

Mejora en el proceso de empaque de chocolate en polvo en sobres de 20 gramos en una empresa de chocolates de la región.

Jaime Andrés Posada Arenas

Universidad Católica de Oriente.

Facultad de ingeniería.

Ingeniería Industrial

Rionegro-Antioquia.

2021.

Mejora en el proceso de empaque de chocolate en polvo en sobres de 20 gramos en una empresa de chocolates de la región.

Jaime Andrés Posada Arenas.

Trabajo de grado para optar por el título de:

Ingeniero Industrial

Asesor:

Jhon Fernando López.

Universidad Católica de Oriente.

Facultad de ingeniería.

Rionegro-Antioquia.

2021.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Firma del presidente el jurado

Firma de Jurado

Firma de Jurado

Rionegro, 10 de noviembre de 2021

DEDICATORIA

A mi familia por estar siempre acompañando mi proceso de formación profesional y por ser un apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A mi madre y a mi abuela por sembrar en mí la curiosidad y el anhelo de un mejor mañana para todos.

A los docentes de cátedra de la Universidad Católica de Oriente que hicieron parte de mi proceso de formación profesional durante estos años de estudio.

A todas las personas que de alguna forma contribuyeron con mi formación, reciban este trabajo como suyo y sépanse acreedores de mi especial agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, por ponerme en el camino correcto con las personas correctas.

A mi familia por el apoyo incondicional y ser la voz de aliento en los momentos difíciles.

A la empresa que suministró toda la información interna, depositando su confianza en el equipo de trabajo.

A mi asesor Jhon Fernando López por el acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo.

A todos quienes hicieron posible se lleve a cabo este proyecto.

CONTENIDO

ANTECEDENTES	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	15
INTRODUCCIÓN	15
JUSTIFICACIÓN	16
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
MARCO TEORICO.....	18
DISEÑO METODOLOGICO.....	19
DESARROLLO Y DISCUSIÓN	20
OBJETIVO 1: CONOCER Y DIAGNOSTICAR EL PROCESO DEL CHOCOLATE EN POLVO EN SOBRES DE 20 GRAMOS.....	20
DESCRIPCION DEL PROCESO.....	21
Que es un trozador o molino quebrador.	21
Que es una mezcladora.	23
Que es un pulverizador	26
Que es un vaporizador.	28
Que es una máquina de empaque	29

TIPOS DE MAQUINA DE EMPAQUE	31
Máquinas de empaque horizontal	31
Máquinas de empaque vertical.	32
ESQUEMA GLOBAL DEL PROCESO.....	33
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	34
METODOLOGIA TPM.	37
Pilar de mejoras enfocadas.	38
Pilar de mantenimiento autónomo.	38
Pilar de mantenimiento planeado.	40
Pilar educación y entrenamiento.....	43
Pilar administrativo.....	44
Pilar de calidad.	44
Pilar control inicial.	46
Pilar de gestión ambiental.....	48
QUE ES EL PASO 3 MANTENIMIENTO AUTONOMO.	49
QUE ES EL PASO 3 MANTENIMIENTO PLANEADO.	49
OBJETIVO 2 IDENTIFICAR LAS VARIABLES CRITICAS DEL PROCESO DE CHOCOLATE EN POLVO EN SOBRES DE 20 GRAMOS.....	50
VARIABLES QUE INTERVIENEN DENTRO DEL PROCESO.....	51
PARÁMETROS OPERATIVOS DE FABRICACIÓN.....	53

PERDIDAS REPRESENTATIVAS.....	53
Sobrepeso.....	53
Pérdida de etiqueta.....	53
Reprocesos de producto.....	54
Rendimiento de capacidad operativa.....	54
Desperdicio de aire comprimido.....	54
DATOS.....	55
VARIABLES CRITICAS DENTRO DEL PROCESO.....	56
DESCRIPCION ESTADISTICA DEL PROCESO ANTES DE LA APLICACIÓN DE LA MEJORA CONTINUA.....	57
Tabla de datos antes de las mejoras.....	57
Definición de la cantidad de datos a recopilar.....	58
ANALISIS DE REGRESION LINEAL ENTRE VARIABLES CON VARIABLE DE RESPUESTA DATO PESO POR RISTA.....	59
Tabla anova.....	61
Distribución de datos.....	62
OBJETIVO 3: IMPLEMENTAR LAS MEJORAS AL PROCESO DE CHOCOLATE EN POLVO EN SOBRES DE 20 GRAMOS.....	63
DESCRIPCION ESTADISTICA DEL PROCESO LUEGO DE LA APLICACIÓN DE LA MEJORA CONTINUA.....	64
MEJORAS ENFOCADAS AL SOBRE PESO.....	65

Cambio de nivel laser en tolva dosificadora por un nivel de contacto físico con vibración .	65
Aumento de la frecuencia al motor agitador de la tolva dosificadora de 60 a 85 hz.....	65
Estandarización operativa.....	66
MEJORAS ENFOCADAS A LA PERDIDA DE ETIQUETA	67
Cambio de soporte sistema de fechado video jet.....	67
Cambio de soportes de cuchillas de corte vertical etiqueta sobrante o retail	68
TABLA DE DATOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACION DE LAS MEJORAS ENFOCADAS.....	69
ANALISIS DE REGRESION LINEAL ENTRE VARIABLES CON VARIABLE DE RESPUESTA DATO PESO POR RISTA.	70
Tabla anova.....	71
Distribución de datos.	72
DATOS CUANTITATIVOS DE LAS MEJORAS APLICADAS AL PROCESO.	73
CONCLUSIONES	74
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Acercamiento a la toma de datos antes de aplicar las mejoras del proceso	57
Tabla 2 Cronograma de implementación.	64
Tabla 3 Datos del seguimiento y verificación de las mejoras aplicadas.	69
Tabla 4 Costo de producción mensual sin mejoras al proceso.	73
Tabla 5 Costo de producción mensual con mejoras al proceso.	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Molino quebrador o trozador de solidos	22
Figura 2: Mezcladora de aspas horizontal.	24
Figura 3: Mezcladora vertical de aspas	26
Figura 4 Molino de pulverizado	27
Figura 5: equipo de empaque horizontal mespack FG 220	31
Figura 6 Máquina de empaque vertical.	32
Figura 7 Esquema global del proceso.	33
Figura 8 Diagrama de flujo parte 1.	35
Figura 9 Diagrama de flujo parte 2	36
Figura 10 Resultados análisis de regresión lineal.	60
Figura 11 Anova para la variable de respuesta peso por rista.	61
Figura 12 Distribución de datos peso x ristra vs densidad de los datos	62
Figura 13 Cambio de sensor réflex por sensor de contacto	65
Figura 14. Parametrización variador de velocidad agitador	66
Figura 15. Sistema de fechado Ink jet	67
Figura 16 cuchilla de corte cilíndrica	68
Figura 17 Análisis de regresión lineal bajo prueba de hipótesis entre variables luego de las mejoras aplicadas.	70

Figura 18 Tabla anova para la variable de respuesta peso por rista. 71

Figura 19 Distribución de datos 72

ANTECEDENTES

En las revisiones bibliográficas efectuadas, se observa gran cantidad de procesos que han sido mejorados mediante la implementación de metodologías de mejora continua y estadística aplicada a la mejora de los procesos, al igual que conocimientos básicos generales en electrónica y mecánica que permitan la optimización de una línea de producción desde todas sus esferas, sin embargo, no se logra evidenciar como es la mejora para procesos que implican el empaque de alimentos en polvo, básicamente y tomando como foco la variable de sobrepeso que se ajusta a los rangos legales y específicos que dicta la empresa; A continuación se presentan algunas referencias bibliográficas que ilustran al respecto.

En la tesis titulada “Diseño e implementación de una máquina semiautomática de pesado y sellado de productos granulados en el supermercado castro” autores: Alex tepan y Carlos Yande de la universidad técnica de Cotopaxi Ecuador año 2020 se observa la implementación y optimización de un equipo de empaque mediante la implementación de sensores de control de peso generando un peso exacto y aumentando la rentabilidad y eficiencia de la empresa.

En el trabajo de grado titulado “diseño e implementación de un sistema de control para solucionar las deficiencias en el proceso de empaquetado de una máquina empacadora de café de 20 gramos en la empresa minerva” de los autores: José Luis Chango, Carlos Gabriel Serrano, de la Escuela Politécnica nacional de Quito año 2016 implementan y diseñan un sistema mecánico electrónico de control para regular el proceso y evitar los problemas previamente identificados.

En el trabajo de grado titulado “propuesta de un plan de mantenimiento productivo total como herramienta para implementar la gestión de la calidad en una nueva línea de dosificación de dulce en polvo” autor: Miguel Angel Colindres Ramos de la universidad de san Carlos de Guatemala año 2016, se logra observar la implementación general del TPM dentro del proceso el cual busca llegar a los tres ceros de la metodología que son: cero accidentes cero averías y cero defectos. Tal filosofía de actuar a diario fue desarrollada por el Japan Institute of Plant Maintenance e introducida inicialmente en las plantas de Toyota. El TPM busca primordialmente aumentar las utilidades por medio de reducción de costos, elevación de calidad del producto y reducir al mínimo los paros por fallas de elementos del equipo de líneas de producción.

En el trabajo de grado titulado “ máquina para clasificar aguacates por su peso ” autor Tatiana Lizbeth Hurtado de la universidad técnica del norte Quito Ecuador año 2015 , se observa nuevamente como la implementación de un sistema de celdas de carga flexible es el mecanismo individual de peso más utilizado para controlar esta variable , va conectado a un programador lógico controlable el cual determina si el peso cumple o no con las especificaciones de calidad esperada sino hace su rechazo a producto no conforme , sin embargo nuevamente vemos que este sistema tiene limitante por unidad y no funciona bien para varios productos que salgan a la misma vez.

De forma similar se observa un artículo titulado “Máquina de empaquetado y control de peso para panela granulada” Autor: Gabriela León de la Universidad Técnica del Norte Ecuador año 2013 se observa la implementación de un control electrónico mediante celda de carga por flexión y PLC S7-1200 de siemens para el control de peso individual del producto.

En el trabajo de tesis titulado como “ aplicativo para el control de calidad por peso aplicado a un sistema automatizado de control de calidad integrado al CIM del CTAI en la pontificia universidad

javeriana ” del autor William Van Vianen año 2011 se logra observar la implementación de un aplicativo computacional que integra una línea de producción en el laboratorio de ingeniería el cual controla el peso en tiempo real según los datos arrojados por la pesadora dinámica de dicha línea la cual está conectada directamente al computador.

En el trabajo de tesis titulado “Aplicación de la metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación del chocolate “autor: Cristian Antonio Varas de la universidad de chile año 2010, se observa nuevamente la implementación metodología que busca la optimización del proceso para la reducción de pérdidas.

En la tesis titulada “diseño de propuestas de mejoramiento en la línea de productos cubiertos de chocolate a través del análisis de operaciones de la empresa colombina del cauca S.A” Autor: Jhon Edwin Muñoz Bastidas de la universidad autónoma de occidente Santiago de Cali año 2009 se logra observar la implementación de la metodología SMED para la estandarización y mejora del proceso.

En la tesis de grado titulada “automatización de una máquina empacadora de caramelo en polvo” autor: Julio Roberto Bonilla de la Escuela Politécnica Nacional de Quito año 2009 se observa el diseño de un sistema automático para el empaque en bolsa del caramelo en polvo donde se evidencia todo el proceso mecánico electrónico para automatizar y controlar dicha línea de producción lo cual conlleva a mejoras de rendimientos y operación del equipo.

