtuvieron valores p menores al nivel de significancia del modelo ($\alpha = 0.05$), por lo que se concluye que estos factores tienen efecto sobre el desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta respectivamente.

En la Tabla 2.21 se muestran los valores del poder de explicación de los diseños experimentales 1 y 2, donde se puede apreciar que, para el primer diseño, el valor de $R^2 = 94.74\%$, lo que implica que el 94.74 % de la variación del desplazamiento horizontal de la etiqueta es explicado por el modelo, mientras que en el segundo diseño el valor de $R^2 = 90.74\%$, lo que implica que el 90.74 % de la variación del desplazamiento de la contra-etiqueta es explicado por el modelo. En ambos casos los 2 diseños son representativos.

Tabla 2.21 Poder de explicación de diseños experimentales finales 1 y 2

	R²
Diseño de experimento 1	94.74 %
Diseño de experimento 2	90.74 %

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017
Elaboración propia

En la Tabla 2.21 se muestra las posiciones óptimas de los sensores AB y CD obtenidas de los diseños experimentales.

Tabla 2.22 Niveles óptimos de diseños experimentales finales 1 y 2

Factores	Niveles óptimos
Sensor AB	-1
Sensor CD	-1

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017
Elaboración propia

2.5 Controlar

Para controlar que las implementaciones efectuadas en la fase anterior hayan funcionado, se midió el resultado de los diseños experimentales mediante una corrida verificadora, determinando si se obtuvo o no el efecto deseado. Finalmente, para establecer si el proceso se encuentra bajo control, se construyó una gráfica U.

2.5.1 Corrida verificadora

Una vez establecidas las posiciones de los sensores AB y CD, se realizó una corrida verificadora para establecer si ambos diseños experimentales obtuvieron el resultado esperado. Debido a las restricciones en el área de etiquetado, se tomaron 74 muestras y se realizó una prueba de hipótesis para determinar si la media del desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta es igual a 0 mm.

En la sección de prueba de hipótesis de corrida verificadora del Apéndice B, se muestran los cálculos en donde se encontró que los valores p obtenidos en ambas pruebas de hipótesis son mayores al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), concluyendo de esta manera que la media del desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta es igual a 0 mm, es decir que la etiqueta y contra-etiqueta sale “cuadrada”.

2.5.2 Elaboración de gráfica de control U final

Para verificar si el desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta se encontraban dentro de los rangos de tolerancia después de la mejora, se realizó una gráfica U.

Por restricciones de tiempo se utilizaron 8 subgrupos tomados en 8 días mostrados en el Apéndice A.

En la Figura 2.26 se puede apreciar que al largo de los 8 días las no conformidades por unidad se encontraron entre los límites superiores e inferiores, por lo que el proceso se encuentra bajo control.

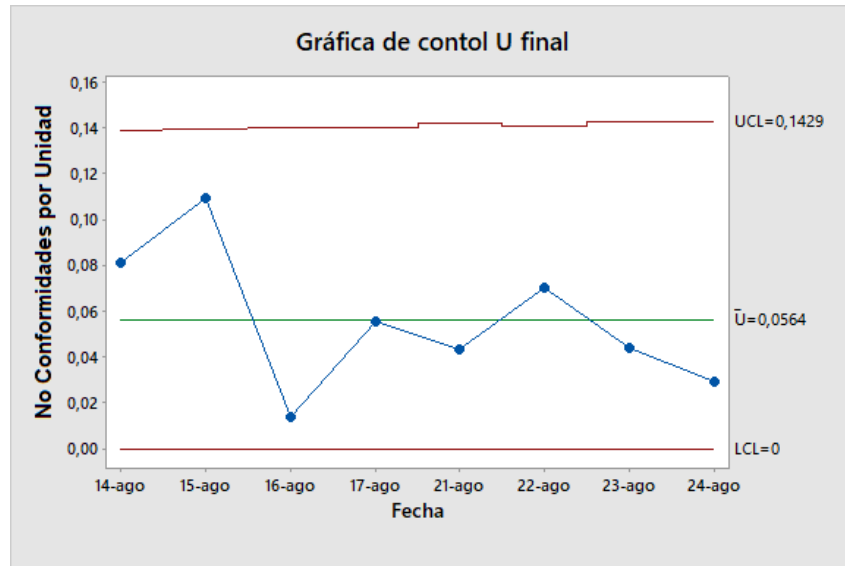


Figura 2.26 Gráfica de control U final

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

La mayoría de las no conformidades que se presentaron durante la toma de datos para la gráfica U se debieron a que los pomos de 185 g presentaban imperfecciones y deformidades en su superficie en la Figura 2.27 se muestran algunas de estas imperfecciones y deformidades.



Figura 2.27 Pomos con defectos

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Se realizaron entrevistas con el departamento de calidad en donde se preguntó si existía una política de muestreo de aceptación para los pomos de 185g. De acuerdo con el Dr. Jorky Veliz se realiza un muestreo de aceptación donde se toma en cuenta el peso del pomo, la fragilidad y la resistencia al impacto. Sin embargo, no se mide el espesor ni la altura de los pomos de 185g.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Posterior a determinar la posición óptima de los sensores de la máquina etiquetadora #2, se analizó si los tiempos de calibración de ajuste se redujeron de acuerdo a lo planteado en la metodología; a su vez se analizó también el impacto financiero que la reducción del tiempo de calibración de ajuste tuvo.

3.1 Tiempos de calibración de ajuste

Para determinar si los tiempos de calibración de ajuste iniciales disminuyeron significativamente después de determinar la posición óptima de los sensores, se realizó una prueba de hipótesis de diferencia de medias.

En la sección de Comparación de tiempos de calibración de ajuste en el Apéndice B, se muestra que el valor p resultante de la prueba de hipótesis fue menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que se concluye que los tiempos de calibración iniciales disminuyeron con la mejora realizada.

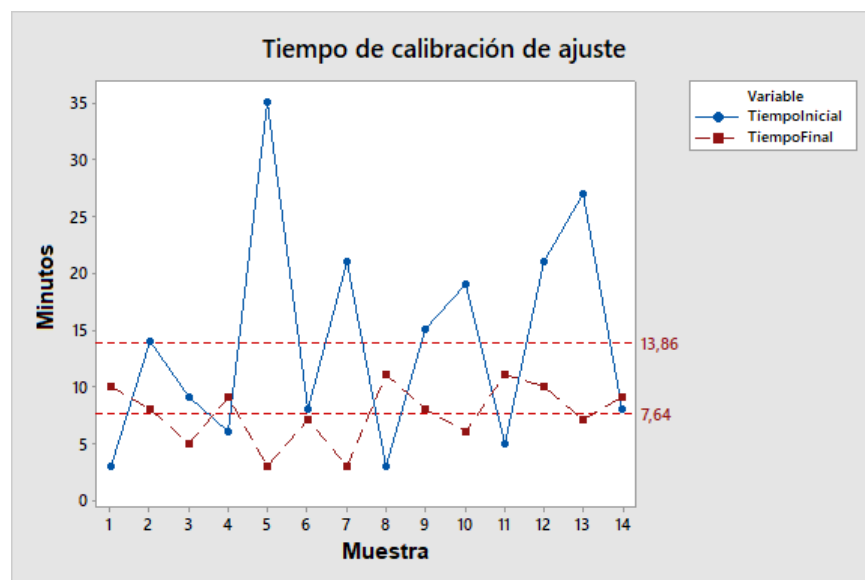


Figura 3.1 Comparación de tiempos calibración de ajuste

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Figura 3.1 se muestra una comparación de los tiempos de calibración de ajuste iniciales y finales, en donde se puede apreciar que la media de los tiempos de calibración finales es mucho menor que los finales.

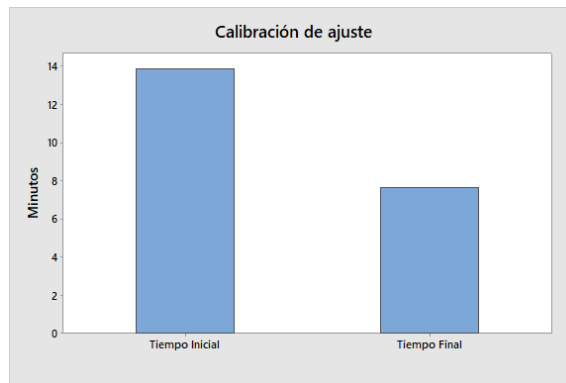


Figura 3.2 Comparación de medias de tiempos de calibración de ajuste

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Figura 3.2 se puede apreciar que los tiempos de calibración de ajuste finales han reducido en un 45% respecto a los tiempos de calibración de ajuste iniciales.

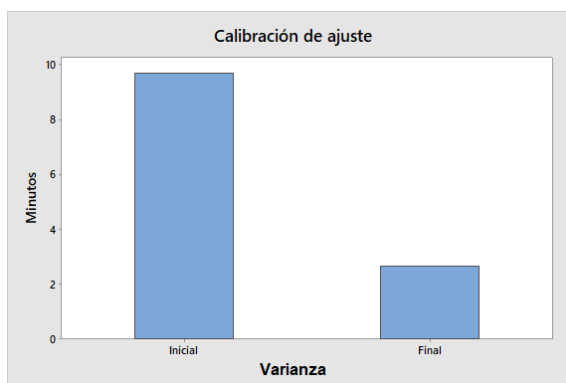


Figura 3.3 Comparación de desviación estándar de calibración de ajuste

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 3.3 se puede apreciar que la desviación estándar se redujo en un 73% después de la implementación de la mejora.

3.2 Análisis financiero

Para realizar el análisis financiero de las mejoras implementadas se tomaron en cuenta 2 aspectos: La reducción del tiempo que no agrega valor al proceso (calibración de ajuste) y el aumento en la capacidad de producción.

La reducción del tiempo que no agrega valor al proceso se refiere al tiempo en que el operario está calibrando la máquina. Este tiempo representa una pérdida a la empresa debido a que dicha actividad no agrega valor al proceso de etiquetado, por esta razón la reducción del tiempo de calibración de ajuste representa un ahorro para la empresa.

Este ahorro se lo estimó calculando el salario del operario por minuto y multiplicándolo por la diferencia de la media del tiempo de calibración de ajuste inicial y final. Este valor se lo multiplicó por 3 debido a que en promedio se encuentran 3 operarios en la máquina etiquetadora #2 y se lo llevó a unidades de \$/mes.

El aumento de la capacidad de producción se refiere al costo de oportunidad, ya que, al reducir el tiempo de calibración, la capacidad de producción aumenta.

Este aumento se lo estimó multiplicando la tasa de producción actual de la máquina (100 unidades/min) por la diferencia de la media del tiempo de calibración de ajuste inicial y final y por el costo estimado del pomo en proceso (WIP); este valor se lo llevó a unidades de \$/mes.

