

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



PROPUESTA DE MEJORA DEL CONTROL DE PROCESOS
EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS EN EMPRESA
ALIMENTICIA

Trabajo de graduación en modalidad de Tesis presentado por
María Camila Solís Marroquín
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería Química

Guatemala

2021

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



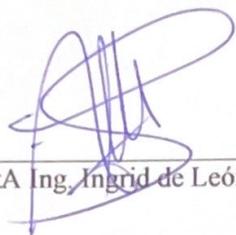
PROPUESTA DE MEJORA DEL CONTROL DE PROCESOS
EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS EN EMPRESA
ALIMENTICIA

Trabajo de graduación en modalidad de Tesis presentado por
María Camila Solís Marroquín
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería Química

Guatemala

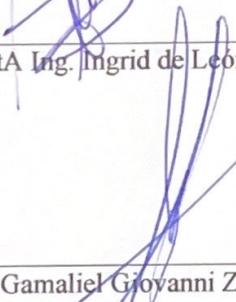
2021

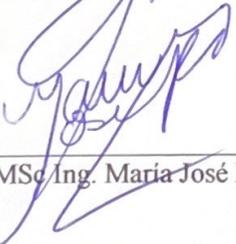
Vo. Bo.:

(f) 
MbtA Ing. Ingrid de León Vilaseca

Tribunal Examinador:

(f) 
MbtA Ing. Ingrid de León Vilaseca

(f) 
MSc Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano

(f) 
MSc Ing. Maria José Ramos

Fecha de aprobación: Guatemala, 9 de diciembre de 2021

PREFACIO

El presente trabajo de graduación representa la culminación de mi formación académica como licenciada en Ingeniería Química. El tema tratado surgió por mi interés en la industria alimenticia. Al tener la oportunidad de que una empresa me abriera sus puertas, pude adentrarme en el manejo de la planta e indagar en posibles temas a investigar. De esta manera, me interesó el control de procesos de la línea que fabrica el producto más demandado. Con la información proporcionada por la empresa y los conocimientos adquiridos durante la carrera, pude realizar el trabajo y aportar a la planta propuestas de mejora que tuvieran un beneficio económico.

A lo largo de los años de estudio y durante la realización del trabajo, tuve a mi lado a muchas personas de apoyo a quienes les estoy eternamente agradecida. Primero, a mi padre por apoyarme económicamente durante toda la carrera y proporcionarme todas las herramientas necesarias para poder terminarla. A mi madre, por siempre aconsejarme, ayudarme e incentivar me cuando lo necesitaba. A mis abuelos, por siempre darme los consejos más sabios y palabras de aliento cuando lo necesitaba. Por último, a mis hermanos que siempre me expresan su admiración y me inspiran a ser mejor cada día.

Asimismo, agradezco a todos los catedráticos que formaron parte de estos años, por compartir su conocimiento y estar dispuestos a ayudarme siempre. Especialmente, a la Ing. Ingrid de León, que me apoyó durante la realización de todo el trabajo y estuvo siempre disponible para apoyarme y motivarme cada vez que lo necesitaba. También agradezco a todos los colaboradores de la empresa en la cual realicé el trabajo, por brindarme su tiempo, atención y conocimiento sin dudarle cada vez que necesitaba una guía. Sin su apoyo no podría haberlo logrado.

Por último, gracias a todos mis amigos y compañeros de la carrera que formaron parte de estos años llenos de felicidad, estrés, pero sobre todo de incontables experiencias inolvidables. Todos aportaron a la persona que soy hoy y a la futura profesional que seré.

ÍNDICE

<i>PREFACIO</i>	v
<i>RESUMEN</i>	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
<i>I. INTRODUCCIÓN</i>	1
<i>II. OBJETIVOS</i>	2
A. GENERAL	2
B. ESPECÍFICOS	2
<i>III. JUSTIFICACIÓN</i>	3
<i>IV. MARCO TEÓRICO</i>	4
A. CONTROL DE PROCESOS.....	4
B. INDICADOR DE EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS.....	4
1. Pérdidas de tiempo.....	5
2. Pérdidas de velocidad	5
3. Pérdidas de calidad	5
4. Cálculo del indicador de efectividad global de equipos.....	6
5. Clasificación del indicador de efectividad global de equipos	7
C. LEAN MANUFACTURING	7
D. SIX SIGMA	8
E. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS	9
1. Media.....	9
2. Desviación estándar.....	9
3. Diagrama de Pareto	10
4. Gráfico lineal	10
5. Gráfica de barras.....	11
6. Análisis de sensibilidad	11
7. Diagrama causa-efecto.....	12
<i>V. ANTECEDENTES</i>	13
A. PROCESO PRODUCCIÓN GALLETAS GOFRE, CON Y SIN COBERTURA	13
1. Recepción y almacenamiento de materia prima	13
2. Preparación del dulce sabor a chocolate	13

3.	Preparación de la mezcla	13
4.	Horneado de oblea	14
5.	Enfriamiento de oblea.....	14
6.	Preparación de relleno de maní.....	14
7.	Preparación de crema de otros sabores	14
8.	Aplicación de crema en galleta	14
9.	Formación de libro.....	15
10.	Corte de libro	15
11.	Aplicación de cobertura sabor a chocolate y enfriamiento	15
12.	Empaque	15
B.	CONTROL DE PROCESOS EN EMPRESA	17
1.	Manejo de información.....	17
2.	Control y automatización de la línea	17
C.	REPROCESO.....	17
<i>VI.</i>	<i>METODOLOGÍA</i>	<i>18</i>
A.	Determinación del indicador global de equipos	18
B.	Identificación de oportunidades de mejora.....	18
C.	Impacto económico	19
<i>VII.</i>	<i>RESULTADOS</i>	<i>20</i>
A.	Balance de masa y energía, diagrama operaciones y P&ID	20
B.	Indicador de efectividad global de equipos (OEE).....	23
C.	Disponibilidad	23
D.	Eficiencia.....	27
E.	Calidad	29
F.	Impacto en el indicador de efectividad global de equipos (OEE)	31
G.	Impacto económico	31
<i>VIII.</i>	<i>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	<i>32</i>
<i>IX.</i>	<i>CONCLUSIONES</i>	<i>35</i>
<i>X.</i>	<i>RECOMENDACIONES</i>	<i>36</i>
<i>XI.</i>	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>37</i>
<i>XII.</i>	<i>ANEXOS</i>	<i>38</i>
A.	Datos originales.....	38
1.	Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real	38
2.	Tiempo de producción disponible y cantidad de galleta producida	41

3.	Cantidad de reproceso y desperdicio	44
4.	Causas y conteos de paros de producción.....	48
5.	Mano de obra	52
6.	Costo de reproceso y desperdicio	52
7.	Ganancia de galleta gofre	52
B.	Cálculos de muestra	53
1.	Análisis parámetro de disponibilidad.....	53
3.	Análisis parámetro de calidad.....	57
4.	Análisis indicador de efectividad global de equipos (OEE)	59
5.	Análisis estadístico	60
C.	Datos calculados.....	61
1.	Análisis parámetro de disponibilidad.....	61
2.	Análisis parámetro de eficiencia.....	65
3.	Análisis parámetro de calidad.....	69
4.	Análisis indicador de efectividad global de equipos (OEE)	74
D.	Diagramas	78
E.	Poka Yoke implementado	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Base teórica para Six Sigma.....	8
Figura 2. Diagrama de Pareto	10
Figura 3. Gráfico de línea simple	11
Figura 4. Gráfico de barras verticales.....	11
Figura 5. Análisis de sensibilidad.....	12
Figura 6. Diagrama causa-efecto	12
Figura 7. Diagrama de bloques del proceso de producción de galleta gofre.....	16
Figura 8. Balance de masa y energía de 1 hora de producción de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	20
Figura 9. Diagrama de operaciones de línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	21
Figura 10. Diagrama P&ID de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	22
Figura 11. Indicador de efectividad global de equipos de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura.....	23
Figura 12. Parámetro de disponibilidad de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura	23
Figura 13. Diagrama de Pareto de frecuencia de paros en producción de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	24
Figura 14. Tiempo promedio de paros en producción en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	24
Figura 15. Análisis de sensibilidad de las causas de paros en la producción de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	25
Figura 16. Parámetro de eficiencia de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura	27
Figura 17. Diagrama causa-efecto de los paros operativos de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	28
Figura 18. Parámetro de calidad de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura	29
Figura 19. Cantidad promedio de reproceso y desperdicio en 4 meses de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	30
Figura 20. Comparación del indicador de efectividad global de equipos con modificaciones implementadas en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	31
Figura 21. Diagrama de flujo de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura ...	78
Figura 22. Poka Yoke implementado en la etapa de cortado en la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura	79

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación del indicador global de equipos	7
Cuadro 2. Clasificación Six Sigma en base a defectos por millón y su impacto financiero	9
Cuadro 3. Situación actual y propuesta de mejora para el parámetro de disponibilidad en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	25
Cuadro 4. Propuesta de organización de mano de obra para la eliminación de paros por comida de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	26
Cuadro 5. Porcentaje de reducción de horas paradas en producción con la contratación de 6 operarios en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	26
Cuadro 6. Impacto económico anual en la producción con la contratación de 6 operarios en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	26
Cuadro 7. Capacidad real del equipo por etapa en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	27
Cuadro 8. Capacidad máxima y nominal de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	27
Cuadro 9. Pérdidas en producción anual por operar a una capacidad nominal de 633.6 kg/h en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	27
Cuadro 10. Situación actual y propuesta de mejora para el parámetro de eficiencia en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	29
Cuadro 11. Impacto económico anual en la producción con el aumento de la capacidad de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	29
Cuadro 12. Defectos por millón y nivel sigma de la producción de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	30
Cuadro 13. Situación actual y propuesta de mejora para el parámetro de calidad en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	30
Cuadro 14. Porcentaje de reducción de la cantidad de reproceso en la etapa de cortado luego de la implementación de un Poka Yoke en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	31
Cuadro 15. Impacto económico en la producción con la implementación de un Poka Yoke en la cortadora en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	31
Cuadro 16. Impacto económico anual de las modificaciones propuestas en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	31
Cuadro 17. Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real en el mes de octubre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	38
Cuadro 18. Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real en el mes de noviembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	39
Cuadro 19. Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real en el mes de diciembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	40
Cuadro 20. Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real en el mes de enero 2021 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	41

Cuadro 21. Tiempo de producción disponible y cantidad producida en el mes de octubre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	41
Cuadro 22. Tiempo de producción disponible y cantidad producida en el mes de noviembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	42
Cuadro 23. Tiempo de producción disponible y cantidad producida en el mes de diciembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	43
Cuadro 24. Tiempo de producción disponible y cantidad producida en el mes de enero 2021 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	44
Cuadro 25. Cantidad de reproceso y desperdicio para el mes de octubre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	44
Cuadro 26. Cantidad de reproceso y desperdicio para el mes de noviembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	45
Cuadro 27. Cantidad de reproceso y desperdicio para el mes de diciembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	46
Cuadro 28. Cantidad de reproceso y desperdicio para el mes de enero 2021 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	47
Cuadro 29. Causas y conteo de paros de producción en el mes de octubre 2020 en la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura.....	48
Cuadro 30. Causas y conteo de paros de producción en el mes de noviembre 2020 en la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura.....	49
Cuadro 31. Causas y conteo de paros de producción en el mes de diciembre 2020 en la línea de producción de galleta gofre, con y sin cobertura.....	50
Cuadro 32. Causas y conteo de paros de producción en el mes de enero 2021 en la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura.....	51
Cuadro 33. Organización de la mano de obra de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura..	52
Cuadro 34. Costo de mano de obra de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	52
Cuadro 35. Costo de reproceso y desperdicio de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura .	52
Cuadro 36. Ganancias generadas por la venta de galleta gofre con relleno de maní y cobertura sabor a chocolate	52
Cuadro 37. Disponibilidad calculada para el mes de octubre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	61
Cuadro 38. Disponibilidad calculada para el mes de noviembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	62
Cuadro 39. Disponibilidad calculada para el mes de diciembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	63
Cuadro 40. Disponibilidad calculada para el mes de enero 2021 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	64
Cuadro 41. Análisis estadístico del parámetro de disponibilidad de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura.....	64
Cuadro 42. Aumento en el parámetro de disponibilidad de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, aplicando la contratación de 6 operarios	64
Cuadro 43. Eficiencia calculada para el mes de octubre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	65
Cuadro 44. Eficiencia calculada para el mes de noviembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	66

Cuadro 45. Eficiencia calculada para el mes de diciembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura.....	67
Cuadro 46. Eficiencia calculada para el mes de enero 2021 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	68
Cuadro 47. Análisis estadístico del parámetro de eficiencia de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura	68
Cuadro 48. Aumento en el parámetro de eficiencia de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, aplicando la contratación de 6 operarios	68
Cuadro 49. Calidad calculada para el mes de octubre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	69
Cuadro 50. Calidad calculada para el mes de noviembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	70
Cuadro 51. Calidad calculada para el mes de diciembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	71
Cuadro 52. Calidad calculada para el mes de enero 2021 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	72
Cuadro 53. Cantidad de reproceso y desperdicio por etapa en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	72
Cuadro 54. Parámetro de calidad de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura	73
Cuadro 55. Aumento en el parámetro de calidad de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, implementando un Poka Yoke en la etapa de cortado	73
Cuadro 56. Aumento en nivel sigma de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, con la implementación de un Poka Yoke en la cortadora	73
Cuadro 57. OEE calculado para el mes de octubre 2020 para la línea de galleta gofre, con y sin cobertura	74
Cuadro 58. OEE calculado para el mes de noviembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	75
Cuadro 59. OEE calculado para el mes de diciembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	76
Cuadro 60. OEE calculado para el mes de enero 2021 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura	77
Cuadro 61. Indicador de efectividad global del equipo de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura.....	77
Cuadro 62. Aumento en el indicador de efectividad global de equipos de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, implementando un Poka Yoke en la etapa de cortado.....	77

RESUMEN

Este estudio muestra el análisis del indicador de efectividad global de equipos de una línea de producción de galleta gofre, con y sin cobertura de una empresa alimenticia ubicada en la ciudad de Guatemala. El periodo de análisis fue de 4 meses, incluyendo octubre 2020, noviembre 2020, diciembre 2020 y enero 2021. Para poder realizar una evaluación de la situación actual de la línea, se realizó un análisis utilizando el control estadístico de procesos de los parámetros que conforman el indicador de efectividad global de equipos, siendo estos la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. A partir de esto, se realizaron propuestas que pudieran, tanto aumentar el indicador, así como generar una reducción de costos. Para evaluar el impacto económico, se realizó un análisis, en el cual se cuantificó el posible ahorro y los ingresos que las modificaciones propuestas pudieran generar. Esto se utilizó para determinar si las propuestas generaban un cambio significativo en la producción. Por último, se determinó el impacto que las modificaciones propuestas tendrían en el indicador de efectividad global de equipos.

Se encontró que el parámetro de disponibilidad oscilaba en un rango de 49.01% y 56.71%, teniendo como principal causa de pérdidas de tiempo los paros ocasionados por los tiempos de comida. A partir de esto, se propuso un plan de relevos, con el que se eliminaría por completo los paros por comida. Con esta modificación, se tendría un ingreso adicional anual de Q176,591.89. En el caso del parámetro de eficiencia, se encontraba entre 35.70% y 43.15%. Se halló que la principal razón de tener pérdidas de velocidad es la diferencia entre la velocidad de diseño del horno y la nominal. Debido a esto, se planteó aumentar la velocidad del horno en una unidad de planchas/min, lo cual representaría un aumento en la producción y, por ende, un ingreso adicional anual de Q76,317.12. En el caso del parámetro de calidad, se determinó que este se encuentra entre un rango de 63.56% y 67.87%. El análisis demostró que la etapa que más cantidad de reproceso y desperdicio genera es la cortadora. Por esto, se consideró la implementación de un Poka Yoke, este se aplicó durante una semana y posteriormente se evaluó su impacto. Los resultados fueron una disminución de reproceso en la cortadora de 45.54% y un ahorro de Q122,980.78 anual.

Integrando los parámetros, se obtuvo un indicador de efectividad global de equipos entre 13.81% y 18.99%. Al clasificarlo, se encontró que se encuentra en un valor inaceptable. Al aplicar todas las modificaciones propuestas a la producción, se evidenció un aumento promedio en el OEE de 8.62%, por lo que el indicador con estas mejoras aumentaría a 29.20%, con un total de ahorros de Q122,980.78 e ingresos adicionales de Q397,304.47. Se recomienda continuar con el análisis realizado para poder aumentar el indicador a un valor aceptable.