En el artículo titulado “herramientas estadísticas de la calidad para la diagnosis: estudio de un caso en la industria de productos cárnicos” Autores: Ronald Maldonado y Lucia Graziani año 2007 se utiliza la diagnosis como una metodología gerencial para identificar problemas de tolerancias e

identificar causas de desviaciones o defectos, esta utiliza histogramas, diagramas de Ishikawa, Pareto y amef de mantenimiento.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El equipo de empaque del chocolate en sobre presenta en promedio una variación de peso aproximadamente de 2,5 gramos por rista (6 sobres que vienen unidos entre sí), dadas las características del producto representan un indicador alto de sobre peso y pérdidas en dinero para la empresa al no estar ajustado el proceso y al no contar con un sistema de pesaje en línea por la forma en cómo empaca la máquina.

Por otra parte, la empresa busca mejoras en el proceso de empaque de chocolate en sobres de 20 gramos que reduzcan los distintos desfases en los indicadores esperados tales como desperdicio de etiqueta, accidentes e incidentes en el equipo, desperdicio de aire comprimido entre otros.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Es posible realizar mejoras en el proceso de empaque de chocolate en polvo en sobres de 20 gramos en una empresa de chocolate de la región?

INTRODUCCIÓN

La metodología Total power manufacture (TPM) por sus siglas en inglés, hacen referencia a una filosofía corporativa nacida en Japón de la mano del Japan Institute of plants Maintenance la cual tiene como objeto optimizar al máximo el desempeño y productividad de una línea de producción.

El estudio que se describirá a continuación se basa en la aplicación de una metodología estadística para identificar variables críticas de proceso apoyado en el TPM ya presente en la organización como sustento a la fabricación, empaque y control de chocolate en polvo en sobres de 20 gramos para una empresa de la región (Colombia);para esto y para facilitar el entendimiento del proceso se realiza una descripción de los equipos que intervienen en dicho esquema productivo donde posteriormente se determina de forma observacional cual es el equipo que más inconvenientes o problemas representa con respecto a los objetivos trazados por la organización.

Dado lo anterior se toma información productiva mensual para determinar y realizar un análisis estadístico de regresión lineal con una confianza del 95 % que permita identificar cuáles son las variables críticas del proceso que requieren de un control inmediato para posteriormente generar mejoras a los problemas identificados, hacer seguimiento, estandarizar el proceso y validar un control en el tiempo que asegure la mejora continua del equipo. Además de ello el estudio nos arroja que una de las variables críticas del proceso con respecto a la variable de respuesta de peso es la temperatura del salón de empaque la cual posiblemente sea un punto importante a controlar no solo para el equipo de empaque que se está analizando sino también para los demás equipos que componen la zona de producción.

JUSTIFICACIÓN

La actualización, cambio o compra de un nuevo equipo de producción es algo muy común dentro de las organizaciones que tienen como objetivo ser cada vez más competitivas en el mercado global; dichos equipos son fabricados bajo normas y estándares que cumplen con los reglamentos nacionales e internacionales para garantizar la calidad de sus productos el cuidado del medio ambiente y las personas, no obstante en ocasiones llegan desde fabrica con desajustes paramétricos

que alteran el correcto desempeño de una línea productiva generando pérdidas significativas que ameritan un control inmediato garantizando la viabilidad del proyecto en términos económicos.

El presente análisis busca optimizar, controlar y mejorar las variables que influyen en un equipo de empaque vertical de sobres de chocolate en polvo de 20 gramos donde por ser una nueva máquina que entra a la línea productiva carece de estandarización y mejoras que lleven a dicho proceso a la eficiencia y rentabilidad esperada al momento de su adquisición, vale la pena resaltar que actualmente se presentan una serie de inconvenientes que no solo afectan la rentabilidad del producto sino también la percepción y fidelización de los clientes por un producto que puede no salir en óptimas condiciones al mercado.

OBJETIVO GENERAL

Implementar mejoras al proceso de empaque de chocolate en polvo en sobres de 20 gramos en una empresa de chocolate de la región.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer y diagnosticar el proceso del empaque de chocolate en polvo en sobres de 20 gramos.
2. Identificar las variables críticas del proceso de chocolate en polvo en sobres de 20 gramos.
3. Implementar las mejoras al proceso de chocolate en polvo en sobres de 20 gramos.

MARCO TEORICO

Con la revisión bibliográfica se logra observar infinidad de procesos que, mediante la aplicación de las distintas metodologías de mejora continua, logran ajustar sus variables y métodos logrando el nivel de productividad deseado.

El proceso de empaque de chocolate en polvo, se efectúa mediante una máquina de empaque de sobres la cual posee 6 sinfines de dosificación los cuales generan “tiras “de 6 sobres cada uno y estos van en un cartón por pares para ser entregados al consumidor final.

La metodología que se pretende utilizar es un análisis cuantitativo observacional apoyado en el TPM ya presente en la organización, más específicamente entrar al paso 3 de los pilares de mantenimiento planeado y autónomo en adelante ya que por ser un equipo nuevo los pasos 1 y 2 no se realizan por políticas empresariales.

De igual forma se pretenden tomar una serie de datos y realizar un análisis de regresión lineal estadística la cual logre identificar con una confianza de 95 % cuales son los mejores parámetros operativos dependiendo de los cambios que sufra el equipo pensado como un sistema que se retroalimenta a sí mismo obteniendo una mejora general en eficiencia del equipo traducida en mayor producción por hora.

El tamaño de la muestra se determina con el número de unidades producidas durante un mes y los datos serán tomados de forma aleatoria.

Los datos serán tomados aleatoriamente e ingresados en Microsoft Excel, posteriormente serán analizados en R-studio para determinar la relación de las variables con los problemas a trabajar.

DISEÑO METODOLOGICO

Para conocer y diagnosticar bien el proceso vamos a realizar un diagrama de flujo de proceso el cual ilustre el paso a paso del proceso productivo, tiempos de ejecución y descripción detallada del proceso de empaque junto con los subconjuntos que intervienen en él.

cabe anotar como se ha mencionado anteriormente que el tipo de investigación será cuantitativa donde se va recopilar una serie de datos numéricos que determinen y diagnostiquen según los valores y objetivos de la empresa que tan lejos están las metas de la línea, todo lo anterior será basados en la metodología TPM de la organización.

Para identificar las variables críticas del proceso se hace necesario y relevante tomar datos como alimentación de producto desde totebines o sinfines, temperaturas de operación, velocidad de alimentación, velocidad de agitación, número de unidades por minuto, revoluciones por minuto sinfines de dosificación, temperatura de salón, tiempo de llenado de tolva de dosificación entre otras.

Estas variables serán analizadas mediante un análisis de regresión lineal con el software R-studio, allí se identificarán cuáles son las variables que más afectan en problemas como sobre peso y desperdicio de etiqueta.

las mejoras que posiblemente van a ser necesarias para la correcta estabilización del sistema y proceso serán bajo implementadas bajo metodología TPM, las cuales se ilustran a continuación:

Mejora cambio de nivel de la tolva de dosificación estabilizando producto en tolva.

Estandarización metodológica de los parámetros básicos del equipo según referencia que defina los mejores parámetros de arranque evitando ensayos y reprocesos que aumenten el desperdicio de etiqueta, al igual que el reproceso del producto.

Cambio de sistema Venturi por un sistema de aspiración eléctrico por motor.

Cambio del sistema de alimentación por riesgo o peligro ocupacional por caída de totebin.

Aumento / disminución de velocidad del sistema de agitación de la tolva.

Reubicación de sistema de fechado (evitando desperdicios por error de marcación).

Aumento / Disminución de velocidad en unidades por minuto.

Aumento de diámetro soporte cuchillas de corte

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

OBJETIVO 1: CONOCER Y DIAGNOSTICAR EL PROCESO DEL CHOCOLATE EN POLVO EN SOBRES DE 20 GRAMOS.

A continuación, se realiza una descripción detallada del proceso de fabricación de chocolate en polvo con el fin de conocer a profundidad las problemáticas de la línea de producción; Para ello se realiza una breve descripción de los equipos que intervienen en la fabricación del producto.

Por otro lado, de forma observacional se define un esquema general y un diagrama del proceso que indica que en principio se debe intervenir la máquina de empaque que es donde se generan las mayores pérdidas para la línea y en apoyo con la metodología TPM y específicamente con el punto “organización y orden” se logra definir cuáles son los parámetros de operación y funcionamiento adecuado de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso, facilitando la identificación de los parámetros adecuados para realizar el diagrama de flujo paso a paso.

La metodología TPM implementada por la organización nos lleva a buscar y posteriormente a obtener cero defectos de calidad, cero averías y cero accidentes por lo cual se hará un recorrido por cada uno de los pasos definiendo sus actividades e importancia dentro de la empresa.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

A continuación, se definen los conceptos necesarios de los equipos que componen la línea de producción.

Que es un trozador o molino quebrador.

Un trozador posee una serie de martillos giratorios la cual está sostenida entre dos discos rotores como en una máquina convencional, (Aguilar S. Escobar J.) es una máquina que se compone de dos rodillos generalmente de un diámetro considerable el cual tiene unas protuberancias previamente organizadas en cada uno con el fin de evitar choques entre sí, estos rodillos son accionados mediante un motor eléctrico el cual tiene la función de “quebrar” o romper en partes más pequeñas cierto tipo de materia prima, en nuestro caso de estudio hablamos de trozar o quebrar un bloque de cocoa la cual se asemeja a una roca, por su dureza y compactación.

Los productos o materiales que se pueden triturar con un molino industrial son muy amplios, entre las industrias que más utilizan este tipo de equipos se encuentra la industria farmacéutica, dietética, cosmética y de alimentos, con productos que van desde jabones hasta la extracción de grasas y aceites.

Entre los diferentes tipos de trozadores o molinos tenemos:

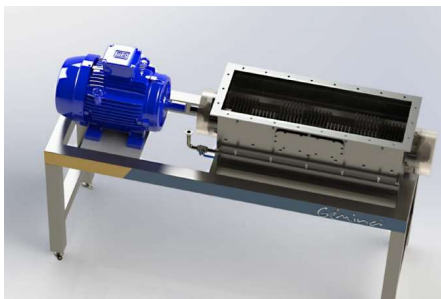
Molino vertical: Como su nombre lo indica la alimentación de la materia prima se hace de forma vertical lo cual lo hace un equipo muy versátil para trabajar materiales húmedos y minerales como el carbón o el cuarzo.

Molino raymond: Este tipo de equipo es muy usado en la industria minera ya que está construido en acero lo cual lo hace muy fuerte y resistente frente a condiciones de trabajo complejas, posee un excelente rendimiento por lo que el consumo de combustible es relativamente bajo, según los expertos este equipo de triturado por lo general tiene una vida útil larga.

Molino de rodillos: consisten en varios rodillos que giran en la misma dirección, pero a diferente velocidad, existen muchas variedades de molino de rodillos, entre los más comunes se encuentran los dientes de sierra, estriados y lisos, su principal característica es que tienen una velocidad de molienda considerable por lo cual es muy usado en la industria farmacéutica, agricultura y en la fabricación de distintos producto o materiales para la construcción.

En la figura 1 se puede observar uno de los ejemplos más comunes que existen para este tipo de equipos, básicamente la estructura mecánica que se observa continuación condensa los distintos tipos de molinos que existen en el mercado con algunas variaciones que dependen particularmente del tipo de material que se va a trozar.

Figura 1: Molino quebrador o trozador de solidos



Fuente: Gemina procesos alimentarios S.L.

Que es una mezcladora.

Como su nombre lo indica es un equipo cuya función principal es lograr una mezcla entre distintos componentes de forma homogénea, para esto se utiliza un eje tipo sinfín el cual es accionado por un motor eléctrico capaz de llevar la materia prima de un lado hacia otro y con un tiempo preestablecido se logra una mezcla totalmente homogénea; Existen distintos tipos de mezcladoras en el mercado donde el tamaño de esta depende netamente de la cantidad de materia prima que requiera el proceso para ser mezclada.

El desempeño general de la mezcladora está relacionado con factores netamente del producto o materia prima, por lo cual para el proveedor es fundamental saber y conocer de primera mano cual es la materia prima a ser mezclada para brindar la mejor solución.