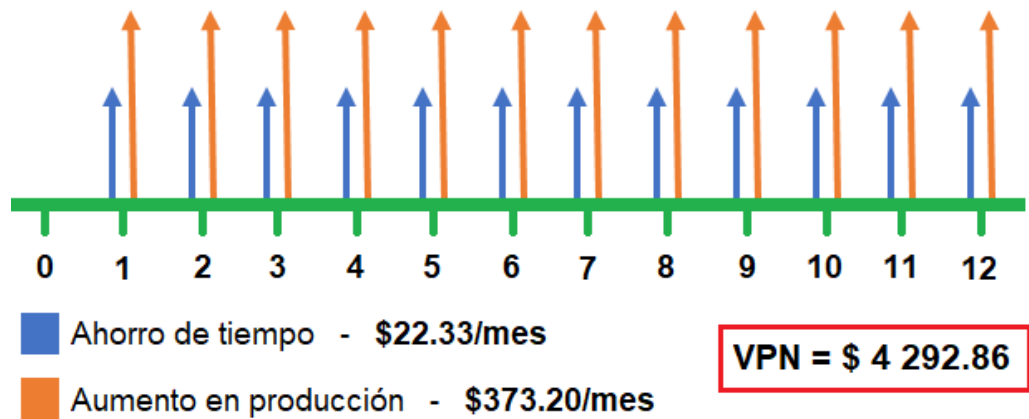


Figura 3.4 Diagrama de flujo de efectivo

Fuente: Pereira y Quizhpi, 2017

Elaboración propia

En la Figura 3.4 se muestra el diagrama de flujo de efectivo considerando los 2 rubros del análisis financiero proyectado a 12 meses. Con estos datos se calculó el valor presente neto (VPN) obteniendo \$4293, utilizando una tasa $i = 1.58\%$, la cual representa la inflación en ese periodo de tiempo.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN

En el presente proyecto se pudo apreciar la importancia de la voz del cliente (VOC) y las visitas gemba, ya que la mayor parte de la información vital para el análisis y las propuestas de mejora, especialmente para los diseños experimentales, se obtuvieron de las entrevistas con los operarios, técnicos y gerencia.

De igual manera se pudo apreciar que mediante un sencillo Poka Yoke, se puede simplificar las tareas de los operarios, produciendo que estas sean más sencillas y rápidas mejorando de esta manera su ambiente laboral.

4.1 Conclusiones

- Se identificó que el 80% de las causas de los paros no programados en la máquina de etiquetado #2 se debía a los tiempos de calibración inicial.
- Se redujo en un 73% la desviación estándar de los tiempos de calibración de ajuste de la máquina etiquetadora #2.
- Se determinó la posición óptima de los sensores AB y CD en -1, de tal manera que el desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta sea el mínimo dando como resultado que la etiqueta y contra-etiqueta salgan cuadradas.
- Se colocaron marcas visibles en la máquina etiquetadora #2 que indican la posición en la que deben estar los distintos sensores, de tal manera que la calibración de ajuste sea más rápida y fácil.

4.2 Recomendaciones

- Realizar un muestreo de selección de aceptación que mida el espesor y la altura de los pomos de 185 g, para que se cumplan las especificaciones técnicas y rechazar o no el lote .
- Cumplir con la frecuencia de limpieza de las brochas de la máquina etiquetadora #2.
- Acoplar el codificador de la máquina etiquetadora #2 a las medidas del pomo de 185 g.
- Establecer tamaños de lotes estándares para tener rollos de etiquetas por cada lote con el fin de disminuir las paradas por cambio de rollo.

BIBLIOGRAFÍA

- A. C., J. H., & N. L. (17 de 7 de 2017). *ASQ - The Global Voice of Quality*. Obtenido de Volviendo a los Fundamentos: Una Nueva Afinidad: <http://asq.org/quality-progress/2008/09/back-to-basics/volviendo-a-los-fundamentos-una-nueva-afinidad.html>
- Adkisson, J. (17 de 7 de 2017). *ASQ - The Global Voice of Quality*. Obtenido de ASQ - SIPOC Diagram template: <http://asq.org/sixsigma/2006/08/sipoc-diagram-template.html?shl=090290>
- Berardinelli, C. (17 de 7 de 2017). *ASQ - The Global Voice of Quality*. Obtenido de Back to Basics: To DMAIC or Not to DMAIC?: <http://asq.org/quality-progress/2012/11/back-to-basics/to-dmaic-or-not-to-dmaic.html>
- D. B. (2009). *Control de calidad* (Octava ed.). México D.F., México: Pearson Educación.
- D. M. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos* (Segunda ed.). México D.F., México: Limusa Wiley.
- D. M. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (Sexta ed.). Jefferson City, Arizona, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- H. G., & R. d. (2008). *Análisis y diseño experimental* (Segunda ed.). México D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana.
- Marín, J. (17 de 7 de 2017). *UC3M - Universidad Carlos III de Madrid*. Obtenido de Introducción al Diseño experimental: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Disenno/IntroDE.pdf>
- Mazur, G. (17 de 7 de 2017). *ASQ - The Global Voice of Quality*. Obtenido de Voice of the Customer Table (VOCT) - ASQ: <http://asq.org/learn-about-quality/qfd-quality-function-deployment/overview/voice-of-the-customer-table.html>
- McCain, C. (17 de 7 de 2017). *ASQ - The Global Voice of Quality*. Obtenido de Volviendo a los Fundamentos: Una Herramienta de Mucha Ayuda: <http://asq.org/quality-progress/2011/06/back-to-basics/volviendo-a-los-fundamentos-una-herramienta-de-mucha-ayuda.html>
- Nelsen, D. (17 de 7 de 2017). *ASQ - The Global Voice of Quality*. Obtenido de Para Encontrar la Causa Raiz, Por Eso Ocurre: [66](http://asq.org/quality-</p></div><div data-bbox=)

progress/2003/09/problem-solving/para-encontrar-la-causa-raiz-por-eso-ocurre.html

ReVelle, J. (1 de 8 de 2017). *ASQ - The Global Voice of Quality*. Obtenido de Todo Lo Que Hay Que Saber Acerca de los Datos: <http://asq.org/quality-progress/2006/01/problem-solving/todo-lo-que-hay-que-saber-acerca-de-los-datos.html>

APÉNDICES

APÉNDICE A

Data recolectada

Plan de recolección de datos

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS										
Proyecto:	Diseño de un Sistema de Calibración para Etiquetado					Líder(es) del Proyecto:	Daniel Pereira Víctor Quizhpi			
Who	What					When	Where	Why	How	
Responsable	Variable / Factor	Definición Operacional	Unidad de Medida	Tipo de Dato	Detalle del Muestreo	Cuándo Recolectar	Dónde Medir	Porqué recolectar	Método de Recolectación	Cómo Medir
Líderes del proyecto y operarios	t	Tiempo de calibración de la Máquina de Etiquetado # 2	Minutos	Continuo	$n = 16$ $e = 0.07$ $\alpha = 0.05$	Durante la calibración: Inicial, cambio de rollo de etiqueta*, etiqueta descuadrada.	Máquina de Etiquetado #2	Variable de respuesta. Permite determinar si el estado de la etiqueta influyó en la variabilidad del tiempo de calibración.	Observación directa	Con la ayuda de una cámara y un cronómetro.
Líderes del proyecto y operarios	y_1	Desplazamiento horizontal de Etiqueta	Milímetros	Continuo	$n = 2$ $\beta = 0.1$ $\alpha = 0.05$	Durante la corrida de producción.	Máquina de Etiquetado #2	Variable de respuesta. Permite determinar el desplazamiento horizontal de la etiqueta.	Observación directa	Con la ayuda de una herramienta visual*.
Líderes del proyecto y operarios	y_2	Desplazamiento horizontal de Contra-etiqueta	Milímetros	Continuo	$n = 2$ $\beta = 0.1$ $\alpha = 0.05$	Durante la corrida de producción.	Máquina de Etiquetado #2	Variable de respuesta. Permite determinar el desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta.	Observación directa	Con la ayuda de una herramienta visual*.
Líderes del proyecto y operarios	x_A	Posición del sensor A	1 = 1° nivel del sensor A -1 = 2° nivel del sensor A	Discreto	-	Durante la calibración: Inicial, cambio de rollo de etiqueta*, etiqueta descuadrada.	Máquina de Etiquetado #2	Factor. Permite determinar la posición del sensor A en el que el desplazamiento horizontal de la etiqueta tiende a 0.	Observación directa	Determinar los niveles del sensor A de acuerdo a la experiencia del operario.
Líderes del proyecto y operarios	x_B	Posición del sensor B	1 = 1° nivel del sensor B -1 = 2° nivel del sensor B	Discreto	-	Durante la calibración: Inicial, cambio de rollo de etiqueta*, etiqueta descuadrada.	Máquina de Etiquetado #2	Factor. Permite determinar la posición del sensor B en el que el desplazamiento horizontal de la etiqueta tiende a 0.	Observación directa	Determinar los niveles del sensor A de acuerdo a la experiencia del operario.
Líderes del proyecto y operarios	x_C	Posición del sensor C	1 = 1° nivel del sensor C -1 = 2° nivel del sensor C	Discreto	-	Durante la calibración: Inicial, cambio de rollo de etiqueta*, etiqueta descuadrada.	Máquina de Etiquetado #2	Factor. Permite determinar la posición del sensor C en el que el desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta tiende a 0.	Observación directa	Determinar los niveles del sensor A de acuerdo a la experiencia del operario.
Líderes del proyecto y operarios	x_D	Posición del sensor D	1 = 1° nivel del sensor D -1 = 2° nivel del sensor D	Discreto	-	Durante la calibración: Inicial, cambio de rollo de etiqueta*, etiqueta descuadrada.	Máquina de Etiquetado #2	Factor. Permite determinar la posición del sensor D en el que el desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta tiende a 0.	Observación directa	Determinar los niveles del sensor A de acuerdo a la experiencia del operario.

1. **Cambio de rollo de etiqueta*:** Engloba el cambio de rollo por motivo de ruptura de la etiqueta durante la corrida o el empate del nuevo rollo con el antiguo rollo.

2. **Herramienta visual*:** Dispositivo cúbico transparente en donde está dibujado en tamaño real el formato del envase, con el área en que la etiqueta se considera cuadrada.