ABSTRACT

This thesis analyses the overall equipment effectiveness (OEE) of the production of wafer cookies, with and without topping, manufactured in a food company located in Guatemala City. This study covers 4 months of production, including October, November and December 2020, and January 2021. A statistical analysis was used to carry out a complete evaluation of the current condition of the production line, including an examination of the components that make up the OEE: availability, efficiency, and quality. The information gathered was used to suggest actions for improvement to increase the OEE percentage and reduce costs. A quantification of the potential savings and increase in income was used to evaluate the economic impact of the recommended modifications. Lastly, the impact these modifications would have on the OEE percentage was calculated.

The availability component ranged between 49.01% and 56.71%, with stoppages due to mealtimes as the main cause of loss in production time. A relay plan was suggested to eliminate these stoppages, resulting in a potential extra income of Q176,591.89 a year. The efficiency component resulted between 35.70% and 43.15%. The difference between the design speed and the nominal speed of the oven was found as the main reason for speed losses in the production line. Due to this, it was proposed to increment the nominal speed of the baking oven in one unit of wafer sheet/minute to increase the production capacity of the line, which would generate an extra Q76,317.12 per year. The quality percentage was between 63.56 and 67.87. The stage of the process that generated the greatest amount of rework and waste was cutting. Therefore, the action proposed was to implement a Poka Yoke in this stage, which was tested for one week. The results showed a decrease of 45.54% of rework in the cutter, which represents annual savings of Q122,980.78.

The product of the three components resulted in an overall equipment effectiveness between 13.81% and 18.99%. Its classification shows it was an unacceptable value, therefore confirming there was room for improvement. If the company were to implement all the suggested modifications to the production line, there would be an increase in the OEE of 8.62%, which would result in a final value of 29.20%. The estimated savings would be of Q122,980.78 and the extra income of Q397,304.47. It is recommended to evaluate further the OEE to increase it to at least an acceptable value.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de control de procesos tienen una gran importancia en la industria. En el caso de una empresa alimenticia, permiten detectar variaciones en el proceso que tengan el potencial de afectar la calidad del producto final. Además, permiten determinar fallas en la línea que puedan ocasionar costos extra que pueden evitarse. Existen una variedad de formas de evaluar el rendimiento de una planta de producción. Una de estas es el indicador de efectividad global de equipos (OEE, por sus siglas en inglés).

El indicador más utilizado para evaluar el rendimiento de una línea de producción es el indicador de efectividad global de equipos. Este permite determinar la eficiencia de un sistema de fabricación integrado en una planta de producción, basado en las pérdidas relacionadas con tres aspectos: la disponibilidad de la máquina, el rendimiento de la máquina y la calidad de los productos terminados. Se estima que un 75% de la industria alimenticia utiliza este indicador para evaluar la eficiencia en los procesos (Rodríguez, 2019).

A partir de la evaluación de una línea de producción utilizando el OEE, se pueden identificar oportunidades de mejora que aumenten el rendimiento de esta. Existen herramientas que son ampliamente utilizadas en la industria para mejorar el rendimiento de una línea de fabricación. Entre estas se encuentra la producción esbelta y Six Sigma. La primera busca una mejora de la producción por medio de la eliminación del desperdicio (Barria, 2012). Por el otro lado, la metodología Six Sigma se centra en aumentar la capacidad de los procesos, para que estos generen la mínima cantidad de defectos por millón de unidades producidas (Albert, Soler y Molina, 2017).

Por medio de un incremento del OEE, utilizando la producción esbelta y la metodología Six Sigma, se pueden generar ahorros y reducir costos de la empresa. En el caso de una planta alimenticia, se puede aumentar la producción, reducir las pérdidas de velocidad y disminuir el reproceso y los paros en la producción.

A partir de este trabajo de graduación, se aplicó la evaluación de una línea de fabricación de galletas gofre, con y sin cobertura, utilizando el indicador de efectividad global de equipos, para evaluar su rendimiento en cuanto a la disponibilidad, rendimiento de máquinas y la calidad de los productos terminados. Utilizando este estudio, se aplicaron los principios de la producción esbelta y la metodología Six Sigma para recomendar acciones que aumenten el OEE. A partir de estas propuestas, se estimó económicamente el impacto en la producción si estas son implementadas de manera permanente. Esta investigación evidencia el ahorro y la disminución de costos que representa el utilizar este modelo de análisis, lo cual permite que se pueda repetir en las otras líneas de la planta.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

Proponer mejoras en el control de procesos en una línea de producción de galleta gofre, con y sin cobertura, realizando una evaluación del sistema actual con el indicador de efectividad global de equipos para generar reducción de costos en una empresa alimenticia ubicada en la ciudad de Guatemala.

B. ESPECÍFICOS

1. Determinar el indicador de efectividad global de equipos de una línea de producción de galletas gofre, con y sin cobertura, utilizando datos históricos, para generar una línea base del proceso actual.
2. Identificar oportunidades de mejora a partir del indicador de efectividad global de equipos, usando herramientas como producción esbelta y six sigma para proponer acciones preventivas y correctivas que tengan un impacto positivo en una línea de producción de galletas gofre, con y sin cobertura.
3. Determinar el impacto económico que las modificaciones propuestas pueden causar sobre la producción, utilizando el indicador de efectividad global de equipos para replicar el modelo en otras líneas.

III. JUSTIFICACIÓN

La existencia de un buen sistema de control de procesos es de vital importancia para la detección rápida de errores que puedan ocasionar costos extra a una empresa. La industria alimenticia mundial se encuentra en crecimiento y con esta, aumenta la competitividad entre las compañías. Se estima que, para evaluar el rendimiento de una planta de producción, un 75% de la industria alimenticia calcula el indicador de efectividad global de equipos (OEE). Asimismo, se utilizan mundialmente las técnicas de producción esbelta y la metodología Six Sigma para la resolución de problemas y la mejora continua de los procesos. Actualmente, el producto más vendido de la planta es la galleta gofre con cobertura de chocolate y relleno de maní. La producción de esta no es suficiente para satisfacer la demanda de los clientes, ya que el mercado pedía un aproximado de 45,000 cajas de galletas y solamente se despachan un aproximado de 30,000 cajas. Esta línea no ha sido evaluada por medio de un análisis utilizando el OEE, por lo que no se tiene conocimiento acerca de la utilidad de este indicador. Además, los análisis de rendimiento realizados previamente demuestran que existe una oportunidad de mejora en el control de la producción.

A partir de este trabajo de graduación, se podrá realizar una evaluación integral del rendimiento de la línea de producción de galleta gofre, con y sin cobertura, por medio del uso del OEE, lo cual permitirá identificar en qué aspectos de la producción se está perdiendo eficiencia: en disponibilidad de equipos, capacidad de equipos o calidad. Al identificar estas debilidades, se podrá realizar una propuesta, con técnicas de análisis y herramientas de producción esbelta y Six Sigma que puedan solucionar los problemas. Estas acciones, de ser realizadas, tendrán el potencial de aumentar el OEE de la línea y, por ende, tendrán un beneficio económico asociado a este incremento. Este impacto se podrá evidenciar en una reducción de costos y generación de ingresos adicionales. Además, esta investigación servirá de guía para la empresa, para que pueda replicarse el modelo de análisis en las otras líneas.

IV. MARCO TEÓRICO

A. CONTROL DE PROCESOS

El control de procesos posee aplicaciones en todo tipo de industrias. Esto debido a que mejora la calidad del producto final y aumenta la eficiencia de los procesos productivos. Esto como consecuencia, genera mayores ganancias y eleva la posición de la empresa en comparación a la competencia. Se le llama control de procesos a todos los métodos que se utilizan para monitorear y regular las condiciones de proceso durante la fabricación de un producto. Se realiza por tres objetivos principales: reducir la variabilidad del producto, incrementar la eficiencia global del proceso y mantener la seguridad (Miranda, 2017).

En cualquier proceso de producción industrial, existe una variabilidad. Esta se refiere a las ligeras diferencias que existen entre los productos fabricados por diferentes razones. A medida que esta aumenta, se darán mayores desigualdades entre los productos, lo cual se traduce en una mala precisión en el proceso. Es por esto por lo que se deben fijar tolerancias, para determinar cuales serán inevitables en el proceso y eliminar aquellas que representan un costo adicional (AEC, 2007).

B. INDICADOR DE EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS

El Overall Equipment Effectiveness (OEE, por sus siglas en inglés) es un indicador clave de productividad que permite determinar la eficiencia de un sistema de fabricación integrado en una planta de producción, basado en las pérdidas relacionadas con tres aspectos: la disponibilidad de la máquina, el rendimiento de la máquina y la calidad de los productos terminados. Se dice que este indicador engloba los parámetros fundamentales, ya que se puede determinar a partir de las tres razones que lo conforman, si se ha perdido eficiencia por paros de la maquinaria, por pérdidas de velocidad o porque se han producido unidades defectuosas (Rodríguez, 2019).

El propósito de medir este índice es identificar las pérdidas que se dan en la planta para poder priorizar los recursos que puedan minimizar el desperdicio (Rodríguez, 2019).

Los tres parámetros fundamentales que engloba este indicador son (Rodríguez, 2019):

- a. Disponibilidad: el tiempo en el que la máquina, equipo o línea realmente operó, comparado con el tiempo que realmente debió haber estado operando de acuerdo con lo programado en el plan de producción.
- b. Eficiencia: la relación de lo que se ha producido, tomando en cuenta tanto el producto bueno como defectuoso, con respecto a lo que realmente se tuvo que haber producido si se estuviera en condiciones ideales.
- c. Calidad: la relación que existe entre el producto en buen estado producido inicialmente con las que se desperdiciaron o tuvieron que ser reprocesada

Al operar equipos, se pueden identificar seis desechos, llamadas pérdidas, ya que disminuyen la efectividad de la máquina. Entre estas se encuentran (Rodríguez, 2019):

1. Averías
2. Configuración y ajustes
3. Pequeñas paradas
4. Reducción de velocidad
5. Rechazos por puesta en marcha
6. Rechazos de producción

A partir de estos tres parámetros a analizar, se puede obtener un panorama de la situación de la efectividad total de la línea. El indicador de efectividad global de equipos compara el porcentaje de efectividad, comparado con el de una máquina ideal equivalente, siendo este un 100%. La diferencia entre el valor real y el ideal está constituida por las pérdidas de tiempo, de velocidad y de calidad (Ucelo, 2008)

1. Pérdidas de tiempo

Se le llama pérdida de tiempo al tiempo en el cual la máquina pudo haber estado produciendo, pero no lo estuvo. Estos se dividen en tres tipos (Ucelo, 2008):

- a. Averías: Este tipo de pérdida ocurre cuando ocurre un fallo repentino que genera una pérdida en tiempo de producción. Este puede ocurrir por una disfunción técnica o una organizativa (como un error al operar la máquina o un mantenimiento pobre del equipo).
- b. Esperas: Este tipo de pérdida se da cuando la máquina se encuentra en espera, lo cual se puede dar por diferentes motivos. Entre estos, debido a un cambio de producto, por la necesidad de realizarle mantenimiento a las máquinas o por tiempos de comida. Para definir el tiempo de cambio entre el último producto del lote anterior y el primer producto del lote nuevo, se utiliza la técnica SMED, por sus siglas en inglés, *Single Minute Exchange of Die*.
- c. Restricción en línea: Este tipo de pérdidas se refiere a los problemas que se pueden ocasionar por aprovisionamiento y transporte en la línea de producción. No obstante, debido a que estos no tienen relación con la máquina, no son tomados en cuenta en el indicador global de equipos.

2. Pérdidas de velocidad

Estas pérdidas se dan cuando la máquina no se encuentra funcionando a su velocidad máxima. Estas pérdidas se clasifican en (Ucelo, 2008):

- a. Microparadas: este tipo de pérdidas se da cuando la máquina posee interrupciones cortas, lo cual ocasiona que no se trabaje a velocidad constante. Esto se puede dar por problemas en producción como bloqueos que pueden ser producidos por sensores de presencia o por acumulaciones en cintas transportadoras. Este tipo de pérdidas pueden clasificarse también como pérdidas de tiempo. Sin embargo, debido a que son tan pequeñas, generalmente no son registradas.
- b. Velocidad reducida: esta se define como la diferencia entre la velocidad de diseño y la real. La reducción se da para poder evitar defectos de calidad y de averías.

3. Pérdidas de calidad

La pérdida de calidad se da cuando se fabrican productos que no resultan buenos a la primera. Existen dos tipos de pérdidas de calidad (Ucelo, 2008):

- a. Desecho: se le llama desecho a aquellos productos que no cumplen con los requisitos de calidad establecidos. Se busca que siempre se fabriquen productos buenos a la primera, es decir, tener cero defectos. Generalmente, se generan desechos en la etapa de arranque de producción. Esto se da porque, inicialmente, la producción no es estable, lo cual ocasiona que los primeros productos fabricados no cumplan con las especificaciones de calidad. Asimismo, los productos del final de un lote de producción tampoco se considera que cumplen con la calidad. Estas pérdidas, no obstante, son inevitables.
- b. Retrabajo: se le llama retrabajo a los productos que no cumplen con los requisitos de calidad establecidos pero que pueden ser reprocesados para convertirse en productos buenos. Debido a que el producto no cumple con los requisitos de calidad, es considerada una pérdida de calidad.

4. Cálculo del indicador de efectividad global de equipos

Para calcular el indicador global de equipos, se deben calcular los elementos que lo constituyen. Estos elementos son (Ucelo, 2008):

a. Disponibilidad:

Para calcular la disponibilidad, se compara el tiempo en el cual la máquina se encuentra fabricando productos con el que tiene disponible para fabricar productos. Las pérdidas de tiempo disminuyen el porcentaje de disponibilidad. Se calcula utilizando la siguiente ecuación (Ucelo, 2008):

$$\text{Ecuación 1} \quad \text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Tiempo de Funcionamiento}}{\text{Tiempo programado de producción}} * 100$$

b. Eficiencia:

El rendimiento se calcula comparando la producción real de la máquina con la producción teórica de la máquina, si se hubiese operado a la velocidad de diseño. Las pérdidas de velocidad disminuyen el porcentaje del rendimiento (Ucelo, 2008).

$$\text{Ecuación 2} \quad \text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo operativo} * \text{Capacidad}} * 100$$

c. Calidad:

La calidad compara los productos buenos obtenidos a la primera, con el total de productos fabricados. Las pérdidas de calidad, como el desecho y el reproceso, ocasionan una disminución en la calidad (Ucelo, 2008).

$$\text{Ecuación 3} \quad \text{Calidad (\%)} = \frac{\text{Unidades producidas} - (\text{desechos} + \text{reproceso})}{\text{Unidades producidas}} * 100$$

d. Indicador de efectividad global de equipos:

A partir de la multiplicación de los elementos de disponibilidad, eficiencia y calidad, se calcula el indicador de efectividad global de equipos, con la ecuación siguiente (Ucelo, 2008):

Ecuación 4

$$\text{Indicador de efectividad global de equipos (\%)} = \text{Disponibilidad(\%)} * \text{Eficiencia(\%)} * \text{Calidad(\%)}$$

5. Clasificación del indicador de efectividad global de equipos

El indicador global de equipos se utiliza para clasificar una línea de producción o una planta. Esta clasificación se da de la siguiente manera (Ucelo, 2008):

Cuadro 1. Clasificación del indicador global de equipos

OEE	Clasificación	Descripción
< 65%	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas y se tiene una baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Se acepta si se encuentra en un proceso de mejora. Existen pérdidas económicas y una baja competitividad.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Se busca continuar la mejora para poder elevar la clasificación. Existen ligeras pérdidas económicas y una competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Se entra en valores de clase mundial. Existe una buena competitividad.
OEE > 95%	Excelencia	Valores de clase mundial, existe una excelente competitividad.

Fuente: Ucelo, 2008

C. LEAN MANUFACTURING

Se entiende por “Lean Manufacturing” o “producción esbelta”, la busca de una mejora de la producción por medio de la eliminación del desperdicio, es decir, de todas las acciones que no aportan valor al producto. Se considera como un conjunto de herramientas que se desarrollaron en Japón, inspiradas en los principios de William Edwards Deming (Barria, 2012).

Los seis principios claves de la producción esbelta son (Barria, 2012):

1. Calidad perfecta a la primera: se busca una producción con cero defectos y detección y solución de los problemas desde su origen.
2. Minimización del despilfarro: se eliminan todas las actividades que no son de valor agregado y redes de seguridad, la optimización del uso de los recursos que son escasos, como la capital, la gente y el espacio.
3. Mejora continua: reducción de costos, la mejora de la calidad, el aumento en la productividad y el compartir la información.
4. Procesos Pull: la fabricación en el flujo continuo se produce a medida que el cliente lo necesita. Se evita que se acumule la materia prima y componentes como el semielaborado. Se realiza para reducir el inventario y el costo y disminuir el tiempo de reacción.

5. Flexibilidad: producir rápidamente las diferentes mezclas de una gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a los volúmenes menores de producción.
6. Construcción y mantenimiento: construir una relación a largo plazo con los proveedores, tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información.