Algunos factores a tener en cuenta en la selección y posterior uso de una mezcladora son: el tamaño de partícula, la cantidad y/o capacidad requerida por el proceso, densidad de los ingredientes, carga estática, secuencia de adicción de los ingredientes y los desgastes o posibles alteraciones del equipo (Alireza abbasipour, Amir attar, Samira Hassanpour).

Existen dos tipos principales de mezcladoras que nombraremos a continuación.

Mezcladora horizontal: las mezcladoras horizontales están conformadas por una carcasa la cual tiene entrada y salida de agua, esta se usa para mantener dicha carcasa con una temperatura estable que mejora la no adicción de los componentes sobre las paredes de la misma, poseen un eje o “cinta” tipo sinfín el cual es el encargado de realizar el movimiento del producto a ser mezclado; como se observa en la figura 2 este equipo es accionado por un motor eléctrico conectado por una unidad motriz de potencia ya sea una cadena o una cinta; Algo muy común dentro de este tipo de equipos es que el motor tenga un reductor de velocidad el cual garantice no

solo la velocidad de giro adecuada sino también la fuerza y potencia requerida para mover la cantidad de mezcla necesaria por el proceso.

Ventajas y usos

Es un equipo adecuado para mezclar hasta un 8% de líquido dentro de una mezcla seca (información suministrada por la empresa) requerimiento fundamental en la industria de procesamiento de alimentos, también es recomendable calentar las grasas o melazas antes de añadir las a la mezcla para una mejor distribución.

En comparación con una mezcladora vertical es más eficiente debido a la velocidad que logra el sistema de transmisión, el promedio puede ser el doble de eficiente a un equipo vertical.

Como se observa en la figura 2 podemos ver un motor trifásico anclado mecánicamente a la estructura de la mezcladora donde el eje que sobre sale del motor esta unido mediante un acople de cadena al eje de central de la mezcladora realizando la transmisión de movimiento necesaria para el proceso de mezclado.

Figura 2: Mezcladora de aspás horizontal.



Fuente: Metalteco S.A

Mezcladora vertical:

Es un equipo de mezclado en forma de cono, la transmisión en la mayoría de estos equipos es directa tipo flanche y la cinta o eje de mezclado tiene la misma forma tipo cono que la carcasa; Al igual que las mezcladoras horizontales tienen entrada de agua fría y agua caliente sin embargo es recomendable revisar si la materia prima a mezclar necesita tener este tipo de calefacción o no lo cual contribuye al ahorro de costos productivos.

Ventajas y usos

Inicialmente en este tipo de equipos de mezclado, aunque presenta menos eficiencia cumple el objetivo de lograr una mezcla homogénea, es necesario tener en cuenta que este equipo es hasta 5 veces más lento con respecto a una mezcladora horizontal.

Las nuevas generaciones de mezcladoras verticales están diseñadas en principio para ser usadas en la industria de alimentos lácteos, estas incorporan al eje o cinta una serie de cuchillas las cuales reducen el tamaño de partícula de la fracción gruesa de la receta optimizando el mezclado y por tanto los tiempos de producción de un producto en específico.

Como se observa en la figura 3 el principio funcional de este tipo de mezcladora se basa en el flujo por gravedad que toma el producto al subir y bajar por las aspas del eje, el acople de transmisión es muy similar a la de la mezcladora horizontal donde el eje del motor se une al eje de la mezcladora mediante un acople de cadena que es el acople recomendado por los fabricantes para este tipo de esfuerzos mecánicos.

Figura 3: Mezcladora vertical de aspas



Fuente: Metalteco S.A

Que es un pulverizador

Dispositivo mecánico eléctrico capaz de convertir una materia prima de mayor densidad en una de menor densidad, es usada generalmente en la industria de alimentos, cementera y farmacéutica, consta de dos platos accionados por un motor eléctrico los cuales giran de forma inversa uno con respecto al otro, estos tienen unas pequeñas puntas llamadas “ martillos” que no chocan entre sí con respecto a su plato compañero, cuando la materia prima pasa por este elemento se pulveriza logrando la densidad deseada para el proceso.

El diseño al igual que el material en el cual ha sido fabricado permite una fácil y rápida limpieza que garantiza la calidad e inocuidad de los alimentos que allí son procesados.

Ventajas y usos

Por su diseño mecánico el cambio de martillos y aseo general del equipo es fácil de realizar por una persona no necesariamente capacitada en ámbitos técnicos.

El accionamiento de los martillos se realiza mediante motores de alta eficiencia por lo cual el trabajo de estos equipos se hace adecuado en temas de costo para el proceso

La velocidad de trabajo puede ser regulable con la ayuda de variadores de velocidad con el fin de lograr un óptimo de partícula según la receta a trabajar, de igual forma el rendimiento del proceso se ve beneficiado con este tipo de sistemas ya que puede variar dependiendo la velocidad de trabajo que se esté presentando en determinado momento dentro de la línea de producción.

Como se observa en la figura 4 tenemos un motor eléctrico trifásico el cual tiene una transmisión de movimiento por medio de correas haciendo que el molino interno del sistema gire a una velocidad considerable pulverizando o reduciendo el producto en tratamiento.

Figura 4 Molino de pulverizado



Fuente: Exhibir equipos y utensilios S.A.

Que es un vaporizador.

Para el proyecto en estudio, el chocolate en polvo necesita una inyección de vapor directo con el fin de ganar grano y que sea agradable al consumidor, un vaporizador es una máquina electromecánica, donde se realiza una cocción del chocolate durante determinado tiempo con la aplicación directa de vapor y un tiempo estimado de 4 minutos aproximadamente donde el chocolate en polvo se encuentra sometido a una temperatura específica que le ayuda a ganar el grano requerido por el proceso.

Los granuladores o vaporizadores como tal tienen diferentes aplicaciones, ventajas y usos según la industria de aplicación, sin embargo, para la industria de alimentos tiene las siguientes ventajas:

Aumentar el tamaño de grano según el requerimiento de receta.

Alto rendimiento en Kg/h por su capacidad y dimensiones de operación.

Regulación y ajuste de velocidad según los requerimientos de la línea de producción.

Aplicación de vapor de alta calidad.

Que es una máquina de empaque

Una máquina de empaque es un equipo que integra principios mecánicos, eléctricos y electrónicos para lograr una acción de forma automática, en nuestro caso el empaque de un alimento.

Este es medido, generalmente en las unidades por minuto a la cual es capaz de trabajar el equipo; Existen casos especiales donde, dependiendo de la organización se mide en cuantos kilogramos por hora fue capaz de empaquetar dicha máquina, a esto se le denomina capacidad productiva.

Dentro de los principios mecánicos y electrónicos vale la pena resaltar el uso de mecanismos como levas, bielas, mordazas de sellado horizontal y vertical, el uso de elementos neumáticos y en algunos casos hidráulicos al igual que controladores lógicos programables con salidas de información que permiten un constante monitoreo del equipo contribuyendo de esta forma al correcto desarrollo e implementación del modelo de industria 4.0.

El principio de funcionamiento de una máquina de empaque de alimentos, ya sea vertical u Horizontal se basa en primera instancia en la formación o fabricación de la bolsa, para esto se utiliza como materia prima una bobina de etiqueta previamente diseñada con la marca o logo de la empresa, la cual se instala en un eje porta bobinas que facilita su fácil desenvoltura, posteriormente esta pasa por una serie de rodillos por donde fue previamente enhebrada con el fin de tener la tensión justa para realizar todo el formado de la bolsa mediante el uso de resistencias eléctricas , mordazas de sello vertical u horizontal y accionamientos mecánicos con servomotores o un árbol de levas. Vale la pena destacar que dicho enhebrado puede variar dependiendo de la máquina que se esté utilizando.

(Alegría M.)

Una de las funciones más importantes dentro de una máquina de empaque es la dosificación y control del elemento o producto, si bien esto puede variar considerablemente dependiendo del producto y del tipo de empacadora, existen 2 grandes diferenciadores a la hora de realizar el empaque de un producto, estos son:

Empaque manual: hace referencia a elementos o productos que por sus dimensiones o por el tipo de organización se hace de forma manual, esto viene muy relacionado con la fluidez de capital e inversiones en tecnología que tenga la empresa o bien productos artesanales que no requieran de una producción en masa.

Empaque automático: Se dice que una maquina hace empaque automático cuando ningún ser humano interviene directamente en dicho proceso, un ejemplo son las máquinas de empaque las cuales utilizan tecnología para empacar un producto específico a una velocidad considerable y de alta precisión.

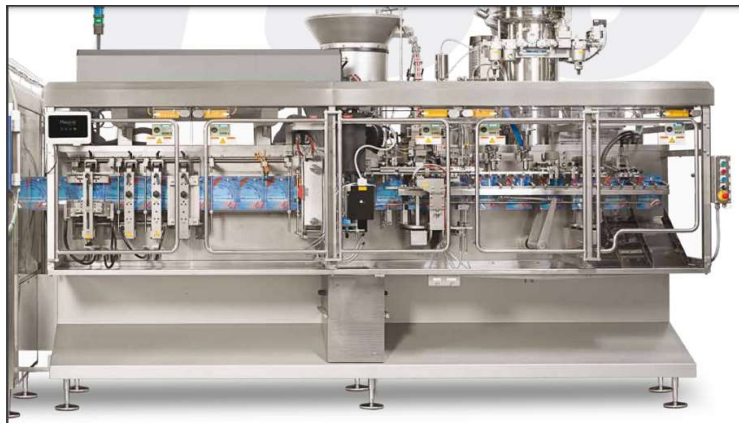
TIPOS DE MAQUINA DE EMPAQUE

Máquinas de empaque horizontal

Se dice que una máquina de empaque es horizontal cuando todo el flujo o trayecto del proceso va de forma horizontal, es decir, en el formado de la bolsa toda la etiqueta fluye desde un punto A hasta un punto B en ningún momento, ni siquiera en la dosificación del producto la bolsa o etiqueta está en forma vertical.

Vale la pena resaltar que, en este tipo de equipos, la dosificación del producto es de forma vertical mediante el uso de servomotores de precisión y sinfines de dosificación, como se observa en la figura 5 donde es uno de los equipos líderes de empaque horizontal a nivel mundial.

Figura 5: equipo de empaque horizontal mespack FG 220



Fuente: Mespac.com

Máquinas de empaque vertical.

El concepto de máquina de empaque vertical no es muy diferente de lo que es una máquina de empaque horizontal, en el mercado existen mucho tipo de máquinas o equipos de empaque vertical sin embargo como se observa en la figura 6 un común denominador entre todas es que la etiqueta en su proceso de formación pasa por un ducto y se instala de forma vertical antes de ser llenada con el producto y posteriormente soldada o sellada en sus extremos.

En estos casos es muy común encontrar equipos que utilizan y aprovechan la caída controlada por gravedad para evitar sistemas de dosificación complejos, que requieren de cierto tipo de gasto o inversiones como pueden ser los tornillos sinfín para dosificación accionados por servomotores de alta precisión.

Figura 6 Máquina de empaque vertical.



Fuente: Hayseen.com

ESQUEMA GLOBAL DEL PROCESO

A continuación, en la figura 7 se presenta un flujo global del proceso, desde su inicio hasta su final, todo el transporte entre subprocesos se da mediante un transporte neumático que básicamente es aire comprimido a alta presión para transportar el producto, en este caso un producto de chocolate en polvo.

Figura 7 Esquema global del proceso.