Datos para correlación entre etiqueta y contra-etiqueta

Desplazamiento horizontal en mm		
Pomo	Etiqueta	Contra-etiqueta
1	1.5	0.0
2	-1.5	-0.5
3	1.5	0.0
4	0.5	0.0
5	-0.5	0.0
6	1.5	-0.5
7	-2.5	0.0
8	0.5	0.5
9	-1.0	0
10	1.0	-2.5
11	1.0	0.0
12	-1.5	-0.5
13	1.5	0.0
14	0.5	0.0
15	-0.5	0.0
16	1.5	-0.5
17	-2.5	0.0
18	0.0	0.5
19	-1.0	0.0
20	1.0	-2.5

Tiempos de calibración de ajuste históricos

Tiempos de calibración de ajuste históricos					
N°	Tiempo (min)	N°	Tiempo (min)	N°	Tiempo (min)
1	5	24	3	46	17
2	6	25	6	47	19
3	35	26	10	48	7
4	10	27	11	49	10
5	12	28	26	50	10
6	16	29	7	51	10
7	21	30	7	52	12
8	17	31	15	53	15
9	19	32	15	54	2
10	19	33	19	55	5
11	6	34	21	56	8
12	6	35	27	57	8
13	10	36	46	58	9
14	16	37	4	59	18
15	28	38	7	60	18
16	3	39	7	61	18
17	10	40	10	62	19
18	20	41	15	63	5
19	53	42	17	64	10
20	13	43	28	65	10
21	18	44	4	66	10
22	18	45	10	67	30
23	23				

Prueba piloto de tiempos de calibración de ajuste iniciales

Tiempos de calibración de ajuste	
N°	Tiempo (min)
1	3
2	14
3	9
4	6
5	35
6	8
7	21
8	3
9	15
10	19
11	5
12	21
13	27
14	8

Prueba piloto de desplazamiento horizontal de etiqueta y contra-etiqueta

Desplazamiento horizontal en mm				
N°	Etiqueta		Contra-etiqueta	
	Sensor A (+)	Sensor B (-)	Sensor C (-)	Sensor D (+)
6	1.0		0.0	
1	-1.5		-0.5	
7	1.5		0.0	
4	0.5		0.0	
9	-0.5		0.0	
3	1.5		-0.5	
5	-2.5		0.0	
10	0.0		0.5	
8	-1		0.0	
2	1		-2.5	

Datos para análisis R&R de instrumento de medición de desplazamiento horizontal

Desplazamiento horizontal de etiqueta en mm									
N°	Daniel			Víctor			Miguel		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5
1	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
9	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5
10	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0

Datos del diseño experimental inicial del desplazamiento horizontal de etiqueta

Desplazamiento horizontal de etiqueta en mm			
N°	Sensor A	Sensor B	Desplazamiento
1	-	-	0.0
2	+	-	3.5
3	-	+	0.0
4	+	+	0.0
5	-	-	0.5
6	+	-	3.5
7	-	+	1.0
8	+	+	1.0

Datos del diseño experimental inicial del desplazamiento horizontal de contra - etiqueta

Desplazamiento horizontal de contra-etiqueta en mm			
N°	Sensor C	Sensor D	Desplazamiento
1	-	-	0.0
2	+	-	0.5
3	-	+	1.0
4	+	+	2.5
5	-	-	0.0
6	+	-	0.0
7	-	+	1.0
8	+	+	2.0

Datos de cartas de control U inicial

No conformidades en presentación de 185 g				
Cantidad inspeccionada	No conformidades	No conformidades por unidad	Límites de control	
			UCL	LCL
137	63	0.459	0.615	0.192
134	85	0.634	0.617	0.227
134	61	0.455	0.617	0.188
134	59	0.440	0.617	0.184
105	26	0.248	0.639	0.052
106	28	0.264	0.638	0.066
97	54	0.557	0.647	0.172

Datos de correlación entre diámetro y desplazamiento horizontal de etiqueta

Relación entre diámetro de rollo y desplazamiento horizontal de etiqueta en mm					
N°	Diámetro	Etiqueta	N°	Diámetro	Etiqueta
1	174.70	0.5	18	172.70	0
2	170.80	-0.5	19	168.24	1
3	163.14	1.5	20	166.08	0
4	157.46	0.5	21	159.20	-1.5
5	152.64	-0.5	22	155.74	1.5
6	150.50	1	23	151.54	-1
7	146.50	0.5	24	150.20	0
8	143.52	-1	25	146.82	0.5
9	139.42	0	26	140.96	-0.5
10	136.80	-1	27	134.32	0.5
11	130.76	-1.5	28	132.04	-3
12	124.50	0.5	29	127.10	2.5
13	124.10	-0.5	30	124.20	-2
14	119.56	-0.5	31	122.08	0
15	117.22	3	32	119.20	-2
16	115.20	-1	33	116.48	1
17	110.92	-0.5	34	110.50	-1

Diseño experimental de desplazamiento horizontal de etiqueta y contra-etiqueta final

Desplazamiento horizontal en mm				
N°	Etiqueta		Contra-etiqueta	
	-	+	-	+
1	0.0	-3.5	-0.5	4.0
2	0.0	-2.5	0.0	2.5

Corrida verificadora de los diseños experimentales finales

Desplazamiento horizontal de etiqueta y contra-etiqueta en mm					
N°	Etiqu-0.5eta	Contra-etiqueta	N°	Etiqueta	Contra-etiqueta
1	0.0	0.0	38	1.0	0.5
2	-0.5	0.0	39	0.0	-0.5
3	-0.5	0.0	40	0.0	1.0
4	-0.5	0.5	41	1.0	-1.0
5	-0.5	0.0	42	0.0	0.0
6	-0.5	0.0	43	0.0	0.5
7	-0.5	1.0	44	0.0	0.0
8	0.0	0.0	45	0.0	-1.0
9	-1.0	-0.5	46	-1.0	0.5
10	0.5	1.0	47	0.0	0.5
11	1.0	-1.0	48	0.0	0.0
12	-1.0	0.0	49	0.5	0.5
13	0.5	0.5	50	0.5	0.0
14	0.0	0.0	51	0.5	0.5
15	-1.0	-1.0	52	0.0	1.0
16	-1.0	0.5	53	0.0	-1.0
17	0.0	0.5	54	0.0	-0.5

Desplazamiento horizontal de etiqueta y contra-etiqueta en mm					
N°	Etiqueta	Contra-etiqueta	N°	Etiqueta	Contra-etiqueta
18	0.5	0.0	55	1.0	0.0
19	0.0	1.0	56	0.0	0.0
20	0.0	-1.0	57	0.5	0.0
21	0.0	0.0	58	0.5	0.0
22	-1.0	0.0	59	-0.5	-1.0
23	0.0	0.0	60	0.0	0.0
24	0.0	1.0	61	0.0	-1.0
25	0.0	0.5	62	-0.5	0.0
26	1.0	0.0	63	0.5	0.0
27	0.0	0.5	64	0.0	0.0
28	0.0	0.0	65	0.5	1.0
29	0.0	-1.0	66	0.0	-1.0
30	-1.0	0.0	67	0.0	0.0
31	0.0	1.0	68	-0.5	-0.5
32	1.0	0.0	69	-0.5	-1.0
33	0.0	0.0	70	-1.0	0.5
34	0.5	-0.5	71	0.0	0.5
35	0.0	0.5	72	-0.5	-1.0
36	0.0	0	73	-0.5	0.0
37	-1.0	0.5	74	0.5	0.5

Datos de cartas de control U final

No conformidades en presentación de 185 g				
Cantidad inspeccionada	No conformidades	No conformidades por unidad	Límites de control	
			UCL	LCL
74	8	0.108	0.136	-0.027
73	5	0.068	0.137	-0.027
72	1	0.014	0.137	-0.028
72	4	0.056	0.137	-0.028
69	3	0.043	0.139	-0.030
71	5	0.070	0.138	-0.029
68	3	0.044	0.140	-0.030
68	2	0.029	0.140	-0.030

Tiempos de calibración de ajuste finales

Tiempos de calibración de ajuste			
N°	Tiempo (min)	N°	Tiempo (min)
1	10	8	11
2	8	9	8
3	5	10	6
4	9	11	11
5	3	12	10
6	7	13	7
7	3	14	9

Minuta de reunión 1

MINUTA DE REUNIÓN

Reunión: N°1
Fecha: 10 de mayo del 2017

Hora: 11:15 a.m.
Lugar: Gerencial general

Objetivos de la reunión:

1. Presentar el proyecto integrador a la empresa.
2. Conocer el proceso general de producción de yogur.
3. Conocer a fondo el proceso de etiquetado.
4. Recolectar los problemas y las expectativas del proceso de etiquetado.

Puntos a discutir:

- I. Políticas internas de la empresa
 - i. Charla sobre buenas prácticas de manufactura.
 - ii. Inducción sobre las normas de seguridad al ingresar a la planta.
- II. Proceso general de producción de yogur.
 - i. Presentación del diagrama VSM de la planta.
 - ii. Visita guiada a la planta.
- III. Proceso de etiquetado.
 - i. Problemas que se presentan en el proceso de etiquetado.
 - ii. Número de máquinas etiquetadoras.
 - iii. Tipos de envases que pasan por el proceso de etiquetado.
 - iv. Diferentes métodos de etiquetado.
 - v. Calibración de máquinas de etiquetado.
 - vi. Expectativas respecto al proceso de etiquetado.

Comentarios:

Se señalaron algunos comentarios en base a los temas anteriores como son:

1. Anjouli Ayala comentó que,
 - a. Dentro del proceso general de producción, el cuello de botella se encuentra en el proceso de preparación de sabor.
 - b. Existen calibraciones correctivas que se hacen en medio del proceso, debido a que la etiqueta se descuadra.
 - c. El mal etiquetado es una de la mayor causa por la que se realiza reproceso en el área de etiquetado.
2. Javier Almeida comentó que,
 - a. Se puso en marcha recientemente un plan de mantenimiento preventivo, y que de acuerdo al departamento técnico las máquinas de etiquetado están funcionando correctamente, en términos mecánicos y eléctricos.
 - b. Existen dos tipos de etiquetado: etiquetado adhesivo y etiquetado por termoencogido. Los pomos etiquetados con adhesivo, especialmente en las presentaciones pequeñas, presentan etiquetas descuadradas.
 - c. El problema de las etiquetas descuadradas se presentó después de que se hizo un downsizing a las presentaciones de pomos clásicos.

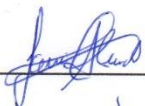
Conclusiones:

En esta primera reunión se abordaron puntos importantes respecto al etiquetado y se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo a lo expresado por Anjouli Ayala y Javier Almeida, existen muchas paradas no programadas por calibración, y estas calibraciones son causadas en gran parte porque la etiqueta sale descuadrada.
2. Como se busca convertir las paradas por calibración en paradas programadas, se acordó analizar en el tiempo de calibración de una máquina en específico.
3. Para tener un mejor panorama de la problemática en el área del etiquetado, se realizarán charlas y entrevistas con el personal de producción y los operarios.

Lista de participantes:

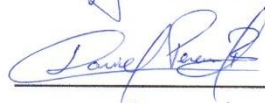
1. Ing. Javier Almeida



2. Ing. Anjouli Ayala



3. Sr. Daniel Pereira



4. Sr. Víctor Quizhpi



Minuta de reunión 2

MINUTA DE REUNIÓN

Reunión: N° 2
Fecha: 11 de mayo del 2017

Hora: 10:00 a.m.
Lugar: Área de etiquetado

Objetivos de reunión:

1. Identificar las actividades del proceso de etiquetado.
2. Identificar las partes y sensores de las máquinas de etiquetado.
3. Conocer los problemas que se presentan en el etiquetado.

Puntos a discutir:

- I. Actividades involucradas en el proceso de etiquetado.
 - i. Actividades que realiza cada operario.
- II. Partes de las máquinas de etiquetado.
 - i. Sensores utilizados para calibrar la posición de la etiqueta.
- III. Problemas que se presentan en el etiquetado.
 - i. Máquinas en donde se presentan más problemas.
 - ii. Tipos de envases en los que se presentan más problemas.
 - iii. Problemas más comunes de calibrado.
 - iv. Motivos por los que se debe calibrar.
 - v. Expectativas respecto al proceso de etiquetado.