D. SIX SIGMA

La metodología six sigma o seis sigma está compuesta por cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Esta metodología representa el número de desviaciones estándar que se obtienen a la salida del proceso. Se centra en aumentar la capacidad de los procesos, para que estos generen la mínima cantidad de defectos por millón de unidades producidas. Asimismo, los defectos deben ser imperceptibles para el consumidor. Six sigma se basa en cinco principios (Alber, Soler y Molina, 2017):

- a. Enfoque al cliente
- b. Centrado en los procesos
- c. Metodología para la realización de proyectos
- d. Estructura organizacional
- e. Disminución de la variación

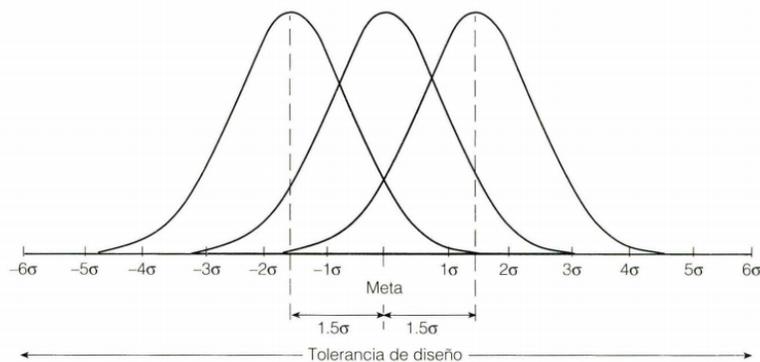
Se centra en mejorar los procesos enfocándose en los aspectos que son críticos para el cliente. A través de la medición de los diferentes procesos, se puede reducir el número de defectos para que la producción continúe de manera común (Albert, Soler y Molina, 2017).

En la metodología Six Sigma, se define defecto como un error que llega al cliente. Una unidad de trabajo es el resultado final de un proceso. De estos conceptos nace la medida de calidad de defectos por unidad, que es la división entre el número de defectos descubiertos dividido el número de unidades producidas. Debido a que definir la cantidad de errores que llegan a los clientes tiene un nivel alto de dificultad, se define el desempeño de la calidad Six Sigma como defectos por millón de oportunidades (dpmo), cuya ecuación es (Chase y Jacobs, 2014):

$$\text{Ecuación 5} \quad dpmo = \left(\frac{\text{número de defectos descubiertos}}{\text{oportunidades de error}} \right) * 1,000,000$$

Un nivel de calidad Six Sigma representa una cantidad de hasta tres punto cuatro defectos por millón de oportunidades. La Figura 1 muestra la base teórica para esta metodología (Chase y Jacobs, 2014):

Figura 1. Base teórica para Six Sigma



Fuente: Chase y Jacobs, 2014

El Cuadro 2 muestra la cantidad de defectos por millón de oportunidades que corresponden a los distintos niveles de calidad y su impacto financiero en la empresa (Chase y Jacobs, 2014).

Cuadro 2. Clasificación Six Sigma en base a defectos por millón y su impacto financiero

Nivel	% defectos	RTY (Tasa de eficiencia)	DPMO	COPQ	¿Qué pasa con la empresa?
1σ	69%	31%	691,462	40-50%	Quiebra
2σ	31%	69%	308,538	30-40%	Quiebra
3σ	6.7%	93.3%	66,607	20%-30%	
4σ	0.62%	99.38%	6,210	15-20%	Estándar
5σ	0.023%	99.977%	233	10-15%	
6σ	0.00034%	99.99966%	3.4	<10%	Top

Fuente: Chase y Jacobs, 2014

E. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

El control estadístico de procesos es definido como un conjunto de herramientas numéricas para la resolución de problemas. Su utilidad se centra en conseguir estabilidad y mejorar la capacidad de un proceso reduciendo su variabilidad. Esta variabilidad es definida como la desviación de las condiciones ideales de un proceso o de sus especificaciones (Palomo, 2011).

Las causas de las variaciones que se dan en un proceso pueden clasificarse en dos: las “causas fortuitas”, que son aquellas que son el producto del efecto acumulado de muchas causas pequeñas e inevitables, y las “causas asignables”, que son aquellas que no son parte del patrón de las causas fortuitas. Ambas causas afectan la calidad del proceso productivo y es necesaria su identificación para poder controlarlas (Palomo, 2011).

Las herramientas estadísticas principales son: el diagrama de Pareto, el diagrama de causa-efecto, un diagrama de control, el diagrama de dispersión, una tabla de tolerancias y el diagrama de concentración de defectos (Palomo, 2011).

1. Media

La media aritmética es una medida de la tendencia central que se define como la suma de n números dividida entre n. Su ecuación es la siguiente (Freund, 1994):

Ecuación 6.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

\bar{x} = media aritmética

x = dato x

n = número de datos

(Freund, 1994)

2. Desviación estándar

La desviación estándar describe la dispersión de un conjunto de datos alrededor de su media. Cuando esta es pequeña, significa que los datos se acumulan de manera estrecha alrededor de la

media y cuando es amplia, los valores se acumulan de manera esparcida alrededor de la media. Su ecuación es la siguiente (Freund, 1994):

Ecuación 7.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

s = desviación estándar

x = dato x

n = número de datos

(Freund, 1994)

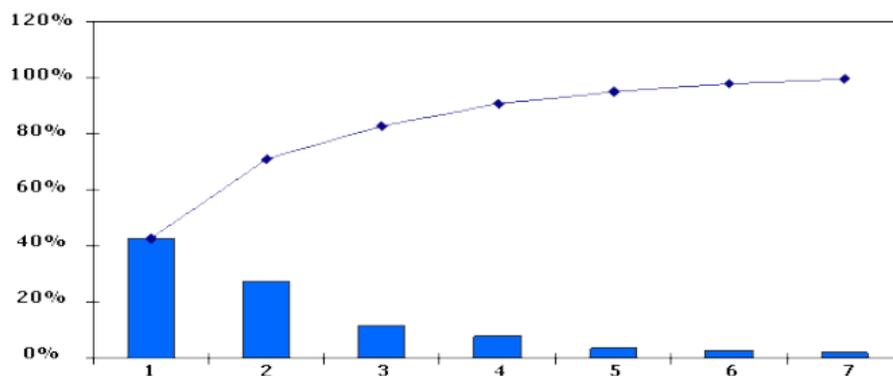
3. Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto es definido como una comparación cuantitativa de elementos o factores que contribuyen a un determinado efecto. Las principales características de esta herramienta son (Figuroa, 2017):

- Priorizar: se identifican los elementos que posean más peso o importancia dentro de un grupo.
- Unificar criterios: se desea enfocar y dirigir el esfuerzo de los componentes hacia un objetivo específico en común.
- Carácter objetivo: se toman las decisiones basadas únicamente en datos y hechos objetivos, sin tomar en cuenta ideas subjetivas.

Este diagrama es un diagrama de barras, cada barra corresponde a una causa de fallo y su altura describe la frecuencia de aparición del fallo en un período considerado en específico. Sirve para poder jerarquizar las prioridades cuando se desea actuar sobre un sistema. Se deberá actuar primero sobre las causas que originen la mayor cantidad de fallos (Figuroa, 2017).

Figura 2. Diagrama de Pareto



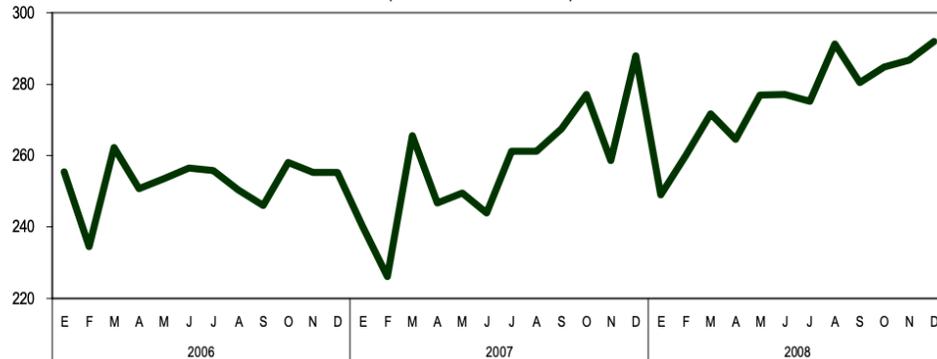
Fuente: Figuroa, 2017

4. Gráfico lineal

Un gráfico lineal es caracterizado por graficar los valores representados por medio de puntos y unirlos con líneas para tener una mejor visualización de los datos. Se utilizan cuando se representan

series de datos que son continuos y cubren períodos de tiempo, ya sea minutos, horas, días, semanas, meses o años. En el caso de un gráfico de línea simple, un solo indicador se simboliza con una curva que une una serie de valores que varían a lo largo de un período determinado (INEI, 2009).

Figura 3. Gráfico de línea simple

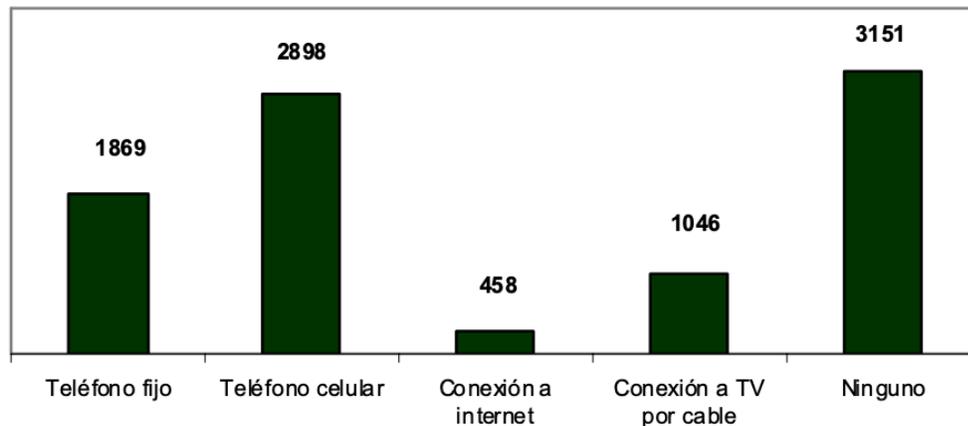


Fuente: INEI, 2009

5. Gráfica de barras

Un gráfico de barras presenta los datos por medio del uso de rectángulos que tienen una base de igual tamaño sobre el eje de sus clasificaciones. La longitud del otro eje se grafica según el valor del dato, según la escala de valores. Los gráficos de barras verticales, llamados también de columnas, es un gráfico sobre ejes cartesianos en el cual se distribuyen los conceptos en el eje X. Sobre este eje se grafica los rectángulos cuya altura es proporcional a su dato. La escala de valores se grafica en el eje Y (INEI, 2009).

Figura 4. Gráfico de barras verticales
(Miles)



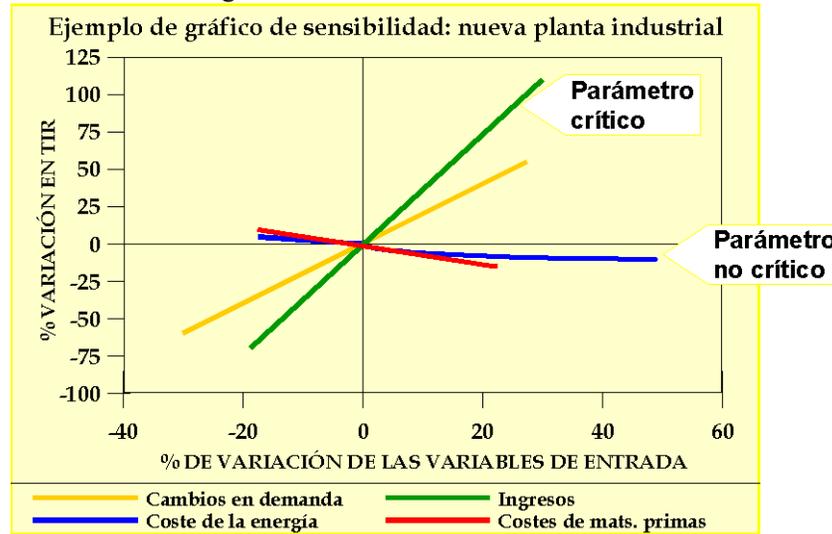
Fuente: INEI, 2009

6. Análisis de sensibilidad

Un análisis de sensibilidad es utilizado para determinar qué variables afectan más algún resultado. Es utilizado en finanzas para la toma de decisiones y para indicar qué variables poseen un menor efecto en el resultado final. Este se realiza debido a que siempre existen elementos de incertidumbre asociados a las alternativas estudiadas. Al tener una mejor certeza de los efectos que

tendrán las variables, se pueden tomar mejores decisiones. El proceso para realizarlo consiste en calcular a diferentes porcentajes de variación de las variables a estudiar y determinar cómo estas afectan a la variable principal a estudiar. En el caso gráfico, como se observa en la Figura 5, el aspecto que afecta más la tasa interna de retorno será la que tiene una pendiente más pronunciada (Jiménez, 2010).

Figura 5. Análisis de sensibilidad

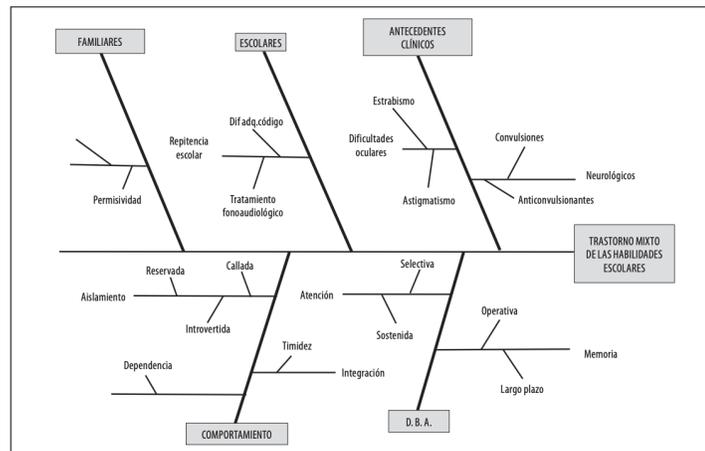


Fuente: Jiménez, 2010

7. Diagrama causa-efecto

El diagrama causa-efecto, conocido también como “espina de pescado” o “Ishikawa”, es una herramienta que sirve para organizar información acerca de un problema específico, para poder determinar las posibles causas que originan este problema. Se utiliza para tener una concepción acerca de un problema complejo y poder visualizar a un mayor nivel de detalle lo que puede estar ocasionándolo (Bermúdez y Camacho, 2010).

Figura 6. Diagrama causa-efecto



Fuente: Bermúdez y Camacho, 2010

V. ANTECEDENTES

A. PROCESO PRODUCCIÓN GALLETA GOFRE, CON Y SIN COBERTURA

Para la producción de la galleta gofre, primero se recibe la materia prima y se le realizan verificaciones de calidad para determinar si cumple con las especificaciones. Se deben preparar todos los componentes que constituyen la galleta: el relleno (ya sea de crema de maní o de otro sabor), la fórmula para preparar las obleas que conforman el libro de la galleta, y la cobertura de dulce sabor a chocolate. Una vez preparados los componentes, se lleva a cabo el proceso de producción de la galleta y se empaqa, en empaque primario y secundario para luego ser almacenado y transportado a los puntos de venta correspondientes.

1. Recepción y almacenamiento de materia prima

Las materias primas son recibidas, se les hace una evaluación de calidad, incluyendo la verificación de certificados de calidad, la factura, la orden de compra y una evaluación del transporte por temas sanitarios. Asimismo, se verifica la cantidad de producto entregado y se realiza un análisis para determinar si se cumple con las especificaciones certificadas por el proveedor. Se traslada posteriormente a bodega utilizando un montacargas. Se utiliza la metodología PEPS (primero en entrar, primero en salir).

2. Preparación del dulce sabor a chocolate

Para la preparación de la cobertura de la galleta, se empieza con el el proceso de fundición de grasa. Este se realiza en un derretidor de grasa de acero inoxidable, donde se utiliza vapor o una resistencia. Se verifica la cantidad de grasa a utilizar en la fórmula y se introduce. El azúcar se refina por medio de un molino de martillos. Se pre mezclan los ingredientes en un mezclador, en el cual se le agrega la grasa líquida en 2 cargas. Se mezcla de 3 a 5 minutos y luego se deposita en una tolva. Se refina la pre mezcla durante 15 a 20 minutos y se traslada a la conchadora. Se le agrega la lecitina y el resto de grasa sobrante y se mezcla durante 45 minutos hasta tener una consistencia líquida. Se toma una muestra para verificar que cumpla con las especificaciones correspondientes. Se almacena la mezcla en tanques y se trasladada cuando se necesite utilizando tuberías herméticas de hierro negro.