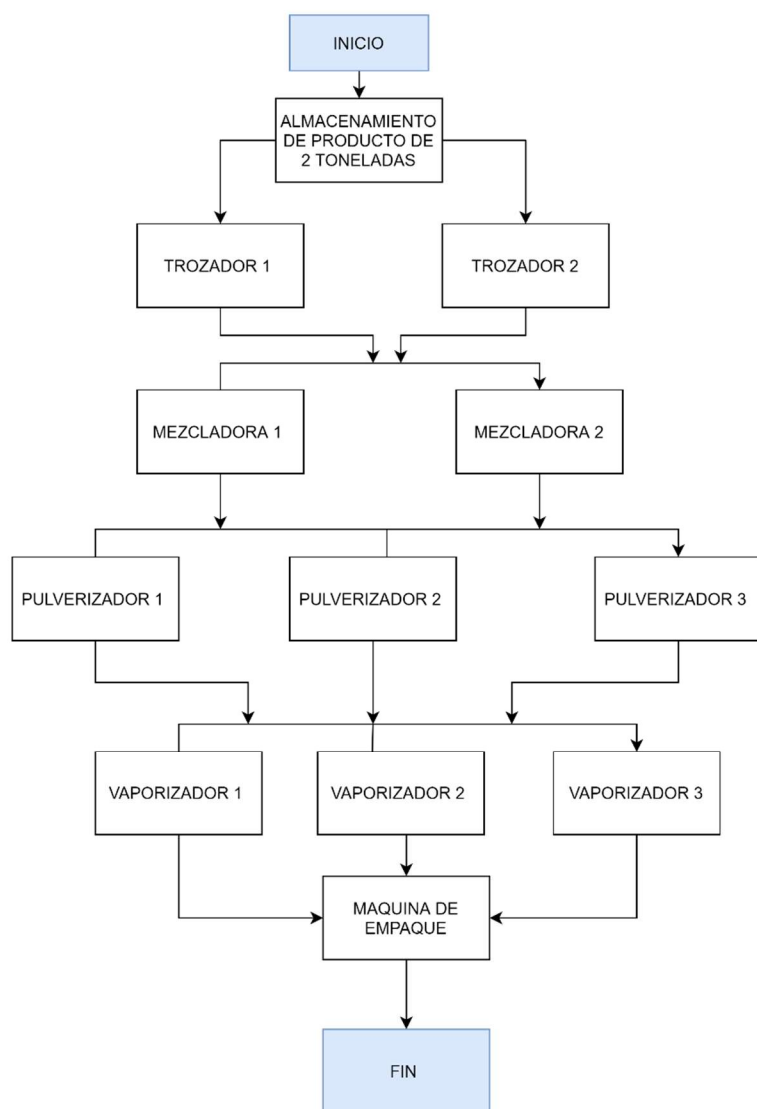


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

A continuación, se describe el proceso de fabricación de chocolate en polvo de manera más específica con tiempos de ejecución de cada subproceso.

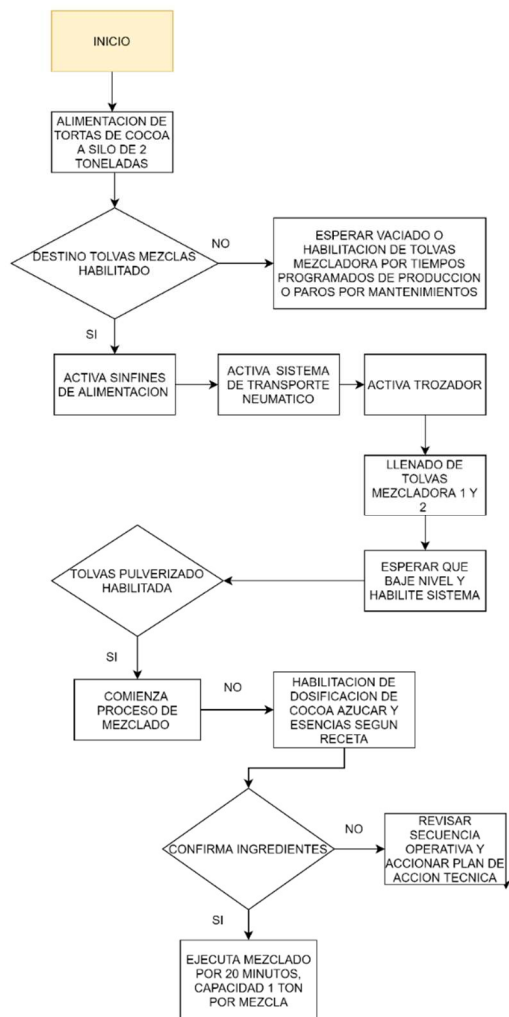
Como se observa en la figura 8 el proceso tiene un inicio donde se alimentan las tolvas de almacenamiento de 2 toneladas cada una con un subproducto denominado “tortas de cocoa” ya que tienen una condición de condensación muy particular que proviene de la compresión del cacao y en la posterior separación de la grasa proveniente de este producto.

Al inicio del proceso las tortas de cocoa son transportadas a los silos por medio de un flujo de aire a alta presión denominado transporte neumático, este tipo de transporte se usa en todos los pasos de un subproceso a otro.

De igual forma el sistema ya tiene mediante programación una serie de pasos o sucesos que se deben dar para el correcto flujo del proceso, dicha información es suministrada por el operador para habilitar el proceso, uno de estos ejemplos es verificar y habilitar los destinos de cada subproceso, por ejemplo en la figura 8 podemos observar la primer pregunta que el sistema arroja al operador, antes de iniciar el proceso de trozado las tolvas de mezclas están habilitadas, si la respuesta es afirmativa se condensan los pasos secuenciales de la figura 8 si la respuesta es negativa el sistema espera el tiempo necesario hasta observar mediante los set point del sistema si se puede habilitar o no.

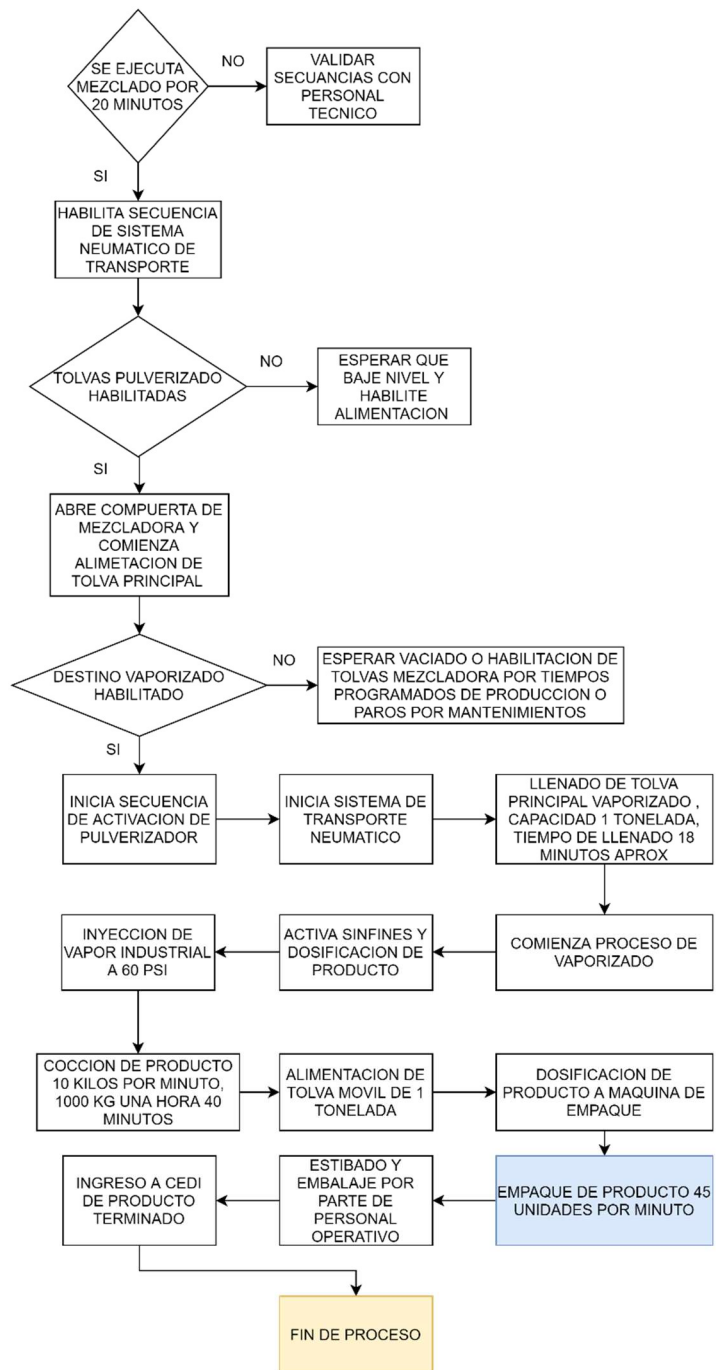
Vale la pena resaltar que todas las preguntas del proceso están descritas en triángulos y los procesos como tal en rectángulos, adicional a lo anterior la figura 8 y 9 contiene la información necesaria de tiempos, capacidades y velocidad de empaque necesarios para entender el flujo del proceso como apoyo de la figura 7

Figura 8 Diagrama de flujo parte 1.



Esquema realizado en Google diagrams.net

Figura 9 Diagrama de flujo parte 2



Esquema realizado en Google diagrams.net

METODOLOGIA TPM.

La metodología Total power manufacture (TPM) por sus siglas en inglés, hacen referencia a una filosofía corporativa nacida en Japón de la mano del Japan Institute of plants Maintenance la cual tiene como objeto optimizar al máximo el desempeño y productividad de una línea de producción o manufactura atacando pérdidas como averías de los equipos productivos, accidentes y defectos de calidad.

De igual forma dicha metodología enfoca sus esfuerzos en identificar, analizar y controlar pérdidas de manufactura como lo son, los alistamientos de los equipos previos a iniciar producción, Averías, tiempos programados para aseos y ajustes, velocidades reducidas de operación, defectos de calidad y reprocesos.

Dado lo anterior podemos definir este modelo administrativo como un enfoque de mejora continua donde todos los procesos entran a ser objeto de estudio por parte de todo el personal de fabrica el cual adopta dichos lineamientos para optimizar y garantizar la correcta operación funcionamiento y rentabilidad de los equipos y la organización.

TPM se sostiene sobre 8 pilares fundamentales que operan sobre todas las áreas de la empresa u organización; Dichos pilares son:

Pilar de mejoras enfocadas.

El pilar de mejoras enfocadas es un grupo interdisciplinar de personas que se encargan de analizar y llegar a la raíz de un problema mediante el uso de herramientas de análisis y gestión, algunas de estas herramientas son: análisis de pérdidas mejor conocido como “ADP”, análisis Capdo o espinas de pescado definiendo posibles rutas de solución y tiempos objetivos de espera y acción; De igual forma este departamento se encarga de garantizar la retención y posible réplica del conocimiento adquirido a otras líneas de producción.

Pilar de mantenimiento autónomo.

El pilar de mantenimiento autónomo busca que el operador del equipo tenga un conocimiento avanzado en la forma de operar, así mismos conocimientos básicos generales con el fin de identificar y corregir problemas a tiempo evitando averías en el equipo, de igual forma busca la mejora continua del proceso desde su base más humana transferidas a la máquina.

El pilar de mantenimiento autónomo se basa a su vez en un subconjunto de paso a paso para lograr un punto efectivo del pilar en el equipo estos son:

Paso cero: transformar el lugar de trabajo mediante la organización y el orden

Paso 1: Identificar anomalías a través de la limpieza e inspección utilizando los 5 sentidos

Paso 2: Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso

Paso 3: Estándares provisionales, garantizan el mantenimiento de los pasos 0 1 y 2 asegurando el mantenimiento de las condiciones básicas y la situación óptima del equipo.

Paso 4: Inspección general del equipo

transferencia de conocimientos técnicos al operario mediante ejercicios teóricos prácticos que permitan el desarrollo de habilidades para la ejecución de actividades de inspección.

Paso 5: Inspección general del proceso

Tiene como objetivo la competencia en ámbitos de calidad para garantizar mayor confiabilidad de los procesos y equipos.

Paso 6: Sistematización del mantenimiento autónomo

Crear un sistema de análisis de variables que les permitan detectar y rectificar anomalías que afecten la calidad.

Paso 7: Autogestión del mantenimiento autónomo.

Sostenimiento general de los pasos del 1 al 6 y la mejora continua del proceso.