Comentarios:

Se señalaron algunos comentarios en base a los problemas en el etiquetado, como son:

1. Ernesto López y Karla Mora comentaron que,
 - a. Las máquinas de etiquetado tienen más de 10 años, por lo que muchas veces aún cuando los sensores están calibrados, de vez cuando sale una etiqueta descuadrada.
 - b. La calibración de los sensores superiores de la etiqueta y contra-etiqueta, se calibran empíricamente mediante la prueba y el error, debido a que no existe una marca o una posición establecida en que los sensores se encuentran calibrados para una determinada presentación.
 - c. La presentación que presenta más etiquetas descuadradas es la de 185 g, la cual actualmente solo se produce en la máquina etiquetadora #2.
2. Carlos Gallegos comentó que,
 - a. Se evidenció el problema de las etiquetas descuadradas desde que se hizo el downsizing de las presentaciones de pomos clásicos, sin embargo comentó que no se ajustó el tamaño de las etiquetas.
 - b. Cada vez que una etiqueta sale muy descuadrada se tiene que volver a calibrar la máquina, y la calibración a veces es rápida pero otras veces se demora.
 - c. Otro motivo por el que se debe calibrar la máquina es para cambiar el rollo de etiquetas, ya sea porque se haya roto o se haya acabado.

Conclusiones:

En esta segunda reunión se abordaron puntos importantes respecto al etiquetado y se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. De lo observado se pudo determinar que al menos se debe tener 2 operarios en cada máquina de etiquetado, ya que 1 se encarga de alimentar la máquina, mientras el otro verifica que las etiquetas estén cuadradas y apila los pomos en una funda.
2. Se pudo determinar a su vez las principales actividades involucradas en el proceso de etiquetado adhesivo.
3. Las partes que se deben calibrar en las máquinas etiquetadoras son los sensores de la posición horizontal de la etiqueta (2), sensores de la posición horizontal de la contra-etiqueta (2), sensor inferior de etiqueta, sensor inferior de contra-etiqueta, manivela de la posición vertical de la etiqueta, manivela de la posición vertical de la contra-etiqueta, manivela de la altura de la banda superior, ancho de la banda inferior y codificador. Sin embargo, cada máquina etiquetadora se calibra de una diferente manera.
4. De acuerdo a lo expresado por los operarios, la presentación que mayor problema presenta en cuanto a etiquetas descuadradas y altos tiempos de calibración, es la de 185 g que se realiza en la máquina etiquetadora #2.
5. De lo observado se pudo determinar que el cambio del rollo etiqueta puede ser una causa para que las etiquetas salgan descuadradas aún cuando los sensores estén calibrados.
6. Solo se utilizan 2 de las 3 máquinas de etiquetado.

Lista de participantes:

1. Sr. Ernesto López

Ernesto López t.

2. Sr. Carlos Gallegos

Gallegos Carlos

3. Sra. Karla Mora

Karla Mora J.

4. Sr. Daniel Pereira

Daniel Pereira

5. Sr. Víctor Quizpi

Victor Quizpi

Minuta de reunión 3

MINUTA DE REUNIÓN

Reunión: N° 3
Fecha: 11 de mayo del 2017

Hora: 11:15 a.m.
Lugar: Oficina de producción

Objetivos de reunión:

1. Conocer la parte mecánica de las máquinas etiquetadoras.
2. Conocer el estado operativo de las máquinas etiquetadoras.
3. Conocer los problemas percibidos por el jefe de producción.

Puntos a discutir:

- I. Aspectos técnicos de las máquinas etiquetadoras.
 - i. Funcionamiento de los sensores.
 - ii. Funcionamiento de las manivelas.
- II. Estado operativo de las máquinas etiquetadoras.
 - i. Mantenimientos correctivos.
 - ii. Mantenimientos preventivos.
- III. Problemas percibidos por el jefe de producción.
 - i. Máquinas en donde se presentan más problemas.
 - ii. Tipos de envases en los que se presentan más problemas.
 - iii. Expectativas respecto al proceso de etiquetado.

Comentarios:

Se señalaron algunos comentarios en base a los temas anteriores, como son:

1. Edmundo León comentó que,
 - a. Las máquinas de etiquetado tienen un PLC que controla los pasos del motor, tanto la etiqueta como la contra-etiqueta tiene 3 sensores respectivamente. 1 sensor determina la cantidad de luz que atraviesa la etiqueta, de esta manera el sensor para el motor cuando no encuentra una etiqueta en el rollo. Los otros 2 sensores determinan que tanto se desplaza la etiqueta horizontalmente. Todos los sensores se comunican a través de fibra óptica.
 - b. Las máquinas de etiquetado tienen 3 manivelas, 1 de ellas controla la altura del envase, mientras que las otras 2 controlan el desplazamiento vertical de la etiqueta y la contra-etiqueta.
 - c. Las vibraciones producidas por las máquinas etiquetadoras son mínimas, prácticamente despreciables, y no afectan al funcionamiento de las máquinas.
 - d. De acuerdo a los técnicos de mantenimiento, las máquinas se encuentran en perfecto estado, incluso se cambió recientemente uno de los PLC de una máquina.
 - e. Se está empezando a hacer un plan de mantenimiento preventivo, en especial para las máquinas más antiguas.
 - f. Los problemas de etiquetas descuadradas se presentan con mayor frecuencia en las presentaciones más pequeñas, ya que es más evidente.
 - g. El problema de las etiquetas descuadradas se hizo evidente en el mes de enero del 2017, cuando solo quedó en funcionamiento una

de las máquinas etiquetadoras. También este problema se presentó después de hacer el downsizing.

- h. Existen también problemas de reproceso por mal codificado, esto quiere decir que a veces el código no es legible o está fuera de centro.
- i. Para evitar que las etiquetas salgan desviadas, se pone un peso de plomo al rollo de etiqueta para evitar que por el movimiento este se alce.

Conclusiones:

En esta tercera reunión se abordaron puntos importantes respecto las máquinas de etiquetado y se llegaron a las siguientes conclusiones:

- 1. De acuerdo al jefe de producción y a los técnicos de mantenimiento las máquinas etiquetadoras se encuentran en perfecto estado.
- 2. Se pudo determinar los sensores y manivelas que afectan que la etiqueta salga o no cuadrada.
- 3. Se pudo identificar que la presentación de 185 g presenta los mayores problemas en cuanto al cuadro de las etiquetas y por ende la máquina con mayores problemas es la etiquetadora #2.
- 4. Se pudo identificar que el reproceso no solo es causado por las etiquetas descuadradas, sino también por el mal codificado.

Lista de participantes:

1. Ing. Edmundo León



2. Sr. Daniel Pereira



3. Sr. Víctor Quizhpi



Minuta de reunión 4

MINUTA DE REUNIÓN

Reunión: N° 4

Fecha: 15 de mayo del 2017

Hora: 10:30 a.m.

Lugar: Oficina de planificación

Objetivos de reunión:

1. Conocer la demanda de la presentación de 185 g.
2. Conocer el tamaño de lote manejado para la presentación de 185 g.

Puntos a discutir:

- I. Demanda de la presentación de 185 g.
 - i. Datos históricos de la demanda.

- II. Tamaño de lote de la presentación de 185 g.
 - i. Tamaño de lote estándar.

Comentarios:

Se señalaron algunos comentarios en base a los temas anteriores, como son:

1. Javier Almeida comentó que,
 - a. La planificación de la producción se la realiza semanalmente, sin embargo, siempre se hace un ajuste el día lunes a primera hora para tener la información real actualizada.
 - b. Los pomos clásicos siempre se etiquetan con 1 día de anticipación, solo en casos excepcionales, se han etiquetado con 2 días de anticipación.
 - c. La demanda de los pomos clásicos, en particular la de 185 g, se comporta de manera estacionaria, ya que en el año tiene al menos 3 picos de demanda, por esta razón se dificulta el pronóstico de la demanda.
 - d. No existen tamaños de lote estándares, ni tamaños de lote por presentación, los lotes de producción dependen únicamente del pronóstico de la demanda y la disponibilidad de las máquinas de etiquetado y envasado.

Conclusiones:

En esta cuarta reunión se abordaron puntos importantes respecto a la demanda y tamaño de lote de la presentación de 185 g, y se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo al encargado de la planificación de la producción, la demanda se comporta de manera estacionaria, teniendo picos al menos 3 veces en el año.
2. La planificación de la producción se la realiza semanalmente, sin embargo, se la debe ajustar los lunes a primera hora debido a que los lunes se cuenta con la información real necesaria para la planificación.
3. Los tamaños de lote se manejan de acuerdo al pronóstico de la demanda y la disponibilidad tanto de las etiquetadoras como de las envasadoras, lo que dificulta que sean estándares.

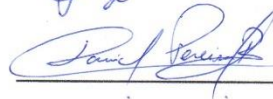
Lista de participantes:

1. Ing. Javier Almeida



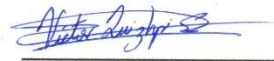
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Javier Almeida', written over a horizontal line.

2. Sr. Daniel Pereira



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daniel Pereira', written over a horizontal line.

3. Sr. Víctor Quizpi



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Victor Quizpi', written over a horizontal line.

Minuta de reunión 5

MINUTA DE REUNIÓN

Reunión: N° 5
Fecha: 15 de mayo del 2017

Hora: 11:30 a.m.
Lugar: Oficina de calidad

Objetivos de reunión:

1. Determinar la factibilidad de etiquetar los pomos clásicos con 3 días de anticipación.
2. Determinar la factibilidad de cambiar el número de etiquetas por rollo en la presentación de 185 g.

Puntos a discutir:

- I. Aspectos de la calidad del proceso de etiquetado.
 - i. Inocuidad de los pomos.
 - ii. Almacenaje de pomos etiquetados.
- II. Rollo de etiquetas.
 - i. Proveedores.
 - ii. Tamaños actuales.

Comentarios:

Se señalaron algunos comentarios en base a los temas anteriores, como son:

1. Jorky Veliz comentó que,
 - a. Los pomos clásicos son dados por Fadesa son tratados a altas temperaturas por lo que no contienen contaminantes, además salen sellados en doble funda. Para pasar al proceso de etiquetado se retira la primera funda, luego se etiquetan los pomos e inmediatamente se los ingresa a una nueva funda, protegiendo así la inocuidad del producto.
 - b. Los pomos se pueden envasar hasta con 3 días de haber sido etiquetados, siempre y cuando se garantice que la funda que cubre los pomos esté completamente en buen estado para evitar contaminación cruzada con el ambiente.
 - c. Lo ideal es etiquetar los pomos y envasarlos lo más pronto posible, sin embargo, para esto se requeriría que se unan las líneas de envasado y etiquetado, pero por cuestiones de espacio no es posible; adicionalmente se debería adquirir un túnel de secado para que se pueda imprimir el código al final del proceso.
2. Johanna Luque comentó que,
 - a. Solo se tiene un proveedor para las etiquetas de los pomos clásicos. Actualmente los tamaños son de 5000 y 3000 etiquetas.
 - b. Actualmente se hace el pedido de las etiquetas al proveedor con al menos con 15 días de anticipación.
 - c. El proveedor se puede ajustar a los requerimientos de Chivería, por lo que el número de etiquetas por rollo puede modificarse sin ningún problema.

Conclusiones:

En esta quinta reunión se abordaron puntos importantes respecto a los aspectos de calidad y rollos de etiquetas, y se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo a Jorky Veliz, en términos de la calidad e inocuidad de los pomos, se puede etiquetar y almacenar un pomo hasta 3 días antes de su envasado; sin embargo, por motivos de espacio no es recomendable.
2. De acuerdo a Johanna Luque, el número de etiquetas por rollo se puede cambiar siempre y cuando se lo haga con al menos 15 días de anticipación.