3. Preparación de la mezcla

Para la preparación de la mezcla, se coloca el tamiz, verificando que esté en buen estado, en la mezcladora. Se llena el tanque de batido activando la bomba de agua de proceso hasta la medida y se verifica la temperatura del agua. Se enciende el mezclador del tanque utilizando el botón de arranque, se toman los ingredientes según el orden adecuado y se agrega la materia prima al mezclador y se mezcla durante 1 minuto. Se traslada la fórmula en una tubería debidamente sellada, que se limpia en cada arranque de la línea y en cada cambio de sabor y se traslada de la olla de mezcla a la olla de recirculación.

4. Horneado de oblea

Para el horneado de la oblea, se debe verificar que el horno se encuentre a la temperatura de operación, lo cual toma un tiempo aproximado de una hora. Se dosifica la fórmula hacia un tanque auxiliar y se deposita utilizando una tubería en la cual se mantiene 20 minutos. La mezcla se dosifica en las planchas, utilizando una tubería con aberturas en forma de flauta, para que la dosificación sea homogénea. La velocidad de las planchas debe ser controlada, ya que es necesario tener la velocidad adecuada para que cuando se junten las planchas se logre la cocción adecuada de la mezcla y se formela oblea. Luego, se retira mecánicamente de las planchas y entra en contacto con un cepillo que retira el exceso de perla. La banda transportadora las traslada al arco de enfriamiento.

5. Enfriamiento de oblea

El enfriamiento de la oblea se lleva a cabo en el arco de enfriamiento. Los arcos cuentan con dos sujetadores que la sujetan y se realiza el recorrido en carrusel a temperatura ambiente. Después de este recorrido, la oblea ingresa a la encremadora.

6. Preparación de relleno de maní

En el caso de la preparación del relleno de maní, se inicia con el proceso de tostado de maní. Se selecciona la maní a utilizar y luego esta se deposita en una tolva que la traslada con un tornillo sinfín hacia el tostador, en donde se dora utilizando gas en un tiempo de 60 a 70 minutos una cantidad de 300 kg. Se traslada la maní utilizando un tornillo sinfín hacia la quebradora. En esta, se obtienen fragmentos de maní con una menor granulometría y esta es depositada en un enfriador en donde se enfría en un tiempo de 30 a 45 minutos por medio del movimiento. Se almacena posteriormente en sacos. Luego, se ingresan los ingredientes pesados según su formulación y se divide la mezcla en dos partes iguales. Se mezcla durante 2 a 3 minutos para lograr una consistencia homogénea. Al terminar este proceso, se deposita la mezcla en una tolva y se traslada hacia la refinadora utilizando un tornillo sinfín. En 30 minutos, se pasa la mezcla en la refinadora. El producto que no pasa a través de los rodillos de la refinadora es depositado en una bandeja en la parte inferior de estos. Utilizando una pala, se dosifica en los rodillos para terminar la refinación de toda la carga. Al terminar el proceso de refinado, la mezcla cae en un carretón utilizando bandas transportadoras. Cuando el carretón se llena, se tapa con una funda de tela y se traslada al área de mezcla de crema.

7. Preparación de crema de otros sabores

En el caso de que el producto a fabricar tenga un relleno que no sea de maní, se requiere de otro proceso. En este, se pesa la materia prima necesaria para realizar la crema y se dosifican los ingredientes en la mezcladora. Se toma el tiempo dependiendo del sabor y se retira la mezcla. Posteriormente, se dosifica en cajas plásticas. Estas se sellan y se envían al área de encremado. Se traslada la crema en cajas plásticas selladas por medio de carretillas al área de encremadoras y se almacenan.

8. Aplicación de crema en galleta

Las cajas de crema se dosifican en las tolvas y con un tornillo sinfín se traslada la mezcla a la tolva dosificadora. Esto se realiza de forma continua utilizando un rodillo, que entra en contacto con las obleas. Al mismo tiempo el equipo va reteniendo las obleas necesarias hasta formar el “libro”, en este caso 4 obleas por libro. Posteriormente se libera y de manera automática se ingresan a un túnel de enfriamiento donde se busca cristalizar el relleno.

9. Formación de libro

Por medio de topes mecánicos, se forma el libro. Un sensor y un contador detectan la cantidad de obleas que son detenidas para formar el libro, según sea la presentación de la galleta. Al momento de completarse el libro, se traslada utilizando una banda transportadora hacia la torre de enfriamiento. En esta, el libro se sujeta por platos que van girando por medio de un sensor y hacen un recorrido en un arco interno. Se trasladan los libros utilizando bandas transportadoras hacia la cortadora.

10. Corte de libro

Utilizando sensores y flejes de acero, se corta el libro dependiendo de la presentación de galleta que se desee y luego se pasa por una banda separadora que le da el espacio necesario entre cada galleta sin cobertura y luego pasa por una banda metálica limpiadora de miga.

11. Aplicación de cobertura sabor a chocolate y enfriamiento

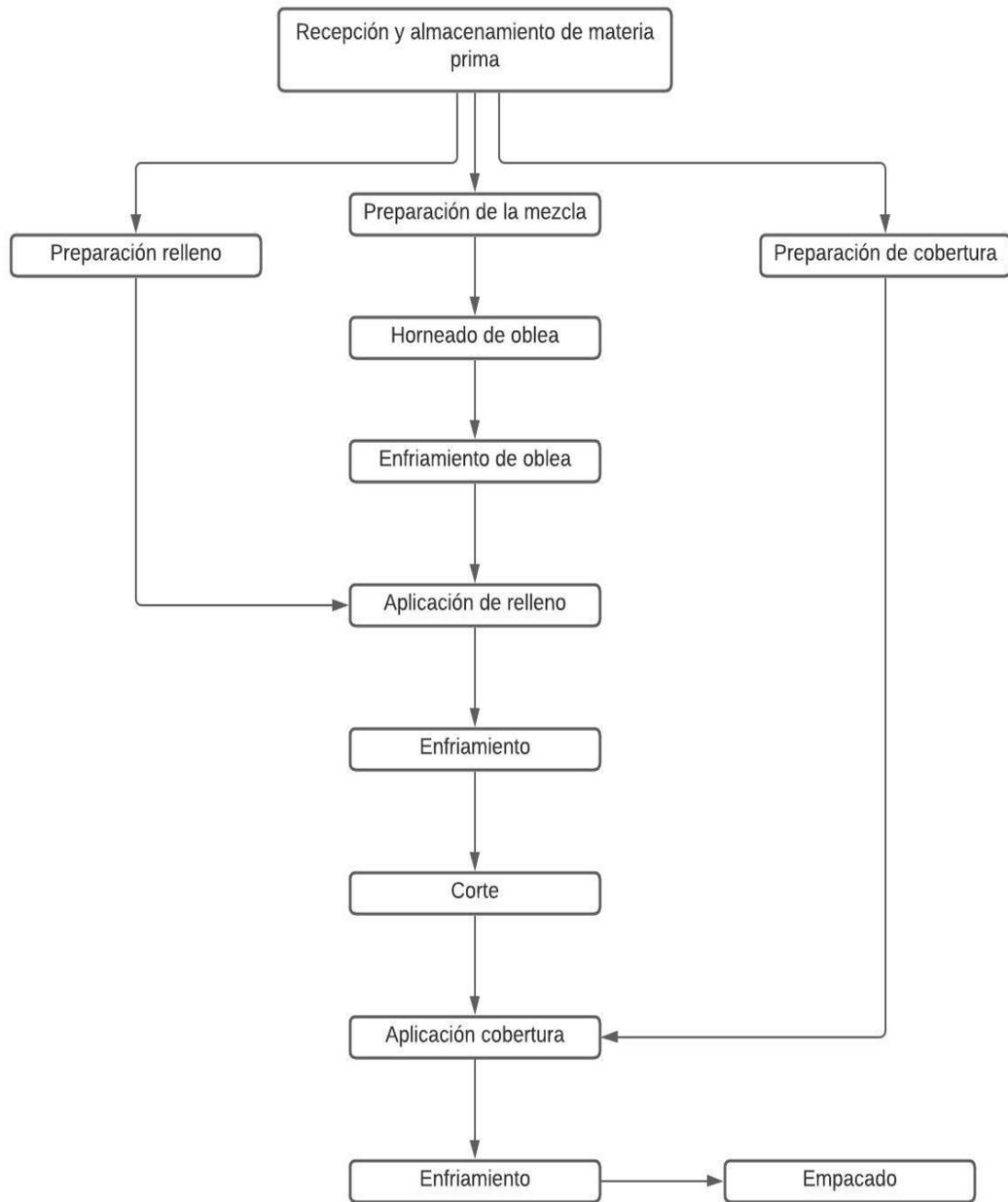
Por medio de una malla metálica de acero inoxidable se ingresa a la bañadora de chocolate en donde hay dos caídas de chocolate. Se utiliza solo una caída que se divide en dos por medio de una lámina convexa. La galleta pasa por un baño de chocolate y en el traslado continuo pasa por un soplador que se puede ajustar de forma horizontal y con un ángulo para quitar el exceso de chocolate de la parte superior mientras que la banda transportadora funciona con un sistema de vibración mecánico. Luego pasa por un eje motorreductor en contra de la dirección de las bandas para poder eliminar el exceso de chocolate que puede haber en el fondo de la galleta. Estas se trasladan al túnel de enfriamiento con una banda transportadora. El chocolate se cristaliza durante este proceso.

12. Empaque

Se depositan las galletas apiladas en los alimentadores utilizando una banda con ganchos que transporta una a una las galletas para que pasen por el empaque primario. El material de empaque se coloca sobre la galleta y las mordazas de la máquina se procede a efectuar el sello vertical y horizontal. Se codifica y luego se deposita en una banda transportadora que lo lleva hacia el área de conteo y orden de producto antes del empaque secundario.

Para el empaque secundario, se traslada el producto utilizando bandas transportadoras luego de haber sido contado y ordenado según su presentación. Se coloca en el empaque secundario y se codifica. Se procede a pasar por un chequeador de peso para verificar que cumpla con la especificación y se transporta con una banda al final para el proceso de enfardado.

Figura 7. Diagrama de bloques del proceso de producción de galleta gofre



Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en marzo 2021

B. CONTROL DE PROCESOS EN EMPRESA

1. Manejo de información

La empresa alimenticia posee un sistema de control de procesos actual que se maneja de manera manual y se traslada luego a medios digitales. No se calcula el indicador global de equipos (OEE), sino solo se calculan indicadores claves de rendimiento, con base en los datos recabados por los operarios. Se registran los paros operativos en el software Microsoft Excel y se calcula de esta manera la eficiencia de la línea. En cuanto al reproceso, se tiene una persona asignada que debe pesar la cantidad de merma por etapa y apuntarla en una hoja de registro en un tiempo determinado. Este operario se encarga también de triturar este material para que pueda ser reutilizado posteriormente en un nuevo lote de producto.

2. Control y automatización de la línea

En cuanto a los equipos, solamente se tienen indicadores de temperatura, presión y velocidad en algunos de ellos. Esto se puede apreciar en el plano P&ID que se observa en la Figura 10 de resultados. Como se puede ver en este, no se tiene la línea automatizada, pues no se encuentra ningún lazo de control presente. En cambio, el resto de las variables que pueden afectar el proceso, son medidas con instrumentos manuales o manejadas de manera empírica por los operarios.

Para poder tener un control adecuado de procesos, se decidió que los operarios tienen como responsabilidad medir variables con instrumentos manuales y reportarlas a una frecuencia dada. En caso de encontrarse fuera de los límites establecidos, los operarios deben reportarle a su superior para tomar una decisión al respecto.

C. REPROCESO

El reproceso se define como el producto no conforme que no cumple con los requisitos para poder seguir en la línea de producción. Este se genera en la etapa de horneado, cortado, encremado, recubrimiento y empaque. En el caso del reproceso que se produce en el horneado, cortado y encremado, se procede a separarlo del producto conforme y se muele para poder introducirlo de nuevo a la mezcla de galleta. En cuanto a lo que se separa del proceso en el recubrimiento y empaque, debido a que este posee una cobertura de chocolate, se muele y se incorpora al proceso de producción de cobertura de chocolate.

VI. METODOLOGÍA

A. Determinación del indicador global de equipos

1. Recopilar datos históricos de la producción de la línea tres de galleta de cuatro meses.
2. Ordenar la información recopilada e identificar:
 - a. Tiempo planeado de producción
 - b. Tiempo real de producción
 - c. Unidades producidas
 - d. Velocidad teórica de producción
 - e. Velocidad nominal de producción
 - f. Cantidad de reproceso
 - g. Causas de paros
3. Utilizando estos datos, calcular:
 - a. Parámetro de disponibilidad
 - b. Parámetro de eficiencia
 - c. Parámetro de calidad
4. Multiplicar los índices calculados para obtener el indicador de efectividad global de equipos.

B. Identificación de oportunidades de mejora

1. Evaluar estadísticamente los valores obtenidos del indicador de efectividad global de equipos utilizando:
 - a. Media
 - b. Desviación estándar
 - c. Coeficiente de variación
2. Clasificar el indicador de efectividad global de equipos dependiendo de su valor en: excelente, bueno, regular, aceptable e inaceptable.
3. Realizar el análisis estadístico de los indicadores y analizar las principales causas de pérdidas en el OEE utilizando las siguientes herramientas de análisis:
 - a. Gráfico lineal
 - b. Diagrama de Pareto
 - c. Diagrama de barras
 - d. Análisis de sensibilidad
 - e. Diagrama causa-efecto
 - f. Análisis six sigma
4. Utilizando las herramientas de análisis, identificar las principales causas de pérdidas en el OEE.
5. Utilizar herramientas de producción esbelta y six sigma para proponer acciones correctivas y preventivas que se puedan implementar para aumentar el valor del indicador de efectividad global de equipos.
6. Concluir qué acciones se recomiendan para incrementar el indicador de efectividad global de equipos.

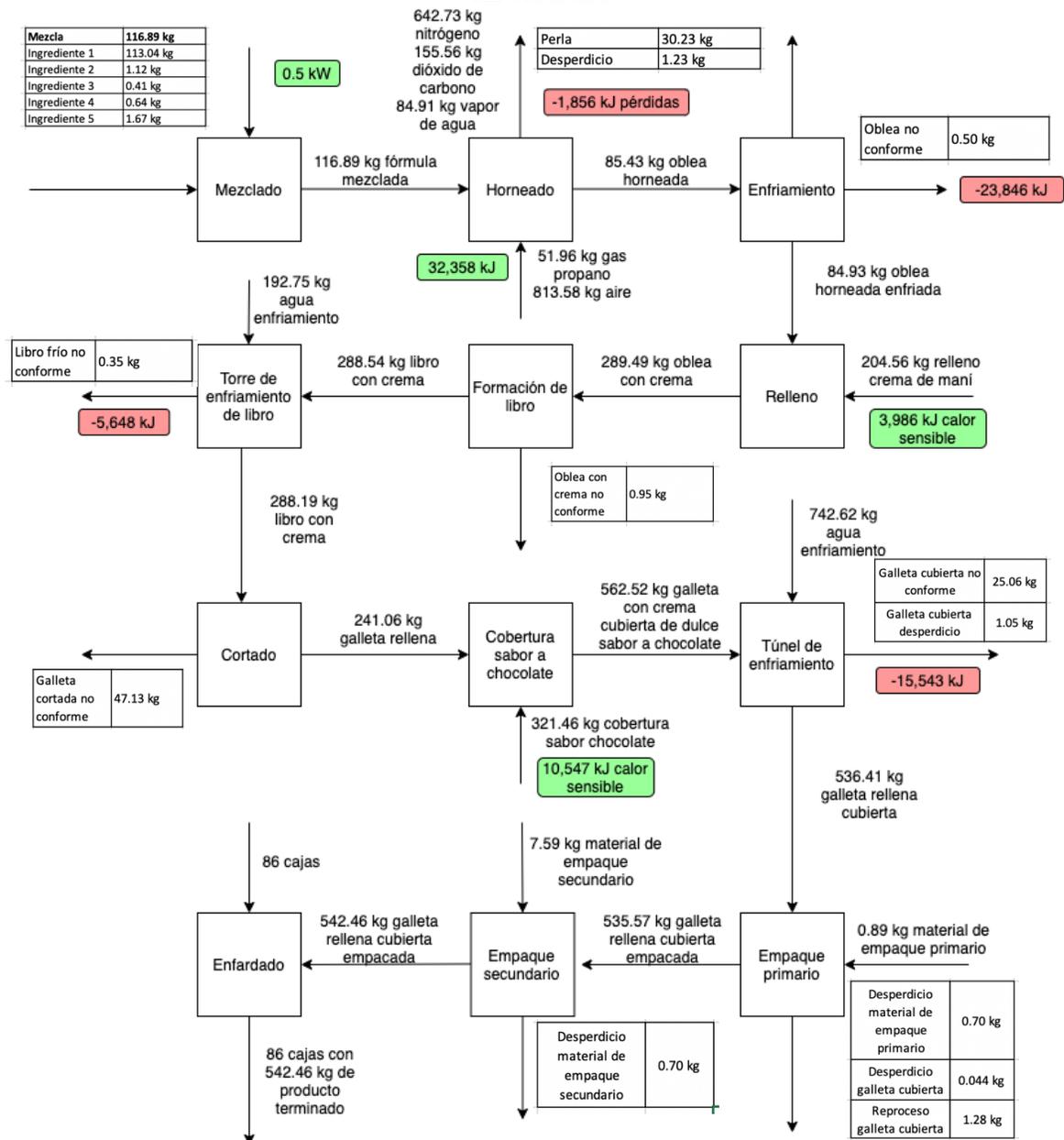
C. Impacto económico

1. Determinar en qué parámetro del indicador de efectividad global de equipos las acciones recomendadas tendrán un impacto.
2. Analizar el impacto que tendrían las acciones propuestas en la producción utilizando:
 - a. Cuantificación de la inversión que representan las acciones propuestas.
 - b. Cuantificación del ahorro o del ingreso adicional que representan las acciones propuestas.
 - c. Verificar que las acciones tengan un impacto positivo en la producción.
3. Documentar los resultados para que la empresa pueda utilizar el modelo de análisis en otras líneas de producción.