Las capacitaciones necesarias para lograr este objetivo son responsabilidad del equipo o pilar de mantenimiento planeado, estas varían dependiendo del tipo de organización, sin embargo, a continuación, se enumeran algunas de ellas que se consideran efectivas.

Lubricación:

Tipos de lubricantes e importancia de su correcto uso

Unidades de medida:

Sistema internacional de medidas, milímetros y pulgadas, uso de calibrador pie de rey y flexómetro

Dispositivos de seguridad

Hace alusión a la importancia y función de los elementos de protección y seguridad al momento de operar el equipo, tipos de energías peligrosas tales como la energía eléctrica, la energía mecánica potencial, aire comprimido y vapor.

Sistemas mecánicos

Se define que es un sistema mecánico, se debe especificar el tipo de sistema mecánico de cada máquina o elemento de estudio con el fin de garantizar un óptimo conocimiento sobre dicho punto.

Pilar de mantenimiento planeado.

Este pilar es uno de los más importantes dentro de la filosofía TPM, se ejecuta un método de actividades con el fin de alcanzar un estado óptimo de los equipos garantizando 3 ceros, cero averías, cero defectos de calidad y cero accidentes.

Para garantizar que dicha implementación sea efectiva se deben seguir los siguientes pasos, generalmente realizados por la parte técnica de la organización y de ingeniería.

Paso 1: Evaluación del equipo y entender su situación actual.

En este paso se realiza una evaluación a profundidad de las condiciones del equipo y cuáles son los recursos necesarios para su puesta a punto

Paso 2: Restauración del deterioro y mejora de puntos débiles.

Se ejecuta el plan de acción de mejora del equipo mejorando partes del diseño mecánico y eléctrico que hacen que esta no sea confiable.

Paso 3: Construir un sistema de información:

En este paso se realiza y se recopilan todos los datos importantes para el correcto funcionamiento del equipo, inventarios de repuestos, codificaciones, repuestos necesarios entre otros.

Paso 4: Construir un sistema de información basado en el tiempo

En este paso es fundamental el criterio técnico para definir cuáles componentes son objeto de estudio con el fin de determinar si es conveniente o no definirlo como un mantenimiento basado en el tiempo, por lo general el mantenimiento preventivo aplica para determinar cuáles componentes o subcomponentes de los equipos requieren un recambio generalmente por una pieza nueva indiferentemente de si aún se encuentra en buen estado o no, esto garantiza las cero averías por los posibles fallos inesperados en estos subsistemas, cabe anotar que en muchas ocasiones, el fabricante no da indicaciones claras de cuáles piezas ameritan un mantenimiento basado en tiempo y la experticia o experiencia del personal hace que cada día haya más robustez y confianza en un equipo de producción determinado.

Paso 5: Construir un sistema de mantenimiento basado en condición.

En este paso se define por parte del área técnica de la organización que partes o subsistemas de la máquina requieren una condición especial para ser intervenidos de esta forma el plan de mantenimiento mensual evalúa las variables a controlar con el fin de determinar si dicha pieza esta de cambio o no, ejemplo la medida de un material que por su funcionamiento sufre de desgaste, el técnico evalúa en que porcentaje de desgaste se encuentra y posteriormente transmite dicha información al sistema para determinar si se hace pedido de la pieza o si por el contrario aún tiene vida útil y se puede continuar trabajando hasta la próxima revisión.

Paso 6: Evaluación del sistema

En este paso se hace un recorrido por todos los pasos TPM del pilar de mantenimiento planeado y se asegura continuamente el sostenimiento de todas las condiciones de los pasos anteriores.

Pilar educación y entrenamiento.

Este departamento se encarga de asegurar y liderar todos los procesos formativos y cierre de brechas correspondientes a la metodología TPM.

Se tiene como objetivo potencializar el desarrollo integral de las personas a través de mecanismos de autodesarrollo y empoderamiento que aseguren niveles óptimos de resultados y desempeños sobresalientes.

En la ejecución de los distintos pasos se encuentran las formaciones que la organización considera importantes y es responsabilidad de las personas que tienen este rol garantizar que dichas capacitaciones o formaciones se cumplan de la mejor forma, vale la pena resaltar que dicho pilar se apoya y se fundamenta en las directrices que, según los demás pilares son relevantes para la formación específica de las personas, ya sea para personal nuevo que apenas ingresa a la organización o personal antiguo que no hayan pasado por algún tipo de formación específica o de competencias organizacional.

Una de las herramientas más utilizadas que garantiza un correcto proceso educativo o de formación en este ámbito empresarial se llama la “metodología de los 5 pasos” el cual como su nombre lo indica es una sucesión de pasos que se enumeran a continuación:

Indagar conocimientos previos del tema a transferir.

Transferir conocimiento.

Realizar etapa practica del tema en mención.

Indagar nuevamente y resolver dudas

Realizar seguimiento temporal para reforzar conocimiento.

Indicadores de gestión pilar de educación y entrenamiento

Número de personas polivalentes.

Autodesarrollo.

Entrenamientos recibidos versus aplicación de acuerdo a las necesidades del proceso.

Empoderamiento de roles.

Reentrenamientos.

Ejecución del plan de desarrollo.

Pilar administrativo.

Optimiza los procesos administrativos de la organización mediante herramientas propias de la metodología TPM tales como las 5s, organización y orden y actualización y depuración de formatos obsoletos del proceso administrativo.

Pilar de calidad.

Este es uno de los pilares más importantes dentro de una organización ya que el mundo de hoy exige una alta calidad de producto o servicio definiendo la calidad como las mejores características que se pueden adoptar logrando no solo la satisfacción del cliente sino también su fidelización al producto o a la marca.

Este departamento se encarga de evaluar controlar y mantener la normativa al igual que los parámetros de operación para transformar una materia prima en un producto terminado de alta calidad y lograr de esta manera acceder de forma directa a mercados internacionales que exigen

ciertas normativas o certificaciones, esto lo cual se ve reflejado en un mejor desempeño organizacional.

Uno de los puntos más importantes de los cuales se encarga el pilar de calidad es el protocolo de producto el cual fija las normas y los aspectos relacionados con un producto y/o servicio, parámetros de operación, medidas entre otros.

Tiene como objetivo unificar toda la información posible de la calidad, así como los términos del departamento de investigación y desarrollo referente al producto y su proceso en un solo documento y un solo lugar.

Pilar control inicial.

Es correcto afirmar que todos los pilares en que se fundamenta la metodología TPM son de suma importancia para lograr los objetivos propuestos por una organización, el pilar del control inicial no es ajeno a dicho propósito y cumple una función de suma importancia como lo es identificar y prevenir inconvenientes de negocio al momento de la implementación de un nuevo proyecto o proceso que contemple e involucre obtener maquinaria nueva o ingresar un nuevo producto a servicio al mercado. De igual forma este pilar se puede aplicar a procesos de información necesarios para ser utilizados posteriormente como un tipo de información primaria que logre recopilar fallos, posibles mejoras o experiencias de éxito que garanticen que dichos parámetros mejorados por la experiencia van a ser replicables en una futura compra de algún equipo, puesta en marcha de algún nuevo proceso.

El control inicial dentro de una organización cubre ciertas áreas del conocimiento que se enuncian a continuación:

Investigación y desarrollo de productos

Los grupos interdisciplinarios de investigación y desarrollo no solo tienen como objetivo desarrollar productos confiables de alta calidad utilizando el mínimo de recursos posibles de operación sino también evaluar las condiciones iniciales del proceso para requerir el mínimo de automatización de la línea de producción o bien que se facilite dicha operación acortando plazos de entrega por parte del área de ingeniería y garantizar un engranaje que ayude a moldear los requerimientos por parte del pilar de calidad.

Área de mercadeo

Se encargan de analizar y estudiar tendencias poblacionales y proponen mediante un estudio de mercado base los nuevos productos y servicios a implementar por la organización, definen bajo que estrategia se va a introducir el producto y dan las directrices para que investigación y desarrollo al igual que ingeniería sigan el escalamiento y validen en que proporción el proyecto planteado pueda ser una realidad

Ingeniería y mantenimiento

El área de ingeniería y mantenimiento debe participar activamente en todas las escalas de la formulación de viabilidad de un nuevo proyecto, se encarga de validar si el proyecto es viable o no desde los equipos necesarios para fabricar un producto en particular o bien si las automatizaciones necesarias de las líneas de producción si permiten una rentabilidad a mediano y largo plazo.

Basado en la descripción de las áreas que se mencionaron anteriormente se puede definir al pilar de control inicial como aquel que establece el paso a paso para el desarrollo de un producto o servicio

Objetivos

- Aumentar la eficiencia en el desarrollo de productos y equipos.
- Reducir el riesgo de inversión al mínimo posible.
- Reducir los tiempos de aplicación de las innovaciones tecnológicas o la consecución de equipos.
- Lograr el arranque vertical de los equipos o líneas de producción.

Pilar de gestión ambiental.

El pilar de gestión ambiental se encarga de evaluar controlar y llevar a valores mínimos los riesgos asociados a la manipulación y vertimientos de residuos que contaminen el medio ambiente.

Algunos de estos riesgos si no se controlan pueden generar multas y hasta cierres de una organización dependiendo de la gravedad de su falta, de allí su importancia, algunos de estos riesgos son:

Aumento de las emisiones atmosféricas:

Se controla mediante el control y reporte de incidentes y posibles anomalías de los equipos de fabricación del producto que realicen emisiones a la atmosfera tales como material particulado, quema de combustibles fósiles ente otros.

Aumento en el consumo de recursos naturales (agua, energía eléctrica, energía térmica):

Se controla mediante la implementación de una cultura y normatividad organizacional que permita el ahorro de los diferentes recursos naturales utilizados por una empresa, energía eléctrica, agua, vapor, aire comprimido, entre otros.

Algunas de estas normas implican el cierre de válvulas que no se están usando en un tiempo determinado, el apagado completo de equipos en intervalos de alimentación de personal

Igualmente ninguna empresa está a salvo de un accidente ambiental que se podría definir con un evento repentino relacionado con las actividades diarias que afecten el medio ambiente (agua, aire, suelo, flora y fauna) o comunidad (salud pública) ocasionando un impacto significativo sobre el desempeño del sistema de gestión ambiental de la empresa , siendo sumamente

importante tener la reglamentación al día para mitigar el impacto frente a las autoridades ambientales de cada País o Departamento.

QUE ES EL PASO 3 MANTENIMIENTO AUTONOMO.

El paso 3 de mantenimiento autónomo estándares provisionales hace referencia a un punto en el cual se realiza en primera instancia una revisión general de los pasos 0, 1 y 2 garantizando su correcta ejecución dentro del día a día productivo, posteriormente se comienza a realizar un proceso de estandarización del funcionamiento del equipo, parámetros, ajustes mecánicos de operación entre otros donde se garantizan las condiciones básicas de operación y la situación óptima del equipo.

QUE ES EL PASO 3 MANTENIMIENTO PLANEADO.

El paso 3 de mantenimiento planeado es un paso fundamental dentro de la estrategia TPM organizacional ya que se encarga de levantar toda la información necesaria del equipo para garantizar los pasos posteriores, dicha información es recopilada con la ayuda de los proveedores de los equipos que suministran manuales y catálogos de las piezas o partes originales y de la información técnica recopilada por el personal de planta asegurando un correcto stock de repuestos historial de averías paso a paso de soluciones entre otros.

El sistema de información debe ser ágil, amigable y de fácil consulta para todos los usuarios, los cuales se encargan con su día a día a alimentar y mantener actualizado dicho sistema, de esta forma se garantizan las óptimas condiciones de la línea de producción mediante intervenciones oportunas por parte del área de mantenimiento planeado.

OBJETIVO 2 IDENTIFICAR LAS VARIABLES CRITICAS DEL PROCESO DE CHOCOLATE EN POLVO EN SOBRES DE 20 GRAMOS.