Lista de participantes:

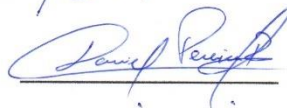
1. Dr. Jorky Veliz



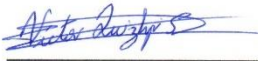
2. Ing. Johanna Luque



3. Sr. Daniel Pereira



4. Sr. Víctor Quizhpi



Minuta de reunión 6

MINUTA DE REUNIÓN

Reunión: N° 6
Fecha: 31 de mayo del 2017

Hora: 2:30 p.m.
Lugar: Oficina administrativa

Objetivos de reunión:

1. Determinar un rango de tolerancia para la etiqueta y contra-etiqueta de la presentación de 185 g.
2. Determinar un diseño de experimentos para encontrar la posición óptima de los sensores de la máquina etiquetadora #2.

Puntos a discutir:

- I. Tolerancia de la etiqueta y contra-etiqueta.
 - i. Tolerancia horizontal.
 - ii. Tolerancia vertical.
- II. Diseño de experimentos.
 - i. Determinación de factores y niveles.
 - ii. Variable de respuesta.

Comentarios:

Se señalaron algunos comentarios en base a los temas anteriores, como son:

1. Anjouli Ayala comentó que,
 - a. La tolerancia de la etiqueta y la contra-etiqueta debía ser el espacio disponible para que esta vaya pegada, es decir, un área de 57 mm x 28 mm.
 - b. Para poder medir de mejor manera si una etiqueta está o no dentro del área de tolerancia, se debería hacer un instrumento visual en donde esté marcada el área de tolerancia.
 - c. Para determinar los factores del diseño de experimentos, se debe conversar con los operarios para identificar cuáles son los sensores y manivelas que afectan a que la etiqueta esté o no cuadrada. Para determinar los niveles también se debe conversar con los operadores en donde se suele ubicar los sensores y manivelas para que las etiquetas salgan cuadradas.

Conclusiones:

En esta sexta reunión se abordaron puntos importantes respecto al diseño de experimentos y se llegaron a las siguientes conclusiones:

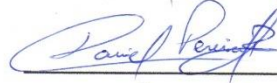
1. De acuerdo a lo expresado por Anjouli Ayala, la tolerancia del cuadro de la etiqueta debe ser de 57 mm x 28 mm.
2. Se debe diseñar un instrumento de medición que sea fácil de usar e intuitivo, que permita determinar si una etiqueta está o no cuadrada (dentro del área de tolerancia).
3. Los factores y niveles del diseño de experimentos se los debe determinar mediante la experiencia de los operarios de la máquina etiquetadora #2.

Lista de participantes:

1. Ing. Anjouli Ayala



2. Sr. Daniel Pereira



3. Sr. Víctor Quizhpi



Minuta de reunión 7

MINUTA DE REUNIÓN

Reunión: N° 7
Fecha: 1 de junio del 2017

Hora: 10:30 a.m.
Lugar: Área de etiquetado

Objetivos de reunión:

1. Determinar la variable de respuesta del diseño de experimentos.
2. Determinar los factores y niveles del diseño de experimentos.

Puntos a discutir:

- I. Variable de respuesta.
 - i. Etiqueta.
 - ii. Contra-etiqueta.
- II. Factores y niveles.
 - i. Sensores.
 - ii. Manivelas.
 - iii. Condiciones básicas de operación.

Comentarios:

Se señalaron algunos comentarios en base a los temas anteriores, como son:

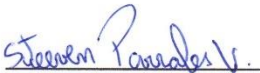




1. Steeven Parrales comentó que,
 - a. Los sensores que más se ajustan para calibrar la etiqueta son los sensores superiores, tanto de la etiqueta como de la contra-etiqueta.
 - b. Al mover los sensores de la etiqueta no se afecta la posición de la contra-etiqueta y viceversa.
 - c. La velocidad de la banda siempre está al máximo el cual es 50 Hz.
 - d. La frecuencia tanto de la etiqueta como de la contra-etiqueta debe ser 3700 Hz.
2. Juan Ortíz comentó que,
 - a. Los sensores inferiores tanto de la etiqueta como de la contra-etiqueta, son los que menos se manipula. Sin embargo, si el sensor no apunta a una determina parte de la etiqueta, esta saldrá descuadrada; este problema se ha presentado debido a que cambiaron la tonalidad de la etiqueta.
3. Kenya Choez comentó que,
 - a. Los sensores superiores son los que más se manipulan para calibrar la etiqueta y aun cuando las manivelas controlan la posición vertical de la etiqueta, estas casi no se mueven.
 - b. Cuando se calibran los sensores superiores, se los mueve milímetros, sin embargo, ya se tiene identificado donde se suele ubicar los sensores para que la etiqueta salga cuadrada.

Conclusiones:

En esta séptima reunión se abordaron puntos importantes respecto al diseño de experimentos y se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Tentativamente se tendrán 2 variables de respuestas ya que la posición de la etiqueta aparentemente es independiente de la posición de la contra-etiqueta.
2. Los factores que intervendrían en el diseño de experimentos son los sensores superiores de la etiqueta y de la contra-etiqueta. Para efectos de simplicidad se tomará como una constante las manivelas y como condición básica de operación la posición de los sensores inferiores respecto al rollo de etiquetas.
3. Los niveles de los sensores superiores se los determinó en base a las posiciones que Kenya Choez indicó, y en base a lo observado al momento de calibrar la máquina etiquetadora #2.
4. Las condiciones básicas de operación deben incluir la altura de la banda superior, el ancho de la banda inferior, la posición de los sensores inferiores, las frecuencias de los sensores y la velocidad de la banda.

Lista de participantes:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Sr. Steeven PARRALES |  |
| 2. Sr. Juan ORTIZ |  |
| 3. Sra. Kenya CHOEZ |  |
| 4. Sr. Daniel PEREIRA |  |
| 5. Sr. Víctor QUIZHPI |  |

Minuta de reunión 8

MINUTA DE REUNIÓN

Reunión: N° 8

Hora: 3:00 p.m.

Fecha: 5 de junio del 2017

Lugar: Oficina de mantenimiento

Objetivos de reunión:

1. Conocer el estado de la máquina etiquetadora #2.
2. Conocer el mantenimiento que ha tenido la máquina etiquetadora #2.

Puntos a discutir:

- I. Fallas en la máquina etiquetadora #2.
 - i. Sensores.
 - ii. Mecanismos internos.
- II. Estado actual.
 - i. Sensores.
 - ii. Mecanismos internos.

Comentarios:

Se señalaron algunos comentarios en base a los temas anteriores, como son:

1. Wlayimer González comentó que,
 - a. La máquina etiquetadora #2 no ha presentado mayores problemas o averías respecto a los sensores, manivelas y mecanismos; sin embargo, recientemente se tuvo que cambiar el PLC.
 - b. Previamente no se contaba con un plan de mantenimiento preventivo, pero se revisaba eventualmente las máquinas etiquetadoras.
 - c. Actualmente los sensores y mecanismos internos de la máquina etiquetadora #2 se encuentran funcionando correctamente.

Conclusiones:

En esta octava reunión se abordaron puntos importantes respecto al estado y mantenimiento de la máquina etiquetadora #2 y se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo a Wlayimer González, el único inconveniente que se ha presentado en la máquina etiquetadora #2 ha sido el cambio del PLC, mas las manivelas, sensores y demás se encuentran funcionando perfectamente.

Lista de participantes:

1. Sr. Wlayimer González

Wlayimer González

2. Sr. Daniel Pereira

Daniel Pereira

3. Sr. Víctor Quizhpi

Víctor Quizhpi

Limpieza de brochas

Brochas

1. Desajustar los pernos de apriete.

2. Retirar las brochas.

Pañuelo

3. Remojar el pañuelo con diluyente.

4. Limpiar las brochas.

5. Colocar las brochas.

6. Ubicar la brocha hacia la etiqueta.

7. Ajustar el perno de apriete.

No olvidar el uso de EPP

USO OBLIGATORIO DE SABA	USO OBLIGATORIO DE CUBREBOCAS	USO OBLIGATORIO DE CASACA
USE SUS GUANTES	USE SU CALZADO	CONSERVE SIEMPRE SU MÁQUINA

**L
I
S
T
O**

APÉNDICE B
Análisis y cálculos

Correlación entre etiqueta y contra-etiqueta

Para determinar si existe relación entre el desplazamiento horizontal de la etiqueta y contra-etiqueta se realizó la prueba de correlación de Pearson y otra de Spearman Rho en el software Minitab 17 con los datos del Apéndice A, en el que con una prueba de hipótesis $H_0: \rho = 0$ vs. $H_1: \rho \neq 0$ con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor $p = 0.358$ y $p = 0.503$ no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para confirmar que el desplazamiento de la etiqueta esté relacionado con el desplazamiento de la contra-etiqueta, por ello se tomarán como variables independientes para el diseño experimental.

Correlation: Etiqueta; ContraEtiqueta

Pearson correlation of Etiqueta and ContraEtiqueta = -0,217
P-Value = 0,358

Spearman Rho: Etiqueta; ContraEtiqueta

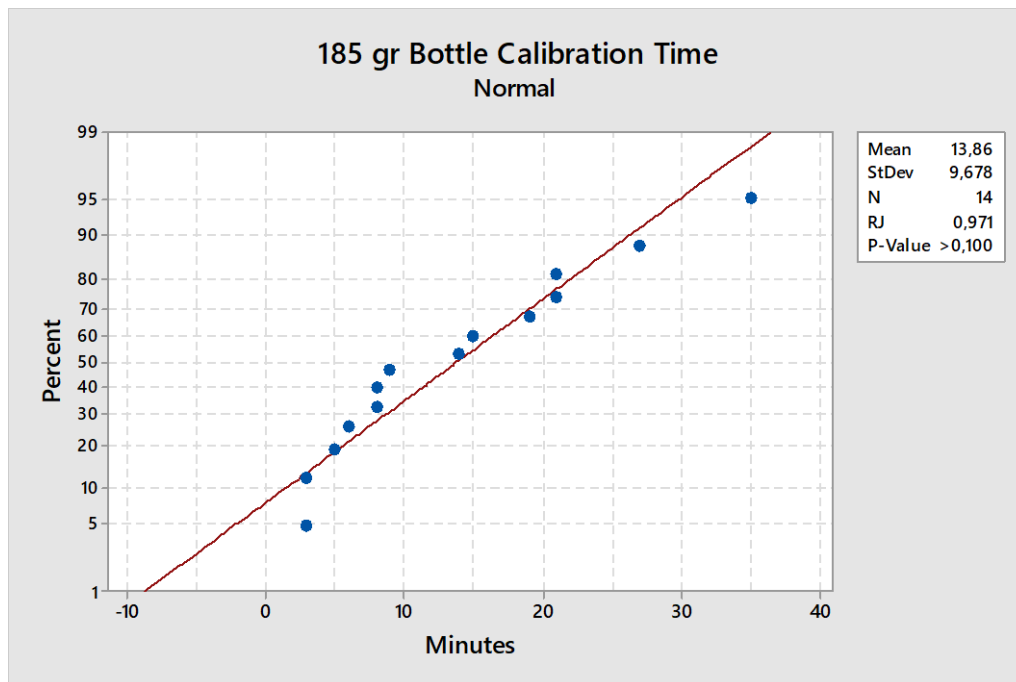
Spearman rho for Etiqueta and ContraEtiqueta = -0,159
P-Value = 0,503

Prueba de normalidad para tiempos de calibración de ajuste iniciales

Se realizó una prueba de normalidad Ryan-Joiner de los datos tomados al inicio del proyecto de los tiempos de calibración de ajuste iniciales de la presentación de 185 g en la máquina etiquetadora #2, utilizando la siguiente prueba de hipótesis, donde:

H_0 : Los tiempos de calibración del formato de 185 g provienen de una población distribuida normalmente.