VII. RESULTADOS

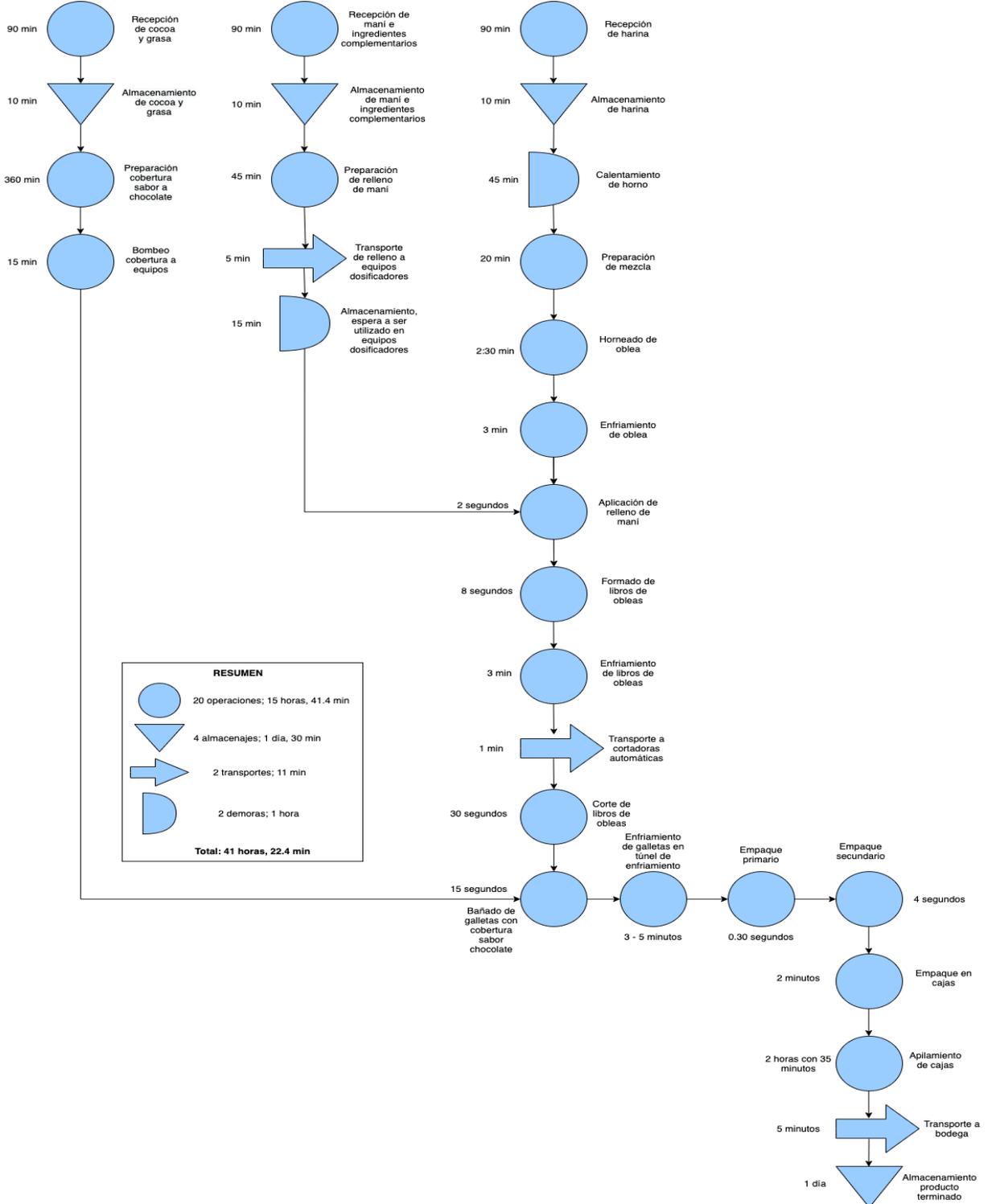
A. Balance de masa y energía, diagrama operaciones y P&ID

Figura 8. Balance de masa y energía de 1 hora de producción de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura



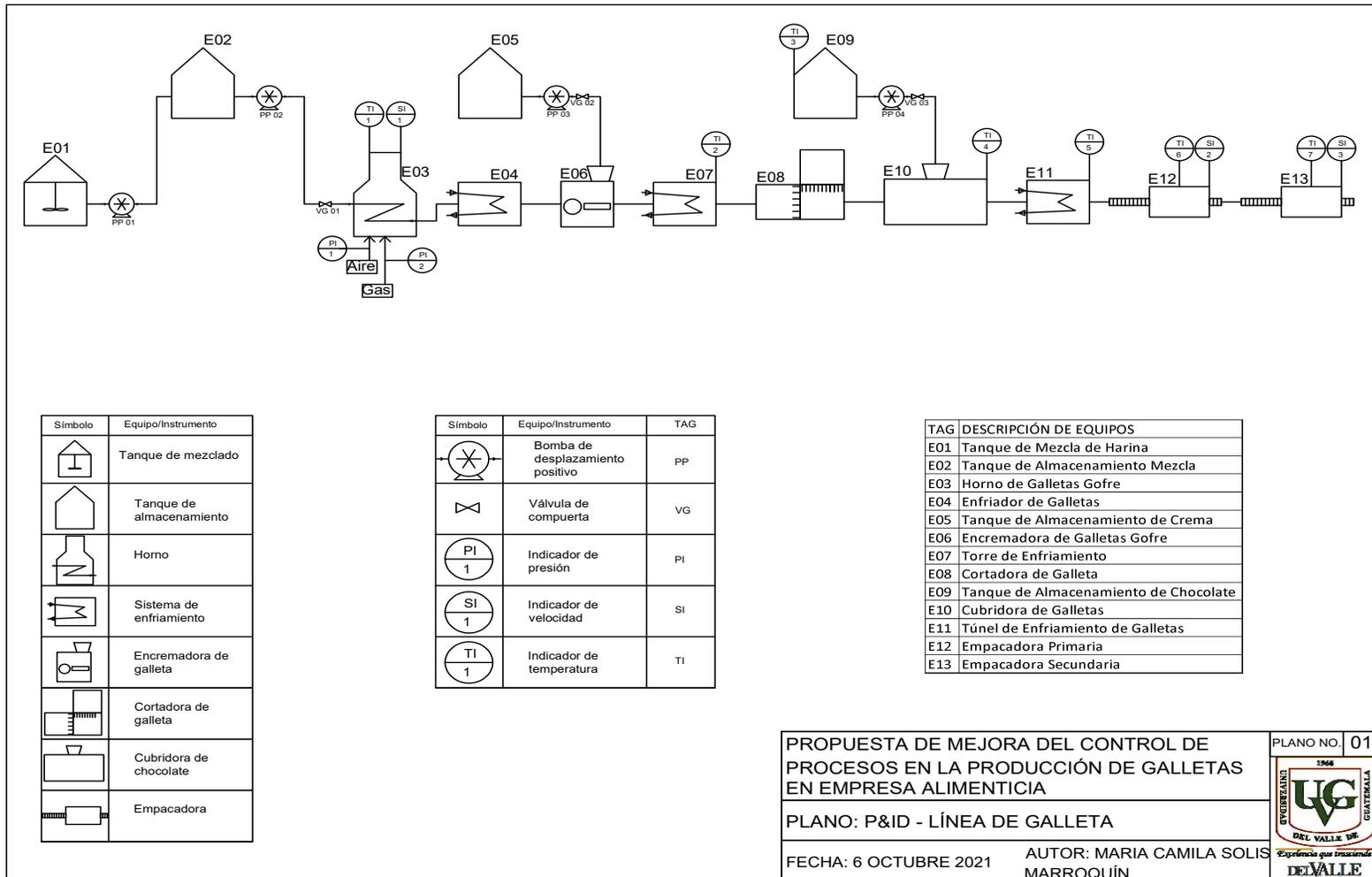
Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Diagrama de operaciones de línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia

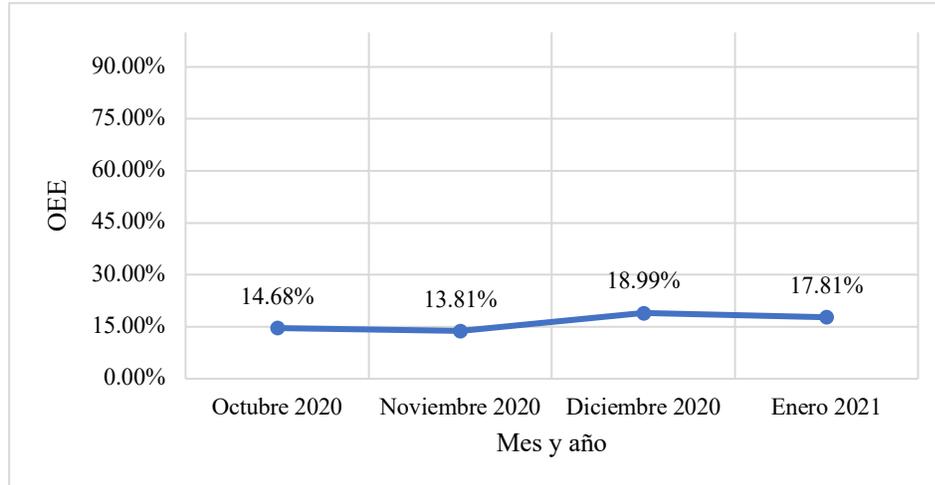
Figura 10. Diagrama P&ID de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa

B. Indicador de efectividad global de equipos (OEE)

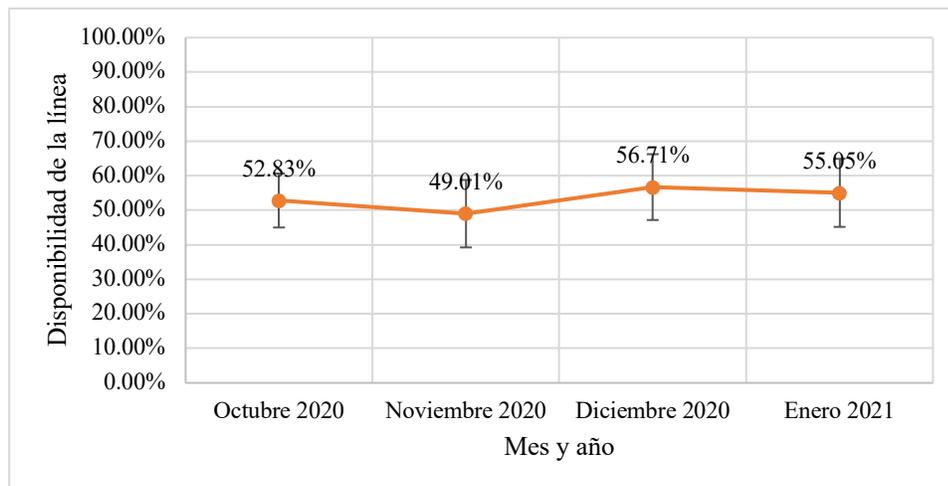
Figura 11. Indicador de efectividad global de equipos de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

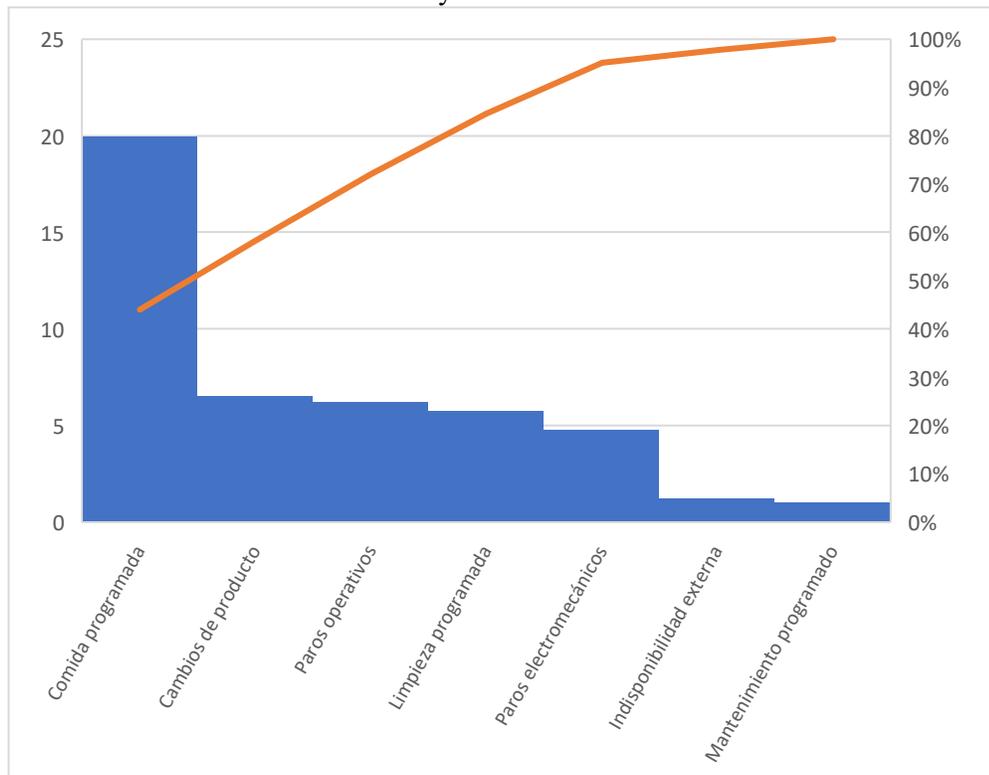
C. Disponibilidad

Figura 12. Parámetro de disponibilidad de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura



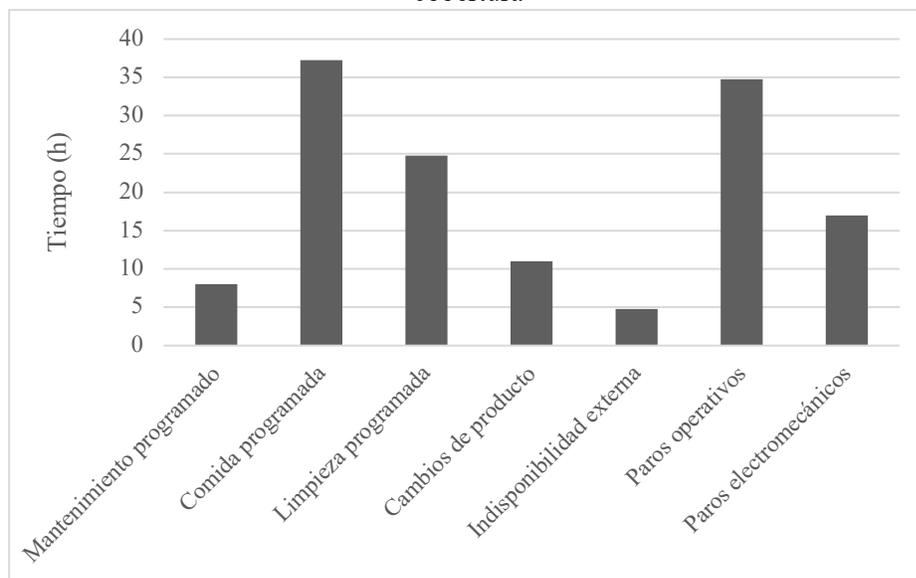
Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Figura 13. Diagrama de Pareto de frecuencia de paros en producción de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura



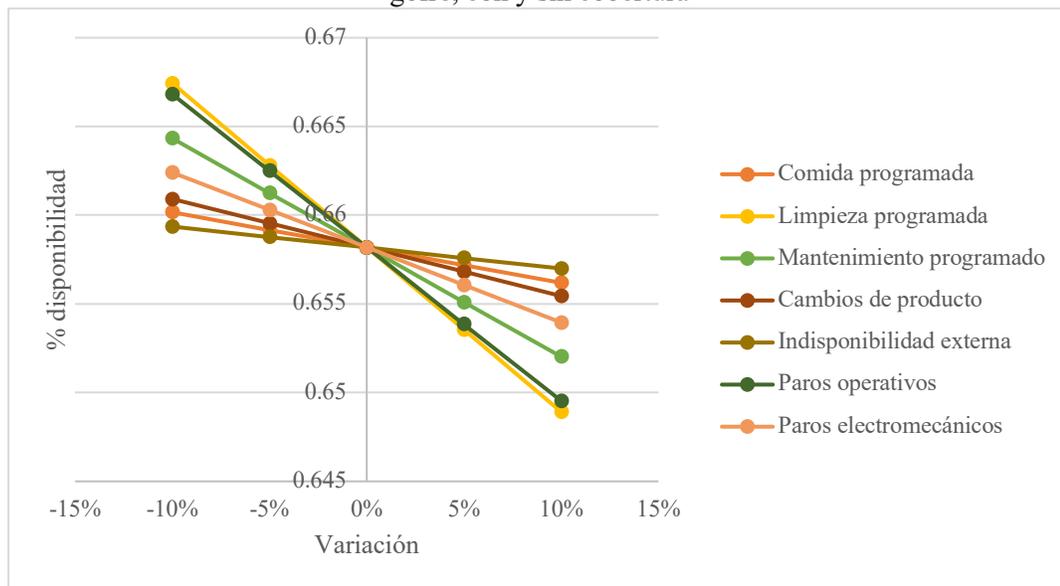
Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Figura 14. Tiempo promedio de paros en producción en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Figura 15. Análisis de sensibilidad de las causas de paros en la producción de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 3. Situación actual y propuesta de mejora para el parámetro de disponibilidad en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Situación actual	Propuesta de mejora
Actualmente, se tiene una cantidad de 32 operarios en la línea 3 de galleta, 16 en el turno diurno y 16 en el turno nocturno. Las 16 personas se encuentran dispersas en las diferentes etapas de la producción de la galleta gofre, como se observa en la figura 12. Debido a que no hay suficiente personal para cubrir durante la hora de comida, la producción se ve obligada a parar para que los operarios puedan comer. Esto ocasiona paros en la producción que podrían evitarse.	Para poder eliminar los paros por comida en su totalidad, se propone contratar 6 operarios extra, 3 por cada turno, con el propósito de planificar los turnos de comida de manera que se eliminen completamente los paros ocasionados por esto. Estos operarios se encontrarían en las etapas de empaque primario y de empaque secundario, ya que estas etapas son las que obligan a que exista un paro en la producción por comida.

Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 4. Propuesta de organización de mano de obra para la eliminación de paros por comida de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Etapa	Operarios turno 1	Operarios turno 2	Operarios propuestos para relevo turno 1	Operarios propuestos para relevo turno 2
Cortadora y cubridora	2	2	-	-
Cremadora	1	1	-	-
Empaque primario	4	4	2	2
Enfardado	3	2	-	-
Final del túnel de enfriamiento	1	1	-	-
Horno	1	1	-	-
Empaque secundario	5	5	1	1

Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 5. Porcentaje de reducción de horas paradas en producción con la contratación de 6 operarios en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Paro	Porcentaje de reducción (%)
Comida programada	27.18%

Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información histórica proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

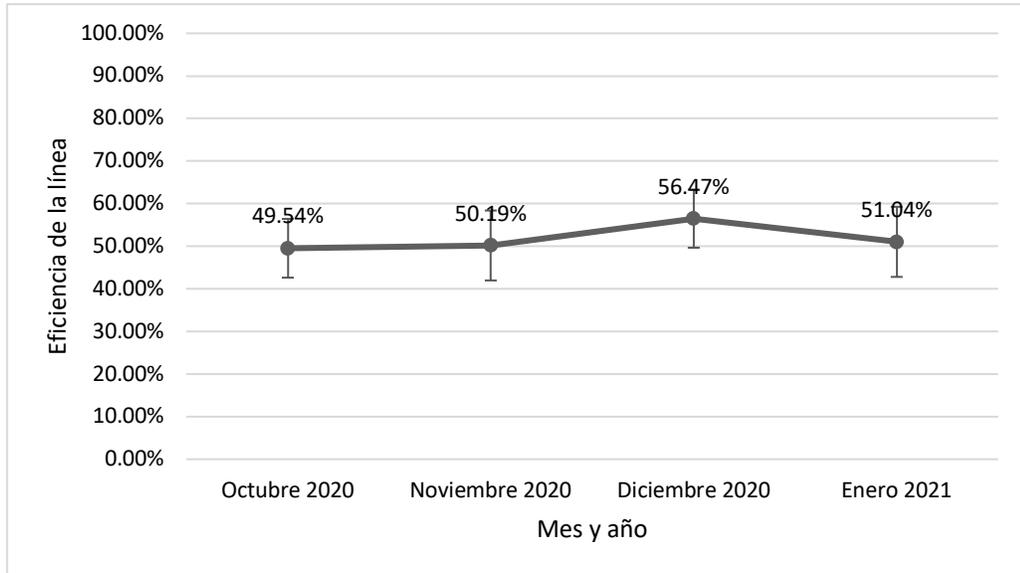
Cuadro 6. Impacto económico anual en la producción con la contratación de 6 operarios en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Paro	Inversión de la implementación	Producción extra con la implementación	Ingreso adicional
Comida programada	Q428,308.01	Q749,295.36	Q320,987.35

Fuente: Elaboración propia, resultados obtenidos a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

D. Eficiencia

Figura 16. Parámetro de eficiencia de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 7. Capacidad real del equipo por etapa en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Etapa	Capacidad	Capacidad (unidades/min)
Horneado	32 planchas/min	480
Relleno	7.74 libros/min	464
Enfriamiento	444 unidades/min	444
Empacadora primaria 1	236 unidades/min	236
Empacadora primaria 2	229 unidades/min	229
Empacadora secundaria	40 bolsas/min	480

Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 8. Capacidad máxima y nominal de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Capacidad máxima de la línea (kg/h)	Capacidad nominal de la línea (kg/h)
712.8	633.6

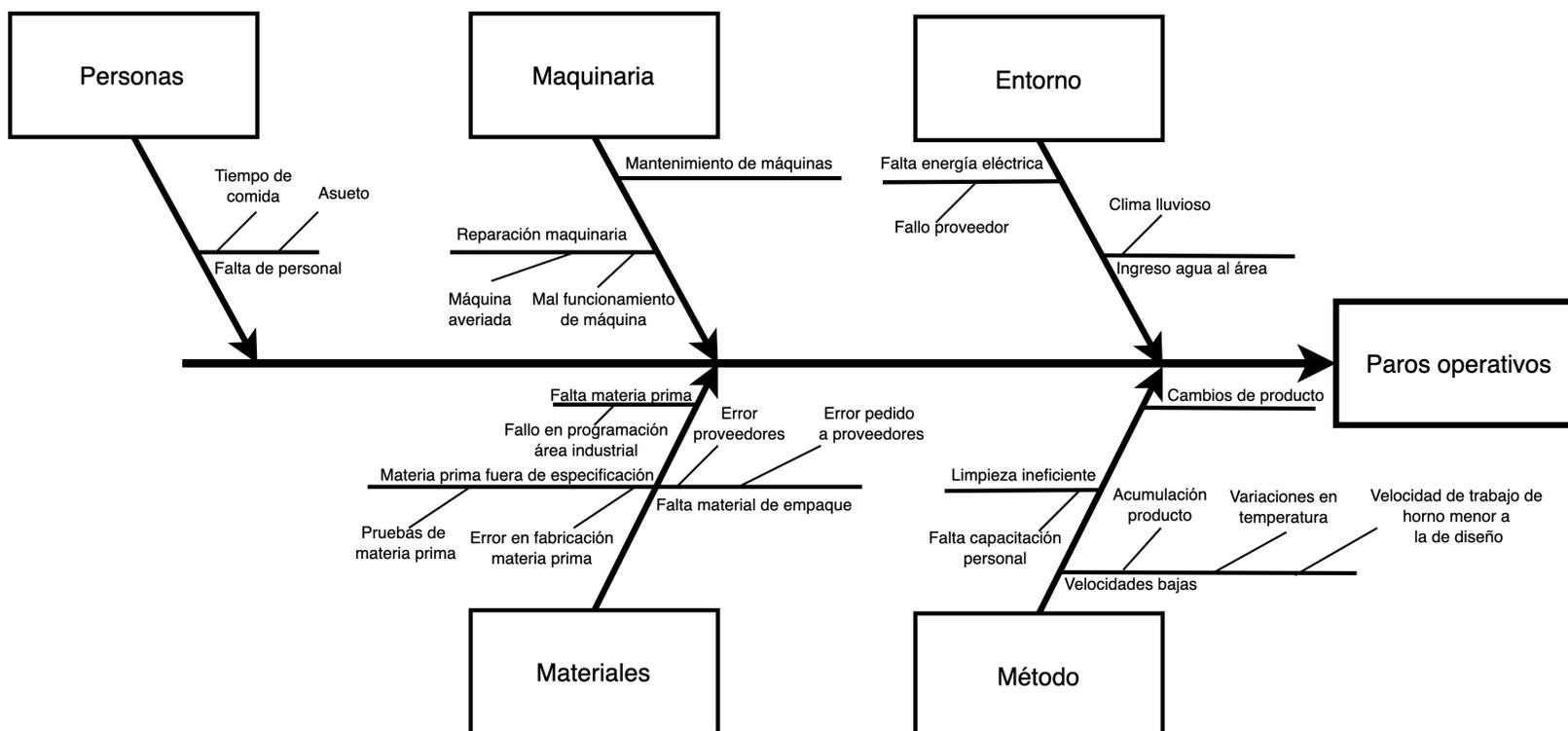
Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 9. Pérdidas en producción anual por operar a una capacidad nominal de 633.6 kg/h en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Unidades perdidas	Pérdida monetaria
19,008,000	Q305,268.48

Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Figura 17. Diagrama causa-efecto de los paros operativos de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021

Cuadro 10. Situación actual y propuesta de mejora para el parámetro de eficiencia en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Situación actual	Propuesta de mejora
Actualmente, el horno se encuentra trabajando a una velocidad de 32 planchas por minuto, lo cual corresponde a una capacidad de la línea de producción de 633.6 kg/h de producto. Su velocidad de diseño es de 36 planchas/minuto, lo cual corresponde a una velocidad de diseño de la línea de 712.8 kg/h de producto. Esta diferencia en la velocidad genera una pérdida en la producción y, por ende, en el parámetro de eficiencia de la línea.	Para aumentar el parámetro de eficiencia de la línea, se propone aumentar la capacidad de la línea en una plancha por minuto. Esto permitirá que se aumente la cantidad de unidades producidas por unidad de tiempo, lo cual se traducirá en un aumento en la producción.

Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 11. Impacto económico anual en la producción con el aumento de la capacidad de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

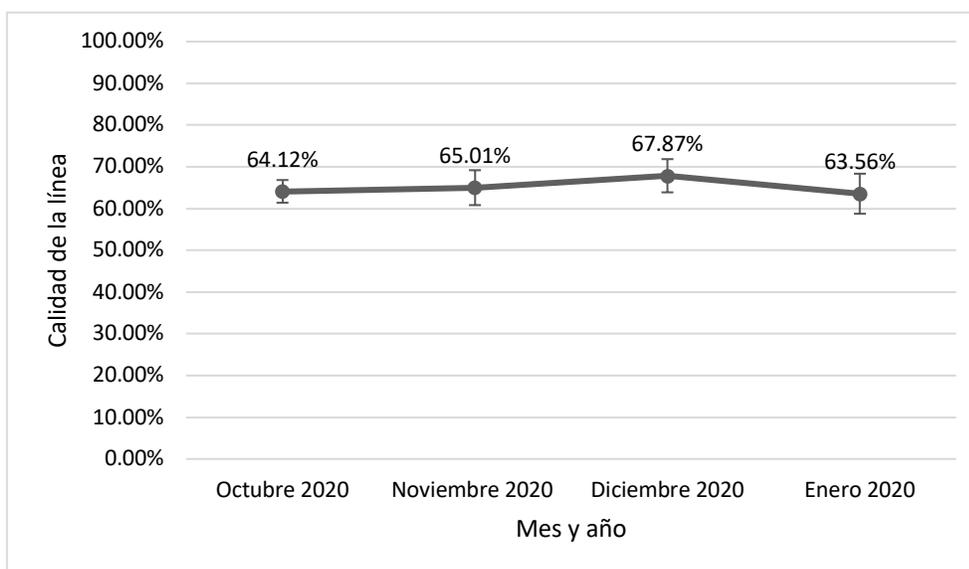
Unidades extra producidas	Ingreso adicional
104,544	Q76,317.12

Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021

E. Calidad

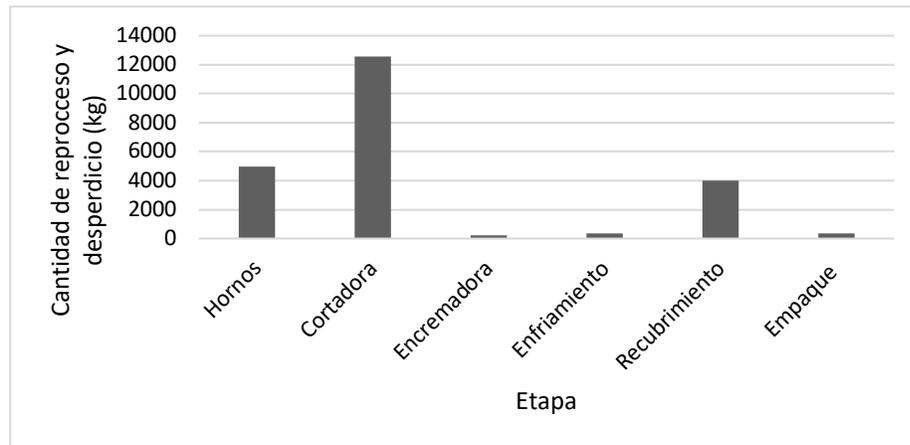
El último parámetro del indicador del indicador de efectividad global de equipos es el de calidad. A continuación, se muestra el resultado de este parámetro.

Figura 18. Parámetro de calidad de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Figura 19. Cantidad promedio de reproceso y desperdicio en 4 meses de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 12. Defectos por millón y nivel sigma de la producción de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Mes y año	Defectos por millón (ppm)		Nivel sigma	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Octubre 2020	35,879	5445	3.51 σ	0.09
Noviembre 2020	34,988	8363	3.53 σ	0.14
Diciembre 2020	32,130	7957	3.57 σ	0.13
Enero 2021	36,439	9594	3.50 σ	0.05

Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 13. Situación actual y propuesta de mejora para el parámetro de calidad en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Situación actual	Propuesta de mejora
Actualmente, los operarios se encuentran en las etapas de horneado, cortado, relleno, enfriamiento, recubrimiento y empaque realizando una verificación visual y utilizando su criterio para sacar del proceso el producto no conforme. No se posee ninguna guía en cuanto a los criterios a los que deben regirse los operarios para determinar si el producto es conforme, no conforme o aceptable. Esto ocasiona que la cantidad de reproceso dependa solamente del criterio del operario.	Con el análisis realizado previamente, se determinó que en la etapa de la cortadora es en donde más reproceso se genera. Por lo que se propone implementar un Poka Yoke, específico para la etapa de cortado. Este se realizó usando fotografías de la galleta sin cobertura, clasificándolas en producto conforme, no conforme y aceptable. Se les comunicó a los operarios que solamente las galletas no conformes se deben retirar del proceso para ser reprocesadas. De lo contrario, las conformes y las aceptables deben continuar en el proceso.