En primera instancia y con base en el resultado del objetivo 1 donde se observa con claridad que la problemática se identifica en el subproceso de empaque, se determinan y se describen las variables a analizar y se decide utilizar para alcanzar el presente objetivo un análisis estadístico bajo la metodología de “análisis estadístico de regresión lineal” ya que este análisis presenta una confianza del 95% sobre los datos analizados y una relación de variables sumamente efectiva bajo la interpretación de hipótesis.

De igual forma se especifican cuáles son los parámetros operativos de fabricación del sobre de 20 gr y las pérdidas representativas que se observan en el proceso de empaque que como se mencionó anteriormente es el punto central de estudio y las variables de respuesta que se pretenden mitigar.

Para identificar las variables críticas del proceso se determina mediante la información suministrada por la empresa cuanta es la producción promedio al mes y con este dato se determina cuanto es la muestra por unidad que se debe tomar para garantizar una confianza del 95% sobre los datos; De igual forma se escogen y se analizan aspectos claves que determinan el correcto funcionamiento del equipo de empaque y los factores que afectan las variables de respuesta, de igual forma se pretende determinar de todas ellas cuales tienen mayor relevancia para de esta forma determinar cuáles son críticas y deben controlarse de forma inmediata, de esta manera se da respuesta al objetivo número 2 “identificar las variables críticas del proceso de chocolate en polvo en sobres de 20 gramos”.

Posteriormente a determinar las variables críticas de la máquina de empaque se realizan una serie de análisis que describen el proceso de empaque de chocolate en polvo antes de las modificaciones necesarias para llevar dicho sistema a una alta calidad con un error mínimo dentro del proceso de 1 % esto durante un seguimiento continuo en el tiempo luego de los objetivos trazados del presente análisis, teniendo como variables de respuesta el peso, el desperdicio de etiqueta y el reproceso de producto, vale la pena resaltar que estas dos últimas pérdidas descritas van amarradas de cierta forma al sobre peso, es decir si se controla el sobre peso de inmediato se controla la pérdida de etiqueta y el reproceso del producto.

Es importante aclarar que por políticas de la empresa para evitar repercusiones legales si un sobre sale con sobre peso este luego de ser identificado se destruye el sobre y el contenido entra al sistema para ser empacado nuevamente.

VARIABLES QUE INTERVIENEN DENTRO DEL PROCESO

A continuación, se enumeran y se describen las variables que van a ser objeto de estudio en el proceso de empaque de chocolate en polvo, el equipo a mejorar es una máquina de empaque vertical.

Alimentación de producto desde totebin: Desde el totebin (tolva móvil para 500 kg aproximadamente) se realiza una descarga de producto a un tornillo sinfin de 3 metros aproximadamente para posteriormente ser distribuido por medio de dos sinfines de 50 cm cada uno hacia una tolva de dosificación.

Alimentación de producto desde transporte tubular: Este se da de forma secuencial o lineal con la línea de producción, de inmediato sale el producto del vaporizado va directamente.

Numero de sinfín de dosificación: hace referencia a cuál de los 6 sinfines que posee el equipo objeto de estudio es el que más problemas generales presenta.

Velocidad del agitador: hace referencia a que tanto esta siendo agitado o movido el chocolate en polvo dentro de la tolva de dosificación

Velocidad de los sinfines de dosificación: velocidad programada de giro para la dosificación de 20 gr por sobre

Pulsos de dosificación: hace referencia a cuantas vueltas son necesarias para que el sinfín de dosificación inyecte 20 gramos exactos de producto.

Peso: Variación de peso en cada rista de producto

Temperatura de sellado horizontal: temperatura ideal para garantizar un correcto sellado del material de empaque

Temperatura media del salón de empaque: Promedio de la temperatura ambiente del salón de empaque, en algunos procesos similares se ha observado que esta variable afecta el correcto funcionamiento de la empacadora.

PARÁMETROS OPERATIVOS DE FABRICACIÓN.

Cada sobre de producto tiene especificaciones técnicas para lo cual el equipo de empaque ha sido diseñado, dichas medidas son:

Sobre de 10 cm de largo x 8 cm de ancho

Dosificación exacta de producto 20 Gr

Cada tira consta de 6 unidades

Producto final cartón con 2 tiras para un total de 12 unidades.

PERDIDAS REPRESENTATIVAS.

Sobrepeso

Se da cuando el equipo de empaque no está lo suficientemente ajustado y el gramaje dosificado no está acorde con lo ofertado por la organización siendo objeto de pérdidas en dinero por básicamente regalar producto o posibles reclamos de calidad.

Perdida de etiqueta

La pérdida de la etiqueta se puede presentar por varios factores, alguno de ellos son los desplazamientos de etiqueta que presentan malos cortes laterales, producto en el sello generando fugas y mal selle de etiqueta

Reprocesos de producto

Se da cuando la variación de peso es tan alta que se sale de las especificaciones de calidad exigidas por la organización, por tanto, hay pérdida de etiqueta y el producto vuelve a ser dosificado al sistema de empaque

Rendimiento de capacidad operativa

Se da cuando el equipo no trabaja al 100 % esto puede suceder por paros menores, velocidad reducida por algún tipo de problema entre otros.

Desperdicio de aire comprimido

Se da cuando el equipo no está en operación y elementos como la aspiración de retail siguen activos

DATOS.

Para el presente análisis se determina de manera observacional cuantas unidades semanales produce el equipo con el fin de aplicar y determinar un valor poblacional que describa adecuadamente los análisis estadísticos a realizar, véase la pagina 35.

Posteriormente a determinar la población de datos ,dicho valor fue tomado de forma aleatoria durante el mes de Febrero y el mes de Abril del año 2021 las cuales describen el comportamiento del proceso de empaque del chocolate en polvo antes de identificar, analizar y poner en marcha el plan de acción para contrarrestar o atacar dichos inconvenientes en la línea de producción, igualmente el análisis y seguimiento posterior a la implementación y control de las variables críticas del proceso que ayudan a acercarnos más a un tipo de organización de industria 4.0 las cuales son analizadas a continuación.

Cabe anotar que las variables son de tipo cuantitativo las cuales buscan expresar mediante un modelo matemático realizado por el software R studio versión 3.6.3 el comportamiento frente a variables de respuesta en sobre peso, desperdicio de etiqueta y reproceso de producto.

VARIABLES CRITICAS DENTRO DEL PROCESO.

Todos los procesos industriales tienen distintas variables que pueden ser catalogadas de formas diferentes, cuantitativas, cualitativas, discretas, continuas, entre otras; Las variables que son objeto de estudio son de carácter cuantitativa, es decir nos arrojan un valor numérico que en algunos casos puede ser exacto, es decir, se da o no se da, funciona o no funciona, lo cual en lenguaje de programación se puede traducir como “1” y “0” siendo 1 el estado activo y “0” el estado inactivo, un ejemplo claro de carácter industrial puede ser el accionamiento de un nivel de producto el cual se activa cuando la tolva se encuentra llena en su totalidad “1” y se desactiva cuando el nivel baja arrojando un “0” el cual es leído por el sistema controlador y toma acciones automáticas para volver a llenar dicha tolva con un producto específico.

De igual forma tenemos variables que se comportan de manera análoga es decir no arrojan valores exactos, sino que estas son reguladas a lo largo del tiempo, es decir no muestran valores de “1” y “0” sino que el valor predeterminado va aumentando según lo requiera el proceso, un ejemplo claro de este tipo de variable es la temperatura que utiliza un equipo de empaque para realizar el formado y posterior selle de una bolsa o empaque, esta temperatura comienza con un valor ambiente de 20 grados Celsius aproximadamente la cual va aumentando por medio de una resistencia eléctrica hasta llegar a un set point previamente establecido por el operador del equipo, la lectura que realiza el sensor de temperatura va indicando dicho aumento es decir 22, 4, 27,8, 30,5, 30,6 y así sucesivamente, este tipo de variable es catalogada como análoga.

DESCRIPCION ESTADISTICA DEL PROCESO ANTES DE LA APLICACIÓN DE LA MEJORA CONTINUA

Después de realizar todo el proceso de toma de datos con la situación actual del equipo de empaque, se realiza un análisis de regresión lineal con interpretación de hipótesis alternativas utilizando el software R studio versión 3,6,3, para efectos del análisis y para no mezclar datos cualitativos con datos cuantitativos se toma como 1 la alimentación por totebin y como “0” la alimentación mediante un tornillo sinfín arrojando la siguiente información:

Tabla de datos antes de las mejoras.

Como se observa en la tabla 1 se toman los datos necesarios para determinar las relaciones críticas frente a las variables de respuesta.

Tabla 1 Acercamiento a la toma de datos antes de aplicar las mejoras del proceso.

# DE MUESTRA	FECHA	HORA	DOSIFICADO	HZ AGITADO	VELOCIDAD SINFIN	PULSOS DE DOSIFICACION	PESOX RISTRA	ALIMENTACION	TEMPERATURA MORDAZAS HORIZONTALES	TEMPERATURA SALON DE EMPAQUE
1	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	122,6	1	130,4	18,8
2	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	120,9	1	130,4	18,8
3	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	120,1	1	130,4	18,8
4	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	119,6	1	130,4	18,8
5	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	119,8	1	130,4	18,8
6	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	122,3	1	130,4	18,8
7	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	124,7	1	130,4	18,8
8	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	127,8	1	130,4	18,8
9	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	128,7	1	130,4	18,8
10	11/02/2021	7:40	6	70	4100	179000	119,1	1	130,4	18,8
11	11/02/2021	8:00	6	70	4100	179000	118,6	1	131,3	18,9
12	11/02/2021	8:00	6	70	4100	179000	118,9	1	131,3	18,9
13	11/02/2021	8:00	6	70	4100	179000	120,8	1	131,3	18,9
14	11/02/2021	8:00	6	70	4100	179000	121,2	1	131,3	18,9
15	11/02/2021	8:00	6	70	4100	179000	126,1	1	131,3	18,9

Fuente: Microsoft Excel.

Definición de la cantidad de datos a recopilar

Los datos de muestra de la figura anterior son para observar cómo fue la toma de datos, para el análisis estadístico se tomaron un total de 757 datos según el valor poblacional de la producción total de 30 días productivos.

A continuación, se define como se obtuvo la muestra poblacional requerida para el estudio en curso, tenemos que:

n = Tamaño de muestra

N = Tamaño de la población (2598 unidades)

Z = parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

E = error de estimación o máximo aceptado

P = probabilidad de que ocurra el evento estadístico

Q = probabilidad de que no ocurra el evento estadístico

Se realiza la siguiente formula hallando que:

$$n = \frac{N \cdot z^2 \cdot P \cdot Q}{E^2 \cdot (N-1) + z \cdot P \cdot Q}$$

$n=756,7$ datos

ANALISIS DE REGRESION LINEAL ENTRE VARIABLES CON VARIABLE DE RESPUESTA DATO PESO POR RISTA.

Mediante el software R-studio 3.6 se realiza un análisis de regresión lineal con interpretación de hipótesis alternativas con el fin de identificar la relación existente entre variables y la dispersión o el comportamiento de los datos tomados antes de las mejoras aplicadas donde se pueden observar los siguientes resultados:

En la Figura 10 se realiza el análisis de regresión lineal donde se definen dos tipos de hipótesis que se describen a continuación.

H_0 = Hipótesis nula, no tenemos relación entre las variables evaluadas

H_A = Hipótesis alternativa, existe relación entre las variables evaluadas

Vale la pena resaltar que el valor de P es un valor estadístico que sirve para tratar de describir la probabilidad de obtener un efecto similar a los evaluados en la muestra, este valor es comparado con la significancia o confianza de la muestra, la cual para una confianza del 95% debemos utilizar el valor de 0,05, por tanto, tenemos que:

$P > 0,05$ No se rechaza H_0

$P < 0,05$ Rechazo H_0 y se asume H_A como verdadera.