H_1 : Los tiempos de calibración del formato de 185 g no provienen de una población distribuida normalmente.



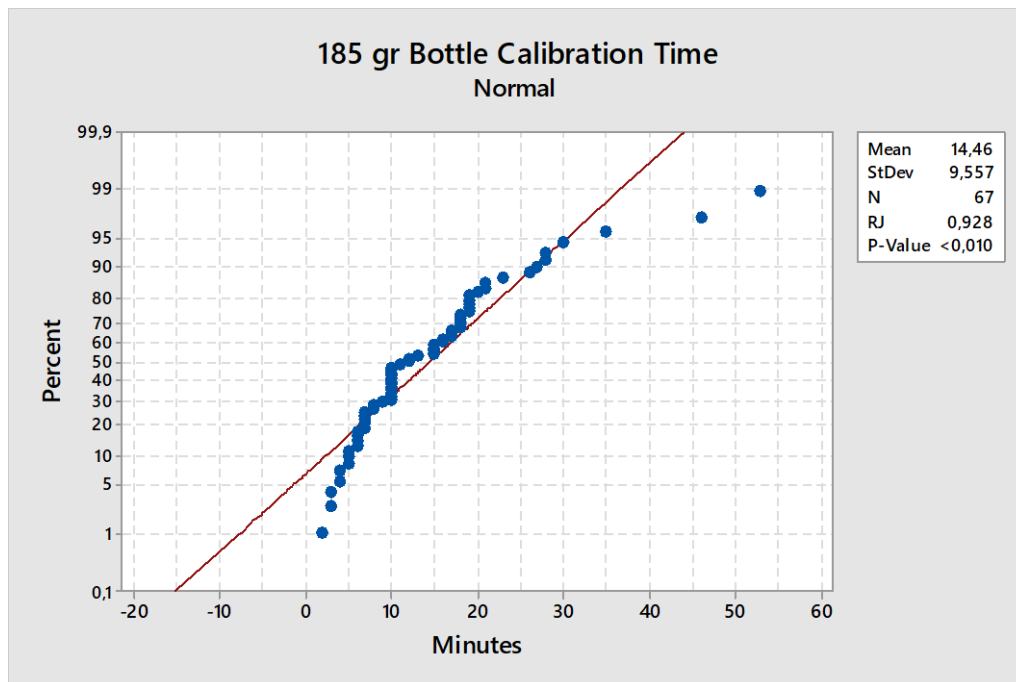
De la prueba de normalidad se pudo determinar que debido a que el valor $p > 0.10$ y el coeficiente RJ es cercano a 1, no se rechazó la hipótesis nula y se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para demostrar que los tiempos de calibración de ajuste iniciales no tienen una Distribución Normal.

Prueba de normalidad para tiempos de calibración de ajuste históricos

Utilizando el software Minitab 17 se realizó una prueba de normalidad Ryan-Joiner de los datos históricos de los tiempos de calibración del formato de 185 g en la máquina etiquetadora #2, utilizando la siguiente prueba de hipótesis, donde:

H_0 : Los tiempos de calibración del formato de 185 g provienen de una población distribuida normalmente.

H_1 : Los tiempos de calibración del formato de 185 g no provienen de una población distribuida normalmente.



De la prueba de normalidad se pudo determinar que aun cuando el valor p es menor a 0.010 y el coeficiente RJ es cercano a 1, sabiendo que esta prueba evalúa la normalidad de los datos calculando la correlación y las puntuaciones normales, por lo tanto, no se rechazó la hipótesis nula, concluyendo que no existe suficiente evidencia estadística de que los tiempos de calibración de ajuste históricos no tienen una Distribución Normal.

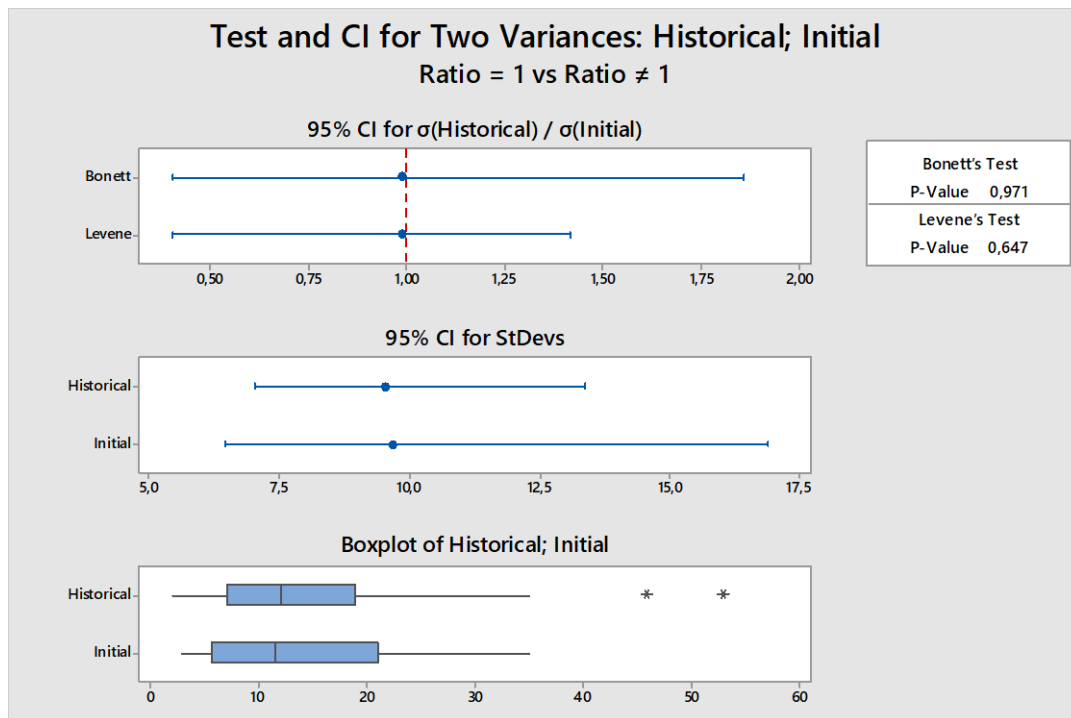
Prueba de hipótesis de razón de varianza de los tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales.

Se realizó una prueba de hipótesis para determinar si existe diferencia significativa entre las varianzas de los tiempos de calibración históricos e iniciales, utilizando las siguientes hipótesis:

H_0 : La relación entre las varianzas de las poblaciones (σ^2_h/σ^2_i) es igual a 1.

H_1 : La relación entre las varianzas de las poblaciones (σ^2_h/σ^2_i) no es igual a 1.

Donde σ^2_h es la varianza de los tiempos de calibración de ajuste históricos y σ^2_i es la varianza de los tiempos de calibración de ajuste iniciales.



De la prueba realizada se pudo determinar que el valor p es mayor a 0.05 tanto con método de Bonette como con el de Levene, por lo que no se rechazó la hipótesis nula concluyendo que no existe suficiente evidencia estadística para contradecir que no existe diferencia significativa entre las varianzas de los tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales.

Prueba de hipótesis de diferencia de medias de los tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales

Partiendo de que los tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales tienen Distribución Normal, se utilizó el software Minitab 17 para realizar una prueba de hipótesis de diferencia de medias, para determinar si existe o no una diferencia significativa, planteando las siguientes hipótesis:

H_0 : La diferencia entre las medias de las poblaciones ($\mu_h - \mu_i$) es igual a 0.

H_1 : La diferencia entre las medias de las poblaciones ($\mu_h - \mu_i$) no es igual a 0.

Donde μ_h es la media poblacional de los tiempos de calibración de ajuste históricos y μ_i es la media poblacional de los tiempos de calibración de ajuste iniciales.

Two-Sample T-Test and CI: Historical; Initial

Two-sample T for Historical vs Initial

	N	Mean	StDev	SE Mean
Historical	67	14,46	9,56	1,2
Initial	14	13,86	9,68	2,6

Difference = μ (Historical) - μ (Initial)

Estimate for difference: 0,61

95% CI for difference: (-5,36; 6,57)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 0,21 **P-Value = 0,833** DF = 18

De la prueba de diferencia de medias, se pudo determinar que el valor $p = 0.833$ es mayor al valor $T = 0.21$, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, por lo que no existe suficiente evidencia estadística para contradecir que no existe diferencia significativa entre las medias de los tiempos de calibración de ajuste históricos e iniciales.

Estudio R&R de instrumento de medición de desplazamiento horizontal

Para el estudio R&R, se utilizaron los datos del Apéndice A y mediante el software Minitab 17 se realizó un estudio R&R cruzado, obteniendo los siguientes resultados:

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parte	9	159,056	17,6728	2489,57	0,000
Observador	2	0,039	0,0194	2,74	0,092
Parte * Observador	18	0,128	0,0071	0,85	0,635
Repeatability	60	0,500	0,0083		
Total	89	159,722			

α to remove interaction term = 0,05

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,00843	0,43
Repeatability	0,00805	0,41
Reproducibility	0,00038	0,02
Observador	0,00038	0,02
Part-To-Part	1,96275	99,57
Total Variation	1,97118	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,09181	0,55083	6,54
Repeatability	0,08971	0,53828	6,39
Reproducibility	0,01949	0,11694	1,39
Observador	0,01949	0,11694	1,39
Part-To-Part	1,40098	8,40590	99,79
Total Variation	1,40399	8,42393	100,00

Number of Distinct Categories = 21

En la tabla ANOVA se puede apreciar que solo la fuente "Parte" es significativamente una causa de variación debido a que su valor $p = 0.000$, sin embargo,

la fuente “Observador” y la interacción “Parte * Observador” no son significativamente una causa de variación ya que su valor **p** es menor a **0.05**.

El porcentaje de contribución del estudio R&R fue **%Cont = 0.43%**, y de acuerdo al ASQ si el porcentaje de contribución del estudio es menor al 1%, implica que el estudio es excelente.

De igual manera el porcentaje de variación del estudio R&R fue **%SV = 6.54%**, y de acuerdo al ASQ si el porcentaje de variación del estudio es menor al 10%, implica que el estudio es excelente.

Diseño experimental de desplazamiento horizontal de etiqueta inicial

Para el primer diseño experimental inicial se utilizaron los datos del Apéndice A, definiendo la siguiente ecuación de diseño:

$$y_{1ijk} = \mu_1 + \alpha_1 x_{A_i} + \beta_1 x_{B_j} + \gamma_1 x_A x_{B_{ij}} + \varepsilon_{1ijk}$$

Donde,

y_1 : Desplazamiento horizontal de la etiqueta.

x_{A_i} : Posición del sensor A con niveles $i = -1, +1$.

x_{B_j} : Posición del sensor B con niveles $j = -1, +1$.

$x_A x_{B_{ij}}$: Interacción entre la posición del sensor A y B.

μ_1 : Coeficiente del diseño experimental.