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 14. Porcentaje de reducción de la cantidad de reproceso en la etapa de cortado luego de la implementación de un Poka Yoke en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Implementación	Porcentaje de reducción de reproceso en etapa de cortado (%)
Poka Yoke en etapa de cortadora	45.54

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

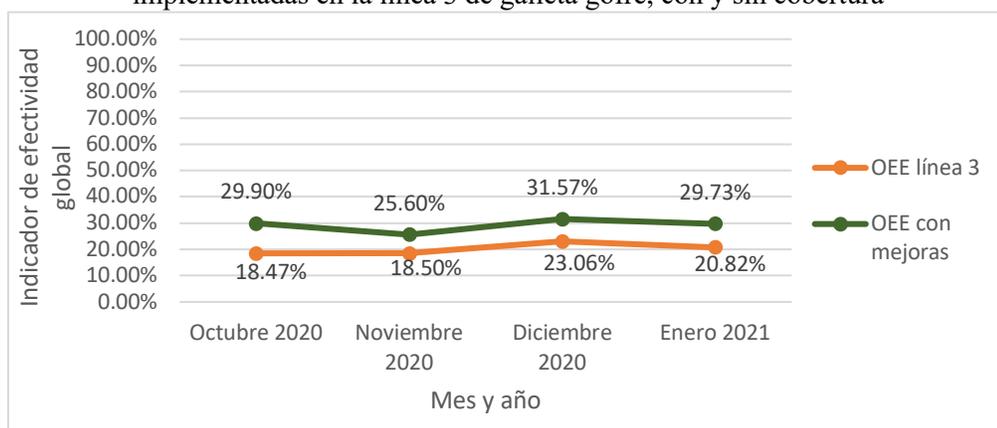
Cuadro 15. Impacto económico en la producción con la implementación de un Poka Yoke en la cortadora en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Etapa	Costo actual de reproceso	Costo de reproceso implementando la propuesta	Inversión de la implementación	Ahorro
Cortado	Q270,121.34	Q147,110.04	Q30.52	Q122,980.78

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

F. Impacto en el indicador de efectividad global de equipos (OEE)

Figura 20. Comparación del indicador de efectividad global de equipos con modificaciones implementadas en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura



Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

G. Impacto económico

Cuadro 16. Impacto económico anual de las modificaciones propuestas en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Propuesta	Ahorro generado	Ingresos adicionales
Eliminación de paros por comida	-	Q320,987.35
Aumento de velocidad del horno	-	Q76,317.12
Implementación Poka Yoke	Q122,980.78	-
TOTAL	Q122,980.78	Q397,304.47

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para poder proponer mejoras en el control de procesos en la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura, se realizó un análisis del sistema actual utilizando el indicador de efectividad global de equipos (OEE), que se divide en tres parámetros, siendo estos la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. Con un análisis de cada uno de estos, se identificaron oportunidades de mejora y se realizaron propuestas que tienen el potencial de generar reducción de costos y ahorros en la empresa alimenticia. El análisis se hizo en un periodo de cuatro meses, siendo estos octubre 2020, noviembre 2020, diciembre 2020 y enero 2021.

Con el propósito de analizar la eficiencia de la línea, se realizó el balance de masa y energía, que se encuentra en la Figura 8. Como se puede observar en este, las etapas en las cuales se pierden la mayor cantidad de masa son el horneado, el cortado y el enfriamiento de la galleta. En cuanto a pérdida de energía, esta se da principalmente en la etapa de horneado, por las pérdidas de calor al ambiente que tiene el equipo. El horneado es también la parte del proceso que tiene el mayor requerimiento de energía, por la energía que necesita la oblea para realizar una cocción adecuada.

La Figura 9 muestra el diagrama de operaciones del proceso de producción de la galleta gofre, con y sin cobertura. El área industrial es la encargada de realizar las operaciones previo al horneado de la oblea. Como se puede observar en este, las operaciones y los almacenajes son los que más tiempo consumen en la producción de galletas en la línea. Además, a partir del diagrama se determinó que las operaciones y almacenamientos de preparación de materia prima previo a entrar a la línea de producción representan un mayor consumo de tiempo que las operaciones restantes de la línea. Por último, también se puede observar que el arranque del horno es el cuello de botella de la línea, por ser el que más tiempo necesita para llegar a condiciones, por lo que este define la velocidad real del proceso de producción.

La Figura 10 muestra el diagrama P&ID de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura. En este, se puede observar que la línea posee indicadores de presión, temperatura y de velocidad. También que la línea no se encuentra automatizada, ya que no contiene elementos de control que funcionen sin la intervención humana. No obstante, ya que la línea no posee elementos que puedan automatizarse y siempre requerirá de operarios que manejen la maquinaria y determinen la conformidad del producto que sale, no es necesario agregar elementos de control ni automatizar la línea.

Al integrar los parámetros calculados, siendo estos disponibilidad, efectividad y calidad, se pudo calcular el indicador de efectividad global de equipos (OEE), este resultado se encuentra en la Figura 11 y es de 18.47% a 23.06%. Al comparar estos valores con la clasificación del Cuadro 1 del marco teórico, se pudo determinar que está en un estado inaceptable, lo cual demuestra que existen oportunidades de mejora para aumentarlo. Con el propósito de averiguar en qué parámetro se encuentra la razón de un OEE de este valor, se procedió a realizar un análisis de lo que conforma al indicador.

En la Figura 12 se encuentra el resultado del parámetro de disponibilidad de la línea 3 de galleta gofre, el cual se encuentra entre 48.01% y 56.71% y se ve afectado por las pérdidas de tiempo. La Figura 13 muestra un diagrama de Pareto que describe la frecuencia de paros en la producción y en la Figura 14 se observa la clasificación y cuantificación de horas paradas. Utilizando esto se concluyó que los paros por comida programada son tan recurrentes que disminuyen el tiempo operativo de la línea. Habiendo realizado el análisis de sensibilidad mostrado en la Figura 15, se logró determinar qué variables tienen mayor significancia en la disponibilidad. Como resultado, se observó que la limpieza programada y los paros operativos son los que tienden a afectar más en dicho cálculo. La variable que presenta mayor sensibilidad es la limpieza. No obstante, por el alcance de la investigación y el tiempo disponible, se decidió atacar los paros operativos por medio de una propuesta.

La propuesta consiste en realizar un plan de relevos de la mano de obra para poder continuar la producción. Esto se describe en el Cuadro 3 y el 4. A partir de los datos históricos de los paros, se calculó que se disminuirían en un 27.18%. Esto permitiría aumentar la producción de galletas con un ingreso adicional anual de Q320,987.35, valor que se observa en el Cuadro 6.

La Figura 16 muestra el parámetro de eficiencia, cuyos valores se encuentran entre 35.70% y 43.15% ocasionados por las pérdidas de velocidad. Como se pudo comprobar en el diagrama de operaciones, el arranque del horno es el cuello de botella, por lo que este define la capacidad de la línea. Con esta información, se determinó que la capacidad de diseño de la línea es de 713.8 kg/h de producto, comparada con la real que es de 633.4 kg/h, valores que se observan en el Cuadro 7. La Figura 17 muestra un diagrama causa-efecto de todas las razones por las que se para en la producción. Este se realizó con el fin de encontrar los factores influyentes que ocasionan que se tenga que interrumpir el proceso. Utilizando esta herramienta, se pudo concluir que la causa más relevante de las pérdidas de velocidad es la diferencia entre la velocidad de trabajo del horno y su velocidad de diseño.

El Cuadro 9 muestra el costo de las pérdidas de velocidad anuales por no estar operando a capacidad máxima, siendo estas de 19,008,000 unidades y Q305,268.48. Conforme a esto, se propuso aumentar la capacidad de la línea incrementando la velocidad del horno en una plancha por minuto, es decir, a 33 planchas/min. Esta propuesta se describe en el Cuadro 10. Con esta modificación, se podrá producir un extra de 104,544 unidades anuales, con un ingreso adicional de Q76,317.12, como muestra el Cuadro 11.

El último parámetro que conforma el OEE es la calidad. La Figura 18 contiene su resultado, cuyo rango es de 63.56% y 67.87%. La Figura 19 demuestra que la etapa en la que más reproceso se genera es la cortadora. Además, en el balance de masa y energía de la Figura 8, se puede apreciar que la cantidad de reproceso en la cortadora es significativamente mayor que en el resto de las etapas. El Cuadro 12 contiene el nivel sigma de la línea, que se encuentra entre 3.50σ y 3.57σ , siendo el nivel ideal de 6σ . Con esto, se encontró que la producción se encuentra en un estado estándar en cuanto a calidad concierne. Por lo tanto, se propuso la implementación de un Poka Yoke para indicar a los operarios las características de un producto no conforme, aceptable y conforme, lo cual se describe en el Cuadro 13.

El Cuadro 14 muestra que el Poka Yoke logró disminuir la cantidad de reproceso en la cortadora en un 45.54%, valor determinado por medio de su implementación en una semana de producción. El ahorro generado anual, si se implementa de manera permanente esta propuesta, se encuentra en el Cuadro 15, y tiene un valor de Q122,980.78.

Utilizando los datos históricos de los meses analizados y aplicando las modificaciones propuestas a estos meses, se obtuvo la Figura 20. La línea superior muestra el indicador con las modificaciones aplicadas. Como se puede observar, se tiene un aumento medio en el OEE de 8.62%. El Cuadro 16 muestra el impacto económico anual de todas las modificaciones de ser aplicadas de manera permanente. El resultado total de los ahorros generados es de Q122,980.78 y los ingresos adicionales serían de Q397,304.47.

Tal como se evidencia, los cambios propuestos generaron tanto mejoras en la eficiencia como ahorros en la operación y mayores ingresos. No obstante, el estudio realizado demuestra que aún existen oportunidades de mejora en el proceso. Debido a esto, se recomienda darle seguimiento a la gestión de mejora continua y aplicarlo en las demás líneas que posee la planta.

IX. CONCLUSIONES

1. Se logró determinar el indicador de efectividad global de equipos antes de la mejora, que tiene un valor promedio de 20.58%, con un parámetro de disponibilidad promedio de 53.40%, de eficiencia de 51.10% y de calidad de 65.14%.
2. A partir del análisis realizado, se encontró que el parámetro de disponibilidad se ve afectado principalmente por los paros que se dan en la producción por los tiempos de comida de los operarios, por lo que se propuso un plan de relevos que evite los mismos.
3. La diferencia entre la capacidad de diseño de la línea y la capacidad real es el factor principal que ocasiona que el parámetro de eficiencia disminuya su valor, derivado a ello se recomienda aumentar la velocidad de trabajo del horno.
4. La etapa que genera una mayor cantidad de reproceso es la de cortado, lo cual se ve reflejado en el parámetro de calidad de la línea.
5. Se calculó que el impacto económico anual en el caso de aplicar las mejoras propuestas sería de Q122,980.78 de ahorros generados y Q397,304.47 de ingresos adicionales, lo cual representa un aumento de 8.62% en el OEE.

X. RECOMENDACIONES

1. Darle seguimiento al estudio realizado, para identificar más oportunidades que tengan el potencial de generar ahorros o aumentar ingresos.
2. Para poder tener un diagnóstico de la línea de producción, considerar la implementación del cálculo periódico del OEE de la línea de producción, para evaluar su estado y determinar más oportunidades de mejora.
3. Analizar el procedimiento de limpieza de la línea, ya que este representa una pérdida en el tiempo de producción y puede tener un impacto significativo en la disponibilidad.
4. Considerar realizar un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria utilizada en la línea de producción para poder disminuir los paros ocasionados por averías.
5. Evaluar la posibilidad de agregar algún aditivo a la formulación de la oblea de la galleta, como la fibra de papa, para mejorar la calidad del producto final y disminuir la cantidad de reproceso.
6. Estudiar la factibilidad de vender las galletas defectuosas a un menor precio para obtener una ganancia económica de los productos no conformes.
7. Medir la diferencia de área de las galletas que poseen desperfectos y de las galletas conformes, para determinar la diferencia de costo que representa el recubrimiento de chocolate y así, decidir si reprocesar las galletas es más barato que disminuir la cantidad de reproceso.
8. Implementar el uso de un Poka Yoke en la etapa posterior al recubrimiento, con el propósito de disminuir la cantidad de reproceso en la etapa final de la producción de galletas.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Albert, E. N., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (2017). *Metodología e implementación de Six Sigma*. 8 págs.
- Asociación Española. (2007) *Control estadístico de procesos y análisis de mejora*. AEC. 25 págs.
- Chase, R. & Jacobs, F. (2014.) *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. McGraw Hill. México. 810 págs.
- Barria, P. (2012). *Propuesta de metodología para la medición de eficiencia general de equipos en las líneas de procesos de sección mantequilla en la industria láctea*. Universidad Austral de Chile, Puerto Mott-Chile. 92 págs.
- Bermúdez, E. R., & Camacho, J. D. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 40(3-4), 127-142.
- Figueroa, J. (2017) *Análisis de Productividad a través de un monitoreo de tiempos eficientes y no eficientes en una línea de envasado de bebidas*. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Freund, J. E., & Simon, G. A. (1994). *Estadística elemental*. Pearson Educación. 600 págs.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2009) *Guía para la presentación de gráficos*. Centro de Investigación y Desarrollo. Lima. 98 págs.
- Jiménez, F. (2010) *Plan de negocio de un centro de distribución de automóviles*. Universidad de Sevilla. España.
- Loarca, C. (2016) *ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL SIMPLE, PARA DETERMINAR LA POSIBLE RELACIÓN DE ASOCIACIÓN ENTRE LAS VARIABLES NÚMERO DE BAZARES REALIZADOS Y EL INGRESO EN QUETZALES POR MACRO REGIÓN, EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA VENTA DE APARATOS DE ALTA TECNOLOGÍA, A TRAVÉS DE UNA ENTIDAD FINANCIERA*. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 99 págs.
- Miranda, J. (2017) *Fundamentos de medición y control de procesos*. Estados Unidos. Editorial Palibrio. 110 págs.
- Palomo, J. (2011) *Control de Procesos e Identificación de puntos críticos en la línea de producción de Galleta con Chocolate*. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 237 págs.
- Palladino, A. (2011) *Gráfico de caja*. Argentina. Universidad Nacional de Nordeste.
- Rodríguez Carchi, C. A. (2019). *Propuesta de mejoramiento de la Overall Equipment Effectiveness (OEE) en las líneas de producción z1 y z2 del área de envasado de una empresa de detergentes* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.). 110 págs.
- Roldán, C. (2010) *Optimización de las variables asociadas al tiempo de vida útil de las galletas en la cadena de distribución y almacenamiento*. 138 págs.
- UCELO LEZANA, A. R. (2008). *Diseño e implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE) en una línea de producción de pañales desechables e investigación de propuesta viable para la degradación de estos productos no reciclables en la empresa Altenvasa*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 168 págs.

XII. ANEXOS

A. Datos originales

1. Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real

Cuadro 17. Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real en el mes de octubre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Tiempo operativo (h)	Tiempo planeado (h)
12-Oct-20	8.6	17
13-Oct-20	15.1	22
14-Oct-20	15.6	22
15-Oct-20	15.4	22
16-Oct-20	13.5	22
17-Oct-20	8.9	17
18-Oct-20	-	-
19-Oct-20	6.2	15
20-Oct-20	5.6	21
21-Oct-20	5.9	20
22-Oct-20	8.9	22
23-Oct-20	14.4	20
24-Oct-20	11.1	17
25-Oct-20	-	-
26-Oct-20	8.1	13
27-Oct-20	7.0	20
28-Oct-20	10.2	22
29-Oct-20	12.7	21
30-Oct-20	14.5	22
31-Oct-20	6.20	20
9-Nov-20	4.1	13

Cuadro 18. Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real en el mes de noviembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Tiempo operativo (h)	Tiempo planeado (h)
9-Nov-20	4.1	13
10-Nov-20	6.5	22
11-Nov-20	6.1	20
12-Nov-20	8.3	20
13-Nov-20	7.6	20
14-Nov-20	12.4	15
15-Nov-20	-	-
16-Nov-20	17.3	22
17-Nov-20	13.1	22
18-Nov-20	5.6	22
19-Nov-20	-	-
20-Nov-20	-	-
21-Nov-20	7.6	18
22-Nov-20	-	-
23-Nov-20	13.2	17
24-Nov-20	8.1	22
25-Nov-20	7.8	23
26-Nov-20	-	-
27-Nov-20	8.1	23
28-Nov-20	15.9	22
29-Nov-20	12.2	22
30-Nov-20	10.0	16

Cuadro 19. Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real en el mes de diciembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Tiempo operativo (h)	Tiempo planeado (h)
2-Dec-20	6.3	18
3-Dec-20	16.9	22
4-Dec-20	15.9	22
5-Dec-20	10.0	15
6-Dec-20	0.0	0
7-Dec-20	11.7	17
8-Dec-20	15.5	22
9-Dec-20	15.0	20
10-Dec-20	10.2	22
11-Dec-20	13.7	20
12-Dec-20	10.3	17
13-Dec-20	0.0	0
14-Dec-20	2.7	20
15-Dec-20	8.0	20
16-Dec-20	10.6	21
17-Dec-20	15.4	22
18-Dec-20	15.7	22
19-Dec-20	13.7	21
20-Dec-20	11.9	21
21-Dec-20	6.1	20
22-Dec-20	9.1	22
23-Dec-20	11.1	20
24-Dec-20	3.6	20
25-Dec-20	12.6	18
26-Dec-20	11.7	22
27-Dec-20	15.7	22
28-Dec-20	15.5	22
29-Dec-20	17.7	22
30-Dec-20	15.0	22
31-Dec-20	4.6	22

Cuadro 20. Tiempo operativo planeado y tiempo de operación real en el mes de enero 2021 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Tiempo operativo (h)	Tiempo planeado (h)
5-Jan-21	2.6	9
6-Jan-21	9.0	20
7-Jan-21	11.9	22
8-Jan-21	15.8	22
9-Jan-21	15.1	22
10-Jan-21	-	-
11-Jan-21	2.4	10
12-Jan-21	13.8	21
13-Jan-21	16.8	22
14-Jan-21	16.5	22
15-Jan-21	16.6	22
16-Jan-21	12.3	17
17-Jan-21	-	-
18-Jan-21	5.4	20
19-Jan-21	16.1	22
20-Jan-21	13.8	20
21-Jan-21	8.0	20
22-Jan-21	7.2	22
23-Jan-21	5.5	15