Como se observa en la figura 10, el análisis de regresión lineal nos arroja los valores P necesarios para hacer dicha relación donde se observa que la variable que más tiene influencia sobre el peso por rista es el tipo de alimentación y como se manipule el producto dentro de la tolva dosificadora ya que este da mayor o menor granulometría lo cual dificulta un empaque preciso; de igual forma se observa que la temperatura del salón de empaque y la velocidad de

dosificación de los sinfines también tienen influencia sobre la variable de peso que se está analizando, si bien los valores de P son mayores que la significancia para efectos del presente estudio se toman como variables cercanas o relacionables con la variable de respuesta por tanto también se toman como variables críticas que pueden tender a afectar el proceso.

Dado lo anterior las variables resaltadas en amarillo son las variables críticas dentro del proceso las cuales son de imprescindible control y seguimiento para lograr los objetivos propuestos.

Figura 10 Resultados análisis de regresión lineal.

```
Residuals:
  Min       1Q   Median       3Q      Max
-109.080  -1.688   0.048   1.718  12.274

Coefficients: (2 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -23.03351225 133.26787201  -0.173  0.8629
ALIMENTACION -2.05246701    0.95142859  -2.157  0.0316 *
DOSIFICADOR   8.95582713    9.99978098   0.896  0.3710
HZ.AGITADOR   NA              NA          NA     NA
PULSOS.DE.DOSIFICACION -0.00001666  0.00021938  -0.076  0.9395
TEMPERATURA.MORDAZAS.HORIZONTALES NA              NA          NA     NA
TEMPERATURA.SALON.DE.EMPAQUE -0.55409856  0.34078941  -1.626  0.1048
VELOCIDAD.SINFIN 0.02588578    0.02132886   1.214  0.2256
```

Fuente: R-studio V3.6.1

H_0 = Hipótesis nula, no tenemos relación entre las variables evaluadas

H_A = Hipótesis alternativa, existe relación entre las variables evaluadas

$P > 0,05$ No se rechaza H_0

$P < 0,05$ Rechazo H_0 y se asume H_A como verdadera.

Tabla anova.

En la Figura 11 Mediante el test anova, nuevamente para la variable de respuesta de peso se observa que la relación del dosificador frente a las variables de peso tiene un valor de P mucho mayor que la significancia indicando que es una variable con poca probabilidad de tener un efecto positivo para el control y estandarización del peso.

Figura 11 Anova para la variable de respuesta peso por rista.

```
Anova Table (Type II tests)
Response: PESO.X.RISTRA
      Sum Sq  Df F value Pr(>F)
DOSIFICADOR    5.7   1  0.1389 0.7095
HZ.AGITADOR      0
Residuals 16308.0 398
```

Tomado de R studio versión 3.6.1

H_0 = Hipótesis nula, no tenemos relación entre las variables evaluadas

H_A = Hipótesis alternativa, existe relación entre las variables evaluadas

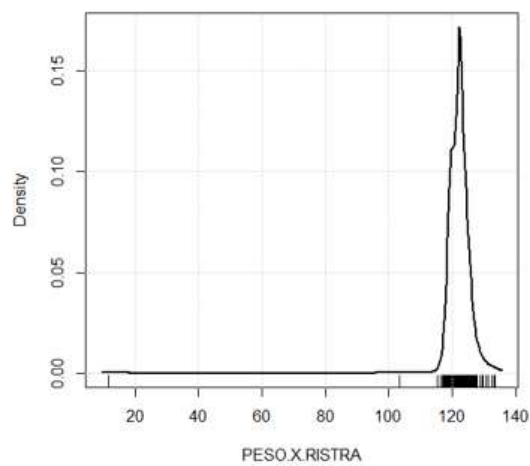
$P > 0,05$ No se rechaza H_0

$P < 0,05$ Rechazo H_0 y se asume H_A como verdadera.

Distribución de datos.

Figura 12 en el análisis para la campana de Gauss para una distribución normal, podemos observar en la siguiente figura que hay un desplazamiento positivo hacia la derecha de todos los datos es decir se tiene gran cantidad de producto que está siendo fabricado con sobre peso lo cual repercute en pérdidas operativas para la empresa fabricante.

Figura 12 Distribución de datos peso x ristra vs densidad de los datos



Fuente R-studio versión 3.6.3

OBJETIVO 3: IMPLEMENTAR LAS MEJORAS AL PROCESO DE CHOCOLATE EN POLVO EN SOBRES DE 20 GRAMOS.

La implementación de todas las mejoras que se describen a continuación fueron bajo la metodología TPM por directrices organizacionales definiendo cuales elementos estaban disponibles y eran necesarios para dichas mejoras al igual que los formatos de estandarización de proceso y análisis de perdidas 5W + H.

Se realiza y se describe un cronograma de actividades para la implementación y seguimiento al funcionamiento de las mejoras que se enfocan directamente al control del sobre peso tales como cambio de nivel laser por nivel de contacto físico, aumento de la frecuencia del motor agitador y la estandarización operativa del proceso.

Con respecto a la perdida de etiqueta se realiza la misma recolección de datos del objetivo 2 con el fin de ejecutar nuevamente el análisis estadístico para la regresión lineal y definir la relación entre variables y la nueva distribución de datos; Lo anterior con el fin de validar que comportamiento tuvieron dicha mejoras encontrando datos satisfactorios que acercan el proceso a los valores o parámetros deseados por la organización.

Las mejoras que se describen a continuación fueron objeto de validación por parte del área técnica de la organización los cuales bajo la experiencia de la evolución y comportamiento del producto en la dosificación de una máquina de empaque vertical recomiendan los mejores elementos para su control igualmente se estudian los beneficios económicos de cada una con respecto al costo de las mejoras observando no solo su viabilidad sino también su beneficio económico a mediano y largo plazo. de esta forma se da respuesta al objetivo 3 para la implementación de las mejoras al proceso.

MEJORAS ENFOCADAS AL SOBRE PESO

El plan de trabajo para controlar la variable de la alimentación identificada como crítica en el objetivo 2 enfocada a la variable de respuesta de sobre peso se basó en aspectos claves para estabilizar la granulometría del producto, estos se enumeran a continuación:

Cambio de nivel laser en tolva dosificadora por un nivel de contacto físico con vibración

Este dispositivo garantiza una menor ventana de operación del nivel de la tolva de dosificación, es decir una variación mínima entre el nivel mínimo y el nivel máximo cuando se esta empacando el producto activando la alimentación de forma más continua y manteniendo el peso casi que de forma constante, esto tiene relevancia en la presión que reciben los sinfines de dosificación siendo más estable todo el sistema cerrado y por tanto observando menos variación de peso en el producto terminado.

Figura 13 Cambio de sensor réflex por sensor de contacto



Fuente: Imagen suministrada por la empresa

Aumento de la frecuencia al motor agitador de la tolva dosificadora de 60 a 85 hz

Esta acción repercute en una distribución más rápida del producto granulado que cae a la tolva dosificadora haciendo que el empaque de producto granulado sea constante, esto no da

oportunidad a una molienda del producto y por tanto a que no sea una mezcla entre producto granulado y producto molino ya que esto para los controles de dosificación es muy difícil de controlar.

Figura 14. Parametrización variador de velocidad agitador.



Fuente: Imagen suministrada por la empresa.

Estandarización operativa

Es importante tener claros cuales son los parámetros operativos dependiendo de condiciones ambientales como la temperatura del salón de empaque; para ello se define cuáles son las velocidades adecuadas para trabajar a alta temperatura 27-30 grados Celsius aproximadamente y para baja temperatura 14 a 23 grados Celsius aproximadamente, esto garantiza un comportamiento adecuado de la variable de temperatura frente a los sinfines de dosificación.

MEJORAS ENFOCADAS A LA PERDIDA DE ETIQUETA

La pérdida de etiqueta es otra variable que es necesario controlar, para ello no se realiza un análisis en R-studio dado que identificar dichas pérdidas no requería el uso del software, vale la pena anotar que estas se daban en parte por producto con sobre peso, proceso en el cual había que romper la etiqueta y volverlo a ingresar al proceso de empaque, básicamente porque es menor la pérdida de etiqueta y reproceso que vender el producto con 15 o 20 gramos por encima de lo estipulado es decir controlando el peso controlábamos la pérdida de etiqueta.

Dichas mejoras se describen a continuación

Cambio de soporte sistema de fechado video jet

Anteriormente se tenía un sistema de patín que generaba un recorrido de izquierda a derecha y viceversa anclado tanto superior como inferiormente haciendo el sistema susceptible a sufrir frenos por pega mecánica lo cual en un sistema tan preciso no genera confiabilidad.

Se realiza una modificación donde el patín de recorrido solo se ancla de su parte inferior mitigando la probabilidad de sufrir pegas mecánicas por suciedad; esta mejora las condiciones de fechado del producto lo cual contribuye a que hayan menos errores y ensayos a la hora del arranque de la línea de producción como el cuidado del equipo de impresión.

Figura 15. Sistema de fechado Ink jet



Fuente: Mapper S.A

Cambio de soportes de cuchillas de corte vertical etiqueta sobrante o retail

Anteriormente se tenía una cuchilla cilíndrica como se observa en la figura 16 la cual estaba soportada por un rodillo de 3 mm de espesor por donde pasa la etiqueta para ser cortada; por las características de la maquina se presentan oscilaciones del trayecto de la etiqueta haciendo que se corten grandes cantidades generando desperdicio de esta.

Se realiza como mejora el cambio de dicho soporte cilíndrico para un espesor de 8 mm de esta forma se garantiza que aunque la etiqueta oscile la cuchilla se mantenga dentro del área de corte desperdiciando lo menos posible de etiqueta.

Esta mejora contribuye a que el desperdicio de retail sea menor ya que el soporte brinda una mayor área de contacto y por tanto la etiqueta no presenta grandes oscilaciones de corte

Figura 16 cuchilla de corte cilíndrica



Fuente: Mercel.cz

TABLA DE DATOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACION DE LAS MEJORAS ENFOCADAS.

Los siguientes datos fueron analizados en el software R-studio.

Tabla 3 Datos del seguimiento y verificación de las mejoras aplicadas.

FECHA	HORA INICIO	DOSIFICADOR	HZ AGITADOR	VELOCIDAD SINFIN	PULSOS DE DOSIFICACION	PESOX RISTRA	ALIMENTACION	TEMPERATURA MORDAZAS HORIZONTALES	TEMPERATURA SALON DE EMPAQUE
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	120,3	1	130,4	18,8
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	120,9	1	130,4	18,8
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	120,1	1	130,4	18,8
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	119,6	1	130,4	18,8
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	119,8	1	130,4	18,8
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	122,3	1	130,4	18,8
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	124,7	1	130,4	18,8
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	123,2	1	130,4	18,8
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	118,5	1	130,4	18,8
10/05/2021	7:40	6	80	4100	179000	119,1	1	130,4	18,8
10/05/2021	8:00	6	80	4100	179000	118,6	1	131,3	18,9
10/05/2021	8:00	6	80	4100	179000	118,9	1	131,3	18,9
10/05/2021	8:00	6	80	4100	179000	120,8	1	131,3	18,9
10/05/2021	8:00	6	80	4100	179000	121,2	1	131,3	18,9
10/05/2021	8:00	6	80	4100	179000	123,1	1	131,3	18,9
10/05/2021	8:00	6	80	4100	179000	120	1	131,3	18,9
10/05/2021	8:00	6	80	4100	179000	123,1	1	131,3	18,9
10/05/2021	8:00	6	80	4100	179000	120,5	1	131,3	18,9

Tabla realizada en Microsoft Excel.

ANALISIS DE REGRESION LINEAL ENTRE VARIABLES CON VARIABLE DE RESPUESTA DATO PESO POR RISTA.

Mediante el software R-studio 3.6 se realiza un análisis de regresión lineal para determinar hipótesis y validar la posible relación entre variables y la dispersión o el comportamiento de los datos tomados luego de las mejoras aplicadas donde se pueden observar los siguientes resultados:

En la figura 13 se puede observar que la alimentación al equipo y la temperatura del salón de empaque ya no se reconoce como una variable crítica dentro del sistema, siendo ahora la velocidad de los sinfines la nueva variable crítica que nos lleva a seguir trabajando para mejorar este punto hasta llegar al cero que nos propone la metodología TPM y la mejora continua de los procesos y la organización.