α_1 : Coeficiente de la posición del sensor A.

β_1 : Coeficiente de la posición del sensor B.

γ_1 : Coeficiente de la interacción de la posición del sensor A y B.

ε_1 : Error del diseño experimental.

Factorial Regression: Etiqueta versus SensorA; SensorB

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	14,344	4,7813	17,00	0,010
Linear	2	9,063	4,5313	16,11	0,012
SensorA	1	5,281	5,2813	18,78	0,012
SensorB	1	3,781	3,7813	13,44	0,021
2-Way Interactions	1	5,281	5,2813	18,78	0,012
SensorA*SensorB	1	5,281	5,2813	18,78	0,012
Error	4	1,125	0,2813		
Total	7	15,469			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,530330	92,73%	87,27%	70,91%

$$\text{Etiqueta} = 1,188 + 0,813 \text{ SensorA} - 0,688 \text{ SensorB} - 0,813 \text{ SensorA*SensorB}$$

En la Figura se muestran los resultados del diseño experimental, en donde se muestra que los valores p de la posición del sensor A, sensor B y la interacción del sensor A y B son menores al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que se concluye que estas fuentes si tienen efecto sobre el desplazamiento horizontal de la etiqueta.

De igual manera se muestra que el poder de explicación del modelo es del 92.73 %, lo que implica que el 92.73% de la variación del desplazamiento horizontal de la etiqueta es explicado por la ecuación del diseño experimental:

$$y_1 = 1.188 + 0.813x_A - 0.688x_B - 0.813x_Ax_B$$

Utilizando el software Minitab 17, se determinó la posición óptima de los sensores A y B en la que el desplazamiento horizontal de la etiqueta sea 0 mm, obteniendo como resultado que la posición del sensor A y B debe ser -1 y -1.

Diseño experimental de desplazamiento horizontal de contra-etiqueta inicial

Para el segundo diseño experimental inicial se utilizaron los datos del Apéndice A, definiendo la siguiente ecuación de diseño:

$$y_{2ijk} = \mu_2 + \alpha_2 x_{C_i} + \beta_2 x_{D_j} + \gamma_2 x_C x_{D_{ij}} + \varepsilon_{2ijk}$$

Donde,

y_2 : Desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta.

x_{C_i} : Posición del sensor C con niveles $i = -1, +1$.

x_{D_j} : Posición del sensor D con niveles $j = -1, +1$.

$x_C x_{D_{ij}}$: Interacción entre la posición del sensor C y D.

μ_2 : Coeficiente del diseño experimental.

α_2 : Coeficiente de la posición del sensor C.

β_2 : Coeficiente de la posición del sensor D.

γ_2 : Coeficiente de la interacción de la posición del sensor C y D.

ε_2 : Error del diseño experimental.

Factorial Regression: ContraEtiqueta versus SensorC; SensorD

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	6,1250	2,04167	32,67	0,003
Linear	2	5,6250	2,81250	45,00	0,002
SensorC	1	1,1250	1,12500	18,00	0,013
SensorD	1	4,5000	4,50000	72,00	0,001
2-Way Interactions	1	0,5000	0,50000	8,00	0,047
SensorC*SensorD	1	0,5000	0,50000	8,00	0,047
Error	4	0,2500	0,06250		
Total	7	6,3750			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,25	96,08%	93,14%	84,31%

Regression Equation in Uncoded Units

$$\text{ContraEtiqueta} = 0,8750 + 0,3750 \text{ SensorC} + 0,7500 \text{ SensorD} + 0,2500 \text{ SensorC*SensorD}$$

En la Figura se muestran los resultados del diseño experimental, en donde se muestra que los valores p de la posición del sensor C, sensor D y la interacción del sensor C y D son menores al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que se concluye que estas fuentes si tienen efecto sobre el desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta.

De igual manera se muestra que el poder de explicación del modelo es del 96.08 %, lo que implica que el 96.08% de la variación del desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta es explicado por la ecuación del diseño experimental:

$$y_2 = 0.8750 + 0.3750x_C + 0.7500x_D + 0.2500x_Cx_D$$

Utilizando el software Minitab 17, se determinó la posición óptima de los sensores C y D en la que el desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta sea 0 mm, obteniendo como resultado que la posición del sensor C y D debe ser -1 y -1.

Gráfica de control U

Para construir la gráfica de control U, se utilizaron los datos del Apéndice A, donde se muestran la cuenta de no conformidades por unidad de la presentación de 185 g, utilizando las siguientes fórmulas:

$$u = \frac{c}{n} \quad ; \quad UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad ; \quad LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Donde:

u : Cuenta de no conformidades por unidad en un subgrupo.

\bar{u} : Cuenta promedio de no conformidades por unidad para muchos subgrupos.

c : Cuenta de no conformidades en un subgrupo.

n : Cantidad inspeccionada en un subgrupo.

Se obtuvo una cuenta de no conformidad por unidad junto con sus respectivos límites superiores e inferiores por día, construyendo de esta manera la gráfica de control

mostrada en la Figura 2.17, en donde se muestra que en el segundo día se estuvo fuera de control.

Verificación de causa 2.3 Descalibración al final del rollo

La causa 2.3 suponía que, a menor diámetro del rollo de etiquetas, mayor era el desplazamiento horizontal de la etiqueta, entonces para determinar si existe relación entre el diámetro del rollo de etiquetas y el desplazamiento horizontal de la etiqueta se realizó la prueba de correlación de Pearson y otra de Spearman Rho en el software Minitab 17 con los datos del Apéndice A.

Donde con una prueba de hipótesis $H_0: \rho = 0$ vs. $H_1: \rho \neq 0$ con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor $p = 0.354$ y $p = 0.164$ no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para confirmar que el diámetro del rollo de etiquetas esté relacionado con el desplazamiento de la etiqueta.

En conclusión, como no existe relación lineal entre el diámetro y el desplazamiento horizontal de la etiqueta, la causa 2.3 no supone una cause potencial.

Correlation: Diametro; Etiqueta

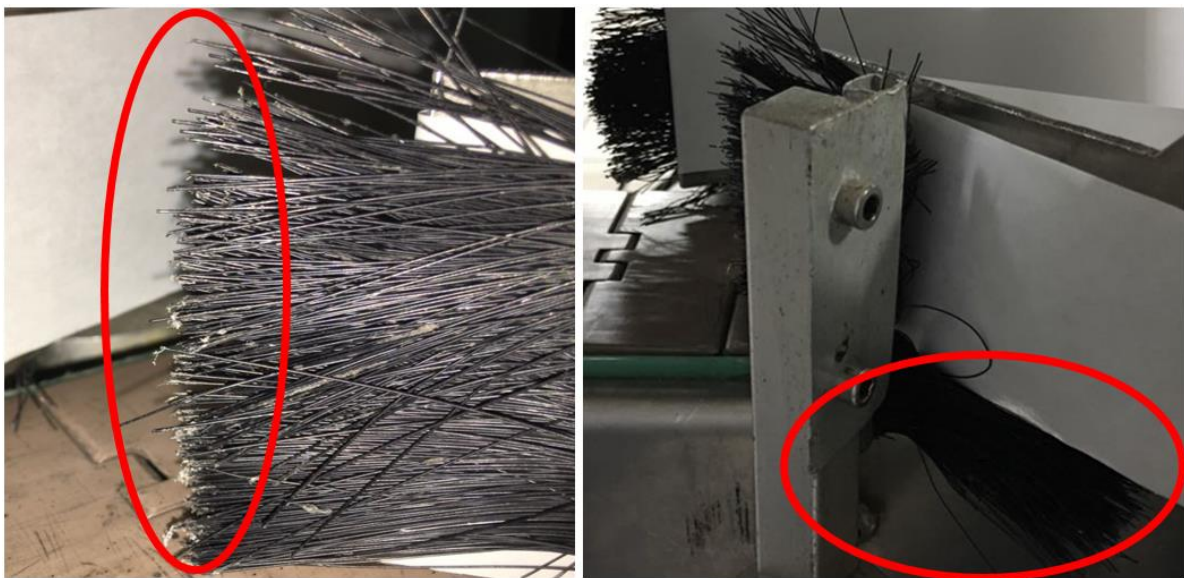
Pearson correlation of Diametro and Etiqueta = 0,164
P-Value = 0,354

Spearman Rho: Diametro; Etiqueta

Spearman rho for Diametro and Etiqueta = 0,244
P-Value = 0,164

Verificación de causa 2.4 Brocha en mal estado

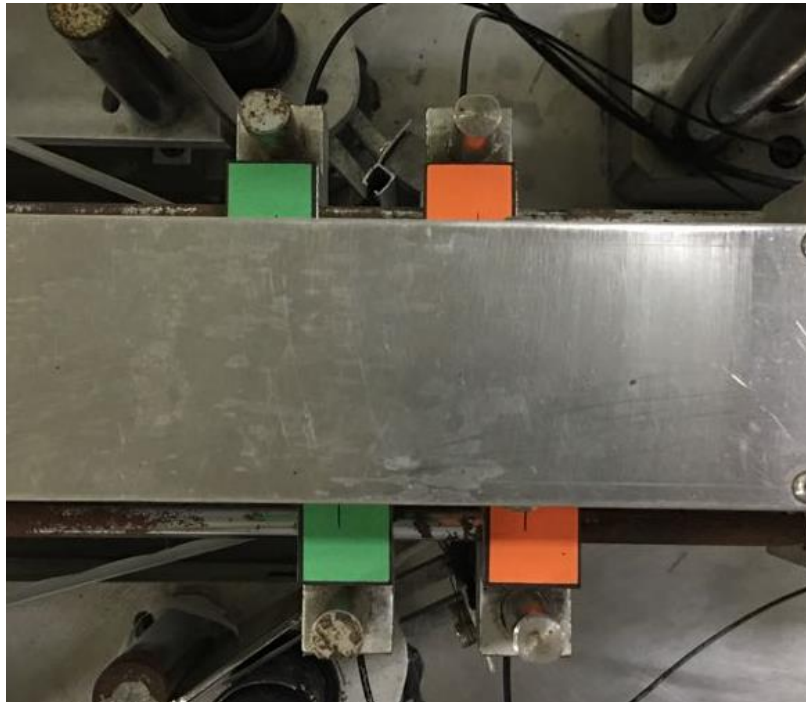
Para la verificación de la causa 2.4 “Brocha en mal estado”, se procedió a revisar las 2 brochas de la máquina etiquetadora #2, y se pudo evidenciar que estas si poseen exceso de goma en sus cerdas, además en una brocha las cerdas se encuentran deformadas y dobladas hacia fuera como se muestra en la Figura.



Luego se entrevistó al personal de mantenimiento acerca del impacto que tendría la acumulación de goma en las cerdas de las brochas y de acuerdo a su criterio podría retrasar o mover la botella produciendo que la etiqueta salga descuadrada.

Verificación de causa 4.3 El sensor transmisor y receptor no coinciden

Para la verificación de la causa 4.3 “El sensor transmisor y receptor no coinciden”, se procedió a revisar el sensor transmisor y receptor para la etiqueta y contra-etiqueta y como se muestra en la siguiente figura se evidenció que no coinciden.



También se confirmó con el personal de mantenimiento que cuando los sensores no coinciden, estos pueden ocasionar que no se identifique el paso de la botella o que se pegue la etiqueta antes o después de tiempo, haciendo que se descuadre la etiqueta; lo cual se pudo constatar durante el proceso de etiquetado.

Causa raíz de causa 2.4 Brocha en mal estado

2.4 - Brocha en mal estado			
¿Por qué?	1.	2.	3.
Repuesta	Las cerdas de la brocha tienen residuos de adhesivos	No limpian las brochas	Desconocimiento de la frecuencia para la limpieza de las brochas
	Las cerdas de la brocha están deformadas o dobladas hacia afuera	Las cerdas de la brocha tocan a la banda	La brocha es muy grande
	Nunca la cambian	Desconocimiento del estado de la brocha por parte de los técnicos y operarios	

Causa raíz de causa 4.3 El sensor transmisor y receptor no coinciden

4.3 - El sensor transmisor y receptor no coinciden				
¿Por qué?	1.	2.	3.	4.
Repuesta	El haz de luz no es perpendicular	El corte de la fibra óptica no es recta	El operador corta la fibra óptica con una herramienta improvisada	Desconocimiento de la herramienta de corte de fibra óptica
			La fibra óptica se rompe cuando los operadores mueven demasiado los sensores	Los sensores no tienen una posición determinada en la máquina

Diseño experimental de desplazamiento horizontal de etiqueta final

Para el diseño experimental de desplazamiento horizontal de etiqueta final se utilizaron los datos del Apéndice A, definiendo la siguiente ecuación del diseño:

$$y_{1ij} = \mu_1 + \tau_{1i} + \varepsilon_{1ij}$$

Donde,

y_1 : Desplazamiento horizontal de la etiqueta.

μ_1 : Media general del desplazamiento horizontal de la etiqueta.

τ_1 : Efecto de la posición del sensor AB con niveles $i = -1, +1$.

ε_1 : Error del diseño experimental.

One-way ANOVA: Etiqueta versus Sensor AB

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sensor AB	1	9,0000	9,0000	36,00	0,027
Error	2	0,5000	0,2500		
Total	3	9,5000			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,5	94,74%	92,11%	78,95%

En la figura se muestran los resultados del diseño experimental, en donde se muestra que el valor p de la posición del sensor AB es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que se concluye que este factor si tiene efecto sobre el desplazamiento horizontal de la etiqueta.

De igual manera se muestra que el poder de explicación del modelo es del 94.74%, lo que implica que el 94.74% de la variación del desplazamiento horizontal de la etiqueta es explicado por el diseño experimental.

Utilizando el software Minitab 17, se determinó la posición óptima del sensor AB en la que el desplazamiento horizontal de la etiqueta sea lo más cercano a 0 mm, obteniendo como resultado que la posición debe ser -1.

Diseño experimental de desplazamiento horizontal de contra-etiqueta final

Para el diseño experimental de desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta final se utilizaron los datos del Apéndice A, definiendo la siguiente ecuación del diseño:

$$y_{2ij} = \mu_2 + \tau_{2i} + \varepsilon_{2ij}$$

Donde,

y_2 : Desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta.

μ_2 : Media general del desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta.

τ_2 : Efecto de la posición del sensor CD con niveles $i = -1, +1$.

ε_2 : Error del diseño experimental.

One-way ANOVA: ContraEtiqueta versus Sensor CD

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sensor CD	1	12,250	12,2500	19,60	0,047
Error	2	1,250	0,6250		
Total	3	13,500			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,790569	90,74%	86,11%	62,96%

En la figura se muestran los resultados del diseño experimental, en donde se muestra que el valor p de la posición del sensor CD es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que se concluye que este factor si tiene efecto sobre el desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta.

De igual manera se muestra que el poder de explicación del modelo es del 90.74%, lo que implica que el 90.74% de la variación del desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta es explicado por el diseño experimental.

Utilizando el software Minitab 17, se determinó la posición óptima del sensor CD en la que el desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta sea lo más cercano a 0 mm, obteniendo como resultado que la posición debe ser -1.

Prueba de hipótesis de corrida verificadora

Para verificar si la posición del sensor AB obtenida del diseño experimental dio como resultado que el desplazamiento horizontal de la etiqueta sea el mínimo (0 mm), se realizó la siguiente prueba de hipótesis con los datos del Apéndice A.

H_0 : La media del desplazamiento horizontal de la etiqueta es igual a 0 mm.

H_1 : La media del desplazamiento horizontal de la etiqueta no es igual a 0 mm.

One-Sample T: Etiqueta

Test of $\mu = 0$ vs $\neq 0$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Etiqueta	74	-0,0405	0,5348	0,0622	(-0,1644; 0,0834)	-0,65	0,516

En la figura se aprecia que el valor p es mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por lo que no se rechaza la hipótesis nula, concluyendo de esta manera que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la media del desplazamiento horizontal de la etiqueta es igual a 0 mm.

De igual manera para verificar si la posición del sensor CD obtenida del diseño experimental dio como resultado que el desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta sea el mínimo (0 mm), se realizó la siguiente prueba de hipótesis con los datos del Apéndice A:

H_0 : La media del desplazamiento horizontal de la contra – etiqueta es igual a 0 mm.

H_1 : La media del desplazamiento horizontal de la contra – etiqueta no es igual a 0 mm.

One-Sample T: ContraEtiqueta

Test of $\mu = 0$ vs $\neq 0$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
ContraEtiqueta	74	0,0135	0,5909	0,0687	(-0,1234; 0,1504)	0,20	0,845

En la figura se aprecia que el valor p es mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por lo que no se rechaza la hipótesis nula, concluyendo de esta manera que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la media del desplazamiento horizontal de la contra-etiqueta es igual a 0 mm.

Gráfica de control U final

Para construir la gráfica de control U final, se utilizaron los datos del Apéndice A, donde se muestran la cuenta de no conformidades por unidad de la presentación de 185 g, utilizando las siguientes fórmulas:

$$u = \frac{c}{n} \quad ; \quad UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad ; \quad LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Donde:

u : Cuenta de no conformidades por unidad en un subgrupo.

\bar{u} : Cuenta promedio de no conformidades por unidad para muchos subgrupos.

c : Cuenta de no conformidades en un subgrupo.

n : Cantidad inspeccionada en un subgrupo.

Se obtuvo una cuenta de no conformidad por unidad junto con sus respectivos límites superiores e inferiores por día, construyendo de esta manera la gráfica de control mostrada en la Figura 2.26, en donde se aprecia gráficamente que todos los datos están bajo control.

Comparación de tiempos de calibración de ajuste

Para determinar si los tiempos de calibración de ajuste finales se redujeron, se los comparó con los tiempos iniciales mediante una prueba de hipótesis de diferencia de medias, donde se plantearon las siguientes hipótesis:

H_0 : La diferencia entre la media del tiempo de calibración de ajuste inicial y final es igual a 0 minutos.

H_1 : La diferencia entre la media del tiempo de calibración de ajuste inicial y final es mayor a 0 minutos.

Two-Sample T-Test and CI: TiempoInicial; TiempoFinal

Two-sample T for TiempoInicial vs TiempoFinal

	N	Mean	StDev	SE Mean
TiempoInicial	14	13,86	9,68	2,6
TiempoFinal	14	7,64	2,65	0,71

Difference = μ (TiempoInicial) - μ (TiempoFinal)

Estimate for difference: 6,21

95% lower bound for difference: 1,49

T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 2,32 P-Value = 0,018 DF = 14

En la figura se muestra que el valor p es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que existe suficiente evidencia estadística de que la media del tiempo de calibración de ajuste inicial es mayor a la media del tiempo de calibración de ajuste final.

Así mismo, para determinar si la varianza de los tiempos de calibración de ajuste finales se redujo, se realizó una prueba de hipótesis de razón de varianzas, donde se plantearon las siguientes hipótesis:

H_0 : La razón entre la varianza del tiempo de calibración de ajuste inicial y final es igual a 1.

H_1 : La razón entre la varianza del tiempo de calibración de ajuste inicial y final es mayor a 1.

Test and CI for Two Variances: TiempoInicial; TiempoFinal

Method

Null hypothesis $\sigma(\text{TiempoInicial}) / \sigma(\text{TiempoFinal}) = 1$
Alternative hypothesis $\sigma(\text{TiempoInicial}) / \sigma(\text{TiempoFinal}) > 1$
Significance level $\alpha = 0,05$

Statistics

Variable	N	StDev	Variance	95% Lower Bound for StDevs
TiempoInicial	14	9,678	93,670	6,940
TiempoFinal	14	2,649	7,016	2,013

Ratio of standard deviations = 3,654

Ratio of variances = 13,350

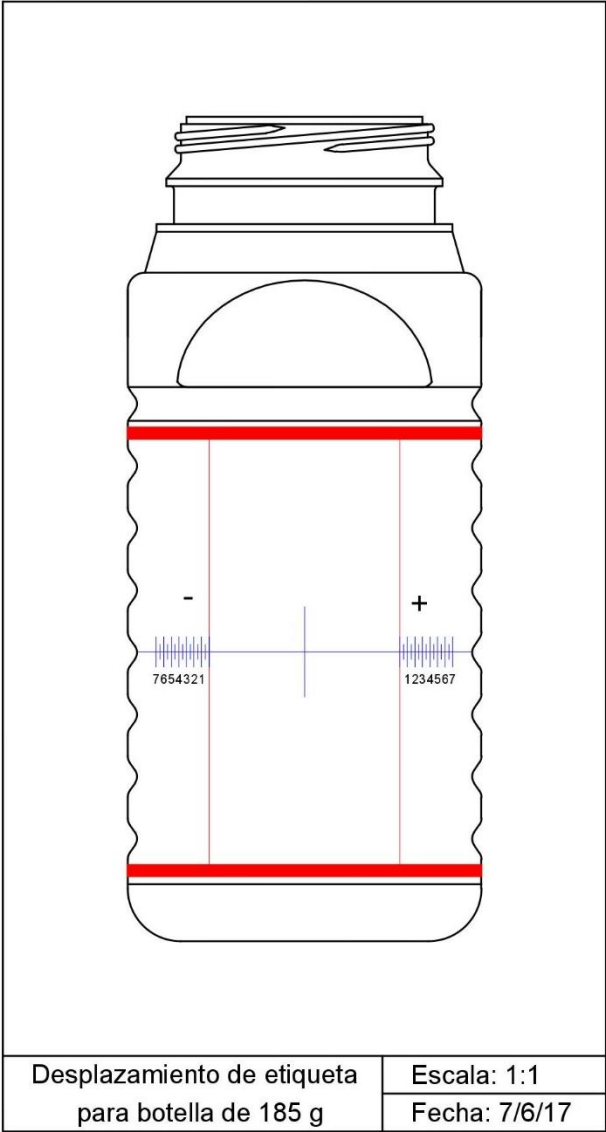
Tests

Method	DF1	DF2	Test Statistic	P-Value
Bonett	1	—	9,40	0,001
Levene	1	26	13,13	0,001

En la figura se muestra que para ambas pruebas (Bonett y Levene) el valor p es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que existe suficiente evidencia estadística de que la varianza del tiempo de calibración de ajuste inicial es mayor a la varianza del tiempo de calibración de ajuste final.

APÉNDICE C

Plano de desplazamiento horizontal de etiqueta y contra-etiqueta



Plano de tolerancia de etiqueta y contra-etiqueta