2. Tiempo de producción disponible y cantidad de galleta producida

Cuadro 21. Tiempo de producción disponible y cantidad producida en el mes de octubre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Tiempo total disponible (h)	Cantidad producida (kg)
12-Oct-20	17	5448.96
13-Oct-20	22	9556.00
14-Oct-20	22	9879.11
15-Oct-20	22	9777.78
16-Oct-20	22	8572.44
17-Oct-20	17	5626.37
18-Oct-20	-	-
19-Oct-20	15	3919.88
20-Oct-20	21	3541.28
21-Oct-20	20	3758.00
22-Oct-20	22	5670.00
23-Oct-20	20	9136.00
24-Oct-20	17	7052.00
25-Oct-20	-	-
26-Oct-20	13	5154.24
27-Oct-20	20	4442.56
28-Oct-20	22	6431.04
29-Oct-20	21	8048.13
30-Oct-20	22	9198.78
31-Oct-20	20	3925.50

Cuadro 22. Tiempo de producción disponible y cantidad producida en el mes de noviembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Tiempo total disponible (h)	Cantidad producida (kg)
9-Nov-20	13	2585.09
10-Nov-20	22	4134.69
11-Nov-20	20	3852.57
12-Nov-20	20	5253.00
13-Nov-20	20	4797.00
14-Nov-20	15	7863.00
15-Nov-20	-	-
16-Nov-20	22	10982.40
17-Nov-20	22	8307.20
18-Nov-20	22	3536.89
19-Nov-20	-	-
20-Nov-20	-	-
21-Nov-20	18	4821.70
22-Nov-20	-	-
23-Nov-20	17	8369.15
24-Nov-20	22	5125.82
25-Nov-20	23	4922.37
26-Nov-20	-	-
27-Nov-20	23	5113.15
28-Nov-20	22	10086.91
29-Nov-20	22	7755.26
30-Nov-20	16	6314.40

Cuadro 23. Tiempo de producción disponible y cantidad producida en el mes de diciembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Tiempo total disponible (h)	Cantidad producida (kg)
2-Dec-20	18	4015.62
3-Dec-20	22	10676.16
4-Dec-20	22	10081.66
5-Dec-20	15	6322.18
6-Dec-20	-	-
7-Dec-20	17	7393.69
8-Dec-20	22	9849.82
9-Dec-20	20	9527.16
10-Dec-20	22	6491.73
11-Dec-20	20	8653.42
12-Dec-20	17	6514.00
13-Dec-20	-	-
14-Dec-20	20	1679.04
15-Dec-20	20	5082.00
16-Dec-20	21	6691.25
17-Dec-20	22	9757.44
18-Dec-20	22	9953.86
19-Dec-20	21	8699.33
20-Dec-20	21	7508.16
21-Dec-20	20	3843.84
22-Dec-20	22	5749.33
23-Dec-20	20	7049.39
24-Dec-20	20	2279.42
25-Dec-20	18	8011.78
26-Dec-20	22	7440.48
27-Dec-20	22	9941.33
28-Dec-20	22	9815.27
29-Dec-20	22	11235.84
30-Dec-20	22	9523.20
31-Dec-20	22	2918.40

Cuadro 24. Tiempo de producción disponible y cantidad producida en el mes de enero 2021 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Tiempo total disponible (h)	Cantidad producida (kg)
5-Jan-21	9	1673.8
6-Jan-21	20	5708.0
7-Jan-21	22	7540.0
8-Jan-21	22	9988.5
9-Jan-21	22	9541.3
10-Jan-21	-	-
11-Jan-21	10	1517.0
12-Jan-21	21	8760.0
13-Jan-21	22	10650.1
14-Jan-21	22	10441.7
15-Jan-21	22	10492.4
16-Jan-21	17	7772.2
17-Jan-21	-	-
18-Jan-21	20	3415.1
19-Jan-21	22	10177.0
20-Jan-21	20	8762.5
21-Jan-21	20	5065.5
22-Jan-21	22	4587.0
23-Jan-21	15	3484.0

3. Cantidad de reproceso y desperdicio

Cuadro 25. Cantidad de reproceso y desperdicio para el mes de octubre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Cantidad de reproceso y desperdicio (kg)
12-Oct-20	3222.17
13-Oct-20	5257.72
14-Oct-20	4755.55
15-Oct-20	5059.47
16-Oct-20	4180.78
17-Oct-20	2386.99
18-Oct-20	-
19-Oct-20	2860.19
20-Oct-20	3587.38
21-Oct-20	1956.07
22-Oct-20	3364.1
23-Oct-20	3598.88
24-Oct-20	3907.86
25-Oct-20	-
26-Oct-20	2601.33
27-Oct-20	3668.39
28-Oct-20	3356.5
29-Oct-20	4072.75
30-Oct-20	4146.41
31-Oct-20	2444.36

Cuadro 26. Cantidad de reproceso y desperdicio para el mes de noviembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Cantidad de reproceso y desperdicio (kg)
9-Nov-20	2710.36
10-Nov-20	2628.5
11-Nov-20	3444.22
12-Nov-20	3232.57
13-Nov-20	3084.68
14-Nov-20	3490.09
15-Nov-20	1216.32
16-Nov-20	3118.45
17-Nov-20	4062.4
18-Nov-20	3121.08
19-Nov-20	1973.94
20-Nov-20	2092.92
21-Nov-20	1799.92
22-Nov-20	-
23-Nov-20	3189.3
24-Nov-20	2987.19
25-Nov-20	3163.56
26-Nov-20	2779.97
27-Nov-20	2868.99
28-Nov-20	3598.71
29-Nov-20	3231.09
30-Nov-20	2147.29

Cuadro 27. Cantidad de reproceso y desperdicio para el mes de diciembre 2020 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Cantidad de reproceso y desperdicio (kg)
2-Dec-20	2613.04
3-Dec-20	3958.88
4-Dec-20	3571.01
5-Dec-20	2729.86
6-Dec-20	-
7-Dec-20	3023.62
8-Dec-20	4323.49
9-Dec-20	3878.56
10-Dec-20	3276.5
11-Dec-20	3736.89
12-Dec-20	3044.21
13-Dec-20	381.01
14-Dec-20	2235.35
15-Dec-20	4013.44
16-Dec-20	3764.96
17-Dec-20	4421.68
18-Dec-20	4663.75
19-Dec-20	4338.59
20-Dec-20	3040.53
21-Dec-20	2838.37
22-Dec-20	3683.41
23-Dec-20	4479.39
24-Dec-20	857.71
25-Dec-20	1421.88
26-Dec-20	3668.49
27-Dec-20	4324.25
28-Dec-20	4466.93
29-Dec-20	4080.61
30-Dec-20	3800.58
31-Dec-20	633.29

Cuadro 28. Cantidad de reproceso y desperdicio para el mes de enero 2021 en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Cantidad de reproceso y desperdicio (kg)
5-Jan-21	1801.34
6-Jan-21	2668.79
7-Jan-21	3097.42
8-Jan-21	3982.4
9-Jan-21	3639.4
10-Jan-21	-
11-Jan-21	2160.69
12-Jan-21	4202.67
13-Jan-21	4295.82
14-Jan-21	5202.6
15-Jan-21	4908.72
16-Jan-21	3937.62
17-Jan-21	499.81
18-Jan-21	3341.6
19-Jan-21	4544.57
20-Jan-21	3074.15
21-Jan-21	3285.07
22-Jan-21	3538.76
23-Jan-21	2594.57

4. Causas y conteos de paros de producción

Cuadro 29. Causas y conteo de paros de producción en el mes de octubre 2020 en la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Horas programadas por mantenimiento	Horas programadas por tiempos de comida	Horas programadas cambios de producto	Indisponibilidad externa	Paros operativos	Horas programadas limpieza	Paros electromecánicos
12-Oct-20	0	2	0	0	0	5	0
13-Oct-20	0	2	0	0	2	0	0
14-Oct-20	0	2	0	0	0	0	0
15-Oct-20	0	2	0	0	0	0	0
16-Oct-20	0	2	0	0	0	0	0
17-Oct-20	0	2	0	0	0	5	0
18-Oct-20	-	-	-	-	-	-	-
19-Oct-20	0	2	2	0	0	5	0
20-Oct-20	0	2	1	0	8	0	3
21-Oct-20	0	2	2	0	10	0	0
22-Oct-20	0	2	0	0	8	0	3
23-Oct-20	0	2	2	0	2	0	4
24-Oct-20	0	2	0	0	3	5	0
25-Oct-20	-	-	-	-	-	-	-
26-Oct-20	0	2	0	0	0	5	0
27-Oct-20	0	2	2	0	6	0	4
28-Oct-20	0	2	0	0	4	0	0
29-Oct-20	0	2	1	3	0	0	0
30-Oct-20	0	2	0	0	0	0	3
31-Oct-20	12	1	0	0	0	3	0

Cuadro 30. Causas y conteo de paros de producción en el mes de noviembre 2020 en la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Horas programadas por mantenimiento	Horas programadas por tiempos de comida	Horas programadas cambios de producto	Indisponibilidad externa	Paros operativos	Horas programadas limpieza	Paros electromecánicos
9-Nov-20	4	2	0	0	6	5	0
10-Nov-20	0	2	0	0	12	0	0
11-Nov-20	0	2	2	0	12	0	0
12-Nov-20	0	2	2	0	8	0	0
13-Nov-20	0	2	2	0	8	0	0
14-Nov-20	0	2	2	0	0	5	0
15-Nov-20	-	-	-	-	-	-	-
16-Nov-20	0	2	0	0	0	0	0
17-Nov-20	0	2	0	0	0	0	0
18-Nov-20	0	2	0	3	0	0	12
19-Nov-20	0	0	0	0	0	0	0
20-Nov-20	0	0	0	0	0	0	0
21-Nov-20	0	1	0	0	0	5	0
22-Nov-20	-	-	-	-	-	-	-
23-Nov-20	0	2	0	0	0	5	0
24-Nov-20	0	2	0	0	8	0	3
25-Nov-20	0	1	0	0	0	0	0
26-Nov-20	0	0	0	3	0	0	0
27-Nov-20	0	1	0	0	0	0	0
28-Nov-20	0	2	0	0	0	0	0
29-Nov-20	0	2	0	4	0	0	2
30-Nov-20	0	2	1	0	0	5	0

Cuadro 31. Causas y conteo de paros de producción en el mes de diciembre 2020 en la línea de producción de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Horas programadas por mantenimiento	Horas programadas por tiempos de comida	Horas programadas cambios de producto	Indisponibilidad externa	Paros operativos	Horas programadas limpieza	Paros electromecánicos
2-Dec-20	0	2	0	0	0	4	0
3-Dec-20	0	2	0	0	0	0	1
4-Dec-20	0	2	0	0	0	0	2
5-Dec-20	0	2	2	0	0	5	0
6-Dec-20	0	0	0	0	0	0	0
7-Dec-20	0	2	0	0	1	5	0
8-Dec-20	0	2	0	0	1	0	0
9-Dec-20	0	2	2	0	0	0	2
10-Dec-20	0	2	0	0	0	0	7
11-Dec-20	0	2	2	0	1	0	0
12-Dec-20	0	2	0	0	0	5	2
13-Dec-20	-	-	-	-	-	-	-
14-Dec-20	0	1	0	0	4	3	0
15-Dec-20	0	2	2	0	0	0	2
16-Dec-20	0	2	1	0	0	0	1
17-Dec-20	0	2	0	0	0	0	0
18-Dec-20	0	2	0	0	0	0	0
19-Dec-20	0	2	1	0	0	0	0
20-Dec-20	0	2	1	0	0	0	0
21-Dec-20	0	2	2	0	4	0	0
22-Dec-20	0	2	0	0	0	0	0
23-Dec-20	0	2	2	0	0	3	0
24-Dec-20	0	1	0	0	0	4	0
25-Dec-20	0	2	0	0	0	0	0
26-Dec-20	0	2	0	4	1	0	0
27-Dec-20	0	2	0	0	0	0	1
28-Dec-20	0	2	0	0	0	0	2
29-Dec-20	0	2	0	0	0	0	0
30-Dec-20	0	2	0	0	2	0	0
31-Dec-20	0	0	0	0	0	2	0

Cuadro 32. Causas y conteo de paros de producción en el mes de enero 2021 en la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Horas programadas por mantenimiento	Horas programadas por tiempos de comida	Horas programadas cambios de producto	Indisponibilidad externa	Paros operativos	Horas programadas limpieza	Paros electromecánicos
5-Jan-21	12	1	0	0	0	2	12
6-Jan-21	0	2	2	0	10	0	2
7-Jan-21	0	2	0	0	5	0	0
8-Jan-21	0	2	0	0	0	0	0
9-Jan-21	0	2	0	0	0	0	0
10-Jan-21	-	-	-	-	-	-	-
11-Jan-21	12	1	1	5	0	0	0
12-Jan-21	0	2	1	0	0	0	0
13-Jan-21	0	2	0	0	0	0	0
14-Jan-21	0	2	0	0	0	0	0
15-Jan-21	0	2	0	0	0	5	0
16-Jan-21	0	2	0	0	0	0	0
17-Jan-21	0	0	0	0	0	3	0
18-Jan-21	0	1	0	0	0	0	0
19-Jan-21	0	2	0	0	0	0	0
20-Jan-21	0	2	2	0	0	0	0
21-Jan-21	0	2	2	0	0	0	0
22-Jan-21	0	2	0	0	7	0	0
23-Jan-21	0	2	2	0	6	5	0

5. Mano de obra

Cuadro 33. Organización de la mano de obra de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Etapas	Mano de obra en turno 1	Mano de obra en turno 2
Cortadora y cubridora	2	2
Relleno	1	1
Empaque primario	4	4
Enfardado	2	2
Túnel de enfriamiento	1	1
Horno	1	1
Empaque secundario	5	5

Cuadro 34. Costo de mano de obra de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Costo de mano de obra turno diurno (por persona)	Costo de mano de obra turno nocturno (por persona)
Q5,240.12	Q6,657.32

6. Costo de reproceso y desperdicio

Cuadro 35. Costo de reproceso y desperdicio de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Costo reproceso (Q/kg)	Costo desperdicio (Q/kg)
2.03	7.00

7. Ganancia de galleta gofre

Cuadro 36. Ganancias generadas por la venta de galleta gofre con relleno de maní y cobertura sabor a chocolate

Ganancias	Q4.43/caja
------------------	------------

B. Cálculos de muestra

1. Análisis parámetro de disponibilidad

Cálculo de muestra 1. Determinación del parámetro de disponibilidad de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 1,

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Tiempo de Funcionamiento}}{\text{Tiempo programado de producción}} * 100$$

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{8.6 \text{ h}}{17 \text{ h}} * 100 = 50.59\%$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para todos los días de producción analizados.

Cálculo de muestra 2. Determinación de la producción extra mensual al eliminar los paros por comida en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Considerando que se tiene 1 hora de comida y que el horno se tarda 1.25 horas en llegar a condiciones de operación:

$$\frac{(1 \text{ h} + 1.25 \text{ h})}{\text{turno}} * (30 \text{ días trabajados}) * (2 \text{ turnos}) * \left(\frac{633.6 \text{ kg}}{1 \text{ hora}}\right) = 85,536 \text{ kg}$$

Cálculo de muestra 3. Determinación del ingreso de la producción adicional anual al eliminar los paros por comida en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Considerando que se tiene una ganancia de Q0.73/kg y utilizando el resultado del cálculo de muestra 2:

$$85,536 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} * \left(\frac{Q0.73}{\text{kg}}\right) * \left(\frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}\right) = Q749,295.36$$

Cálculo de muestra 4. Determinación del costo de mano de obra actual en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Considerando que el salario mensual de un operario en el turno diurno es de Q5,240.12 y en el turno nocturno de Q6,657.32

$$\begin{aligned} & \text{Costo mano de obra} \\ & = 16 \text{ operarios turno diurno} * \left(\frac{Q5,240.12}{\text{operario} - \text{mes}}\right) \\ & + 16 \text{ operarios turno nocturno} * \left(\frac{Q6,657.32}{\text{operario} - \text{mes}}\right) = Q190,359.04 \end{aligned}$$

Cálculo de muestra 5. Determinación del costo de mano de obra con una propuesta de la contratación de 6 operarios para la eliminación de paros por comida en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Considerando que el salario mensual de un operario en el turno diurno es de Q5,240.12 y en el turno nocturno de Q6,657.32

$$\begin{aligned} & \text{Costo mano de obra} \\ & = 19 \text{ operarios turno diurno} * \left(\frac{Q5,240.12}{\text{operario} - \text{mes}} \right) \\ & + 19 \text{ operarios turno nocturno} * \left(\frac{Q6,657.32}{\text{operario} - \text{mes}} \