Figura 17 Análisis de regresión lineal bajo prueba de hipótesis entre variables luego de las mejoras aplicadas.

```
Residuals:
  Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.4169 -0.9343 -0.3169  0.7437  4.4460

Coefficients: (1 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  123.364884628  10.315884720  11.959  <2e-16 ***
ALIMENTACION -0.176337198    0.419636850  -0.420  0.6744
DOSIFICADOR  -0.295939238    0.173565435  -1.705  0.0886 .
HZ.AGITADOR   NA              NA              NA      NA
PULSOS.DE.DOSIFICACION  0.000002071    0.000012504    0.166  0.8685
TEMPERATURA.MORDAZAS.HORIZONTALES  0.005097830    0.070599868    0.072  0.9425
TEMPERATURA.SALON.DE.EMPAQUE -0.078157987    0.072885339   -1.072  0.2839
VELOCIDAD.SINFIN -0.000176820    0.000078952   -2.240  0.0254 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Fuente: R-studio versión 3.6.1

H0 = Hipótesis nula, no tenemos relación entre las variables evaluadas

HA= Hipótesis alternativa, existe relación entre las variables evaluadas

$P > 0,05$ No se rechaza H_0

$P < 0,05$ Rechazo H_0 y se asume HA como verdadera.

Tabla anova.

En la figura 14 mediante el test anova para correlación de factores, nuevamente para la variable de respuesta de peso se observa que aparecen nuevas variables de control con respecto al análisis realizado en el objetivo 2, esto se debe a la nueva distribución de datos que arrojó el sistema luego de la implementación de las mejoras indicando que se debe continuar analizando hasta llegar a un punto de más estabilidad para el proceso. Vale la pena resaltar que aunque el valor P de la variable dosificador es mayor que 0,05 se tiene en cuenta por estar tan cerca de la significancia, caso contrario de las otras variables que si muestran valores mucho más altos.

Figura 18 Tabla anova para la variable de respuesta peso por rista.

```
Anova Table (Type II tests)
Response: PESOX.RISTRA
```

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
ALIMENTACION	0.32	1	0.1766	0.67445
DOSIFICADOR	5.21	1	2.9072	0.08860 .
HZ.AGITADOR		0		
PULSOS.DE.DOSIFICACION	0.05	1	0.0274	0.86852
TEMPERATURA.MORDAZAS.HORIZONTALES	0.01	1	0.0052	0.94246
TEMPERATURA.SALON.DE.EMPAQUE	2.06	1	1.1499	0.28391
VELOCIDAD.SINFÍN	8.98	1	5.0158	0.02541 *
Residuals	1341.23	749		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Fuente: R studio versión 3.6.1

H_0 = Hipótesis nula, no tenemos relación entre las variables evaluadas

HA= Hipótesis alternativa, existe relación entre las variables evaluadas

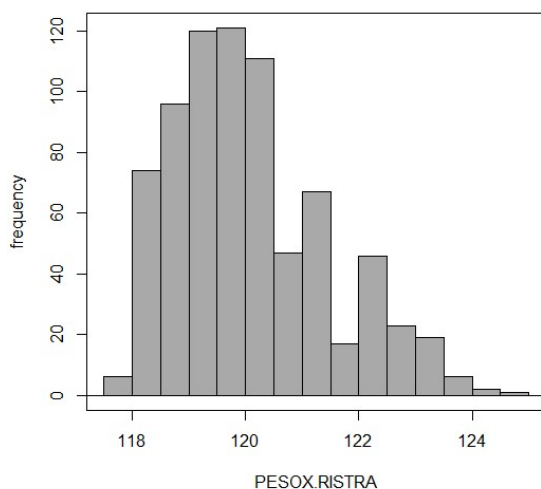
$P > 0,05$ No se rechaza H_0

$P < 0,05$ Rechazo H_0 y se asume HA como verdadera.

Distribución de datos.

En la figura 15 la distribución de los datos luego de la implementación de las mejoras al proceso, podemos observar que hay un desplazamiento hacia la izquierda con respecto a la media del producto y los datos tomados en el objetivo 2, esto nos muestra una reducción significativa del sobre peso y ahora la mayor cantidad de datos se centra en los 120 gramos hacia abajo es decir en 118 y 119 gramos, es decir que las mejoras implementadas han sido efectivas hacia la reducción del sobre peso y que el paso a seguir bajo la metodología de la mejora continua sería llevar la mayor cantidad de datos al promedio de venta.

Figura 15 Distribución de datos



Fuente: de R-Studio versión 3.6.1

DATOS CUANTITATIVOS DE LAS MEJORAS APLICADAS AL PROCESO.

Según los datos suministrados por la organización, producir 1 kilogramo de producto tiene un costo asociado de 3227,87 pesos; por tanto, cada unidad producida tiene un costo de 396,16 pesos; lo anterior con respecto al caso inicial de estudio del objetivo número 2 donde la recolección de los datos arrojó una media de 122,73 gramos por unidad, posteriormente se toma el costo del producto luego de las mejoras aplicadas y de la media por unidad recolectada.

A continuación, se muestran las diferencias entre los datos medidos luego de la implementación de las mejoras al proceso donde se observa un ahorro aproximado del 4,5 % en el costo de producción para el año 2021.

Tabla 4 Costo de producción mensual sin mejoras al proceso.

COSTO DE PRODUCCION MENSUAL SIN MEJORAS AL PROCESO.						
DESCRIPCIÓN	PROMEDIO DE PESO UNIDAD ANTES DE LA IMPLEMENTACION DE LAS MEJORAS	UNIDADES SEMANALES	UNIDADES MENSUALES	COSTO POR UNIDAD	COSTO DE UNIDADES PRODUCIDAS MENSUAL	COSTO DE UNIDADES PRODUCIDAS ANUALES
DATO	0,12273	2598	10392	\$ 396,16	\$ 4.116.894,72	\$ 49.402.736,64

Tabla 5 Costo de producción mensual con mejoras al proceso.

COSTO DE PRODUCCION MENSUAL CON MEJORAS AL PROCESO.						
DESCRIPCIÓN	PROMEDIO DE PESO UNIDAD ANTES DE LA IMPLEMENTACION DE LAS MEJORAS	UNIDADES SEMANALES	UNIDADES MENSUALES	COSTO POR UNIDAD	COSTO DE UNIDADES PRODUCIDAS MENSUAL	COSTO DE UNIDADES PRODUCIDAS ANUALES
DATO	0,12009	2598	10392	\$ 382,60	\$ 3.975.979,20	\$ 47.711.750,40

CONCLUSIONES

Del presente estudio se concluye la importancia de la metodología TPM en cualquier organización ya que presta las herramientas necesarias para identificar y analizar diferentes tipos de situaciones que comprometan el correcto desempeño de los equipos productivos y por tanto los objetivos organizacionales de corto mediano y largo plazo comprometiendo el sostenimiento de la empresa a futuro.

Luego de realizar el diagrama de flujo de la línea de producción se observa que la estandarización oportuna bajo la metodología TPM brinda un nivel de detalle que facilita identificar cuáles son los equipos que carecen de la confianza necesaria para una organización que busca la excelencia de forma permanente y que garantiza parámetros operativos de talla mundial, activando de forma inmediata los distintos equipos interdisciplinarios que buscan la mejora continua del proceso.

Según la información suministrada por la empresa, de la producción mensual que sale del equipo se analiza y concluye que se necesita un muestreo de 757 datos para que el análisis estadístico sea efectivo y según los análisis realizados con el software R-studio se concluye que por el momento las variables que son indispensables controlar son la alimentación de producto, la temperatura del salón de empaque y la velocidad del sinfín.

Según el análisis estadístico realizado se concluye que la temperatura del salón de empaque puede ser una variable que este afectando los demás equipos que componen la zona de producción por lo cual se recomienda a la organización realizar replicas horizontales al presente estudio para determinar y ajustar los procesos puntuales de cada equipo mediante la estandarización del proceso

que determinen los mejores parámetros operativos dependiendo de la temperatura que se presente a las distintas horas del día.

Hasta la fecha 13 de octubre del 2021 bajo los análisis cuantitativos de mejora continua en específico al sobre peso registrado en la zona de empaque a nivel global, las mejoras realizadas y descritas en el presente estudio han contribuido a una reducción del 4,5 % del sobre peso total registrado en el año 2020 lo cual en dinero refleja un ahorro aproximado de 1'690.986 millones de pesos.

Los sensores de nivel auto réflex tipo laser no son elementos adecuados para controlar nivel en tolvas de dosificación que manejen “polvos finos” ya que la probabilidad de un mal registro es muy alta, adicional a lo anterior presentan una amplia ventana entre el llenado y el vaciado de la tolva lo cual repercute en una dosificación exacta haciendo que el sistema de dosificación asistido por servomotores no sea lo suficientemente eficiente.

Del presente estudio se concluye la importancia de contar con equipos de variación de velocidad de motores que contribuya a encontrar el punto exacto de agitación donde el producto sea distribuido no solo de forma oportuna sino también homogénea por toda la tolva de dosificación, lo anterior con el fin de garantizar el mismo volumen de producto para cada uno de los sinfines de dosificación y por tanto la dosificación eficiente del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Castillo I, 1997, Diseño y construcción de un molino tamiz para producir harina a partir de trocitos de yuca secos. Corporación universitaria tecnológica de Bolívar. Pag 10-20.

Aguilar S. Escobar J. Construcción de un molino de carne con fines didácticos para la elaboración de embutidos pág. 65.

Alireza abbasipour, Amir Attar, Samira Hassanpour, New millennium Feed Processing Co, allaboutfeed.net

Alegría M. estudio de la demanda para la maquinaria empacadora tipo film de alimentos en Quito.

Tepan A. Yande C. (2020) *“Diseño e implementación de una maquina semiautomática de pesado y sellado de productos granulados en el supermercado Castro”* Cotopaxi - Ecuador, Repositorio digital universidad técnica de Cotopaxi

Chango J. Serrano C. (2016) *“diseño e implementación de un sistema de control para solucionar las deficiencias en el proceso de empaquetado de una máquina empacadora de café de 20 gramos en la empresa minerva”* Quito – Ecuador, Repositorio institucional de la escuela politécnica institucional.

Colindres M. (2016) *“Propuesta de un plan de mantenimiento productivo total como herramienta para implementar la gestión de la calidad en una nueva línea de dosificación de dulce en polvo”* Guatemala, Repositorio del sistema bibliotecario universidad san Carlos de Guatemala.

Hurtado T. (2015) *“máquina para clasificar aguacates por su peso”* Quito-Ecuador, repositorio digital universidad técnica del Norte.

León G. (2013) *“Maquina de empackado y control de peso para panela granulada”* Ibarra-Ecuador, repositorio digital universidad técnica del norte.

Van Vianen W. (2011) *“aplicativo para el control de calidad por peso aplicado a un sistema automatizado de control de calidad integrado al CIM del CTAI en la pontificia universidad javeriana”* Bogotá-Colombia, Repositorio Institucional pontificia universidad Javeriana.

Varas C. (2010) *“Aplicación de la metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación del chocolate”* Santiago de Chile- Chile, repositorio académico de la universidad de Chile.

Bastidas J. (2009) *“diseño de propuestas de mejoramiento en la línea de productos cubiertos de chocolate a través del análisis de operaciones de la empresa colombina del cauca S.A”* Cali-Colombia, repositorio digital universidad autónoma de occidente.

Bonilla J. (2009) *“automatización de una máquina empacadora de caramelo en polvo”* Quito-Ecuador, Repositorio digital escuela politécnica nacional.

Maldonado R. Graziani L (2007) *“herramientas estadísticas de la calidad para la diagnosis: estudio de un caso en la industria de productos cárnicos”* Caracas- Venezuela, Repositorio digital universidad central de Venezuela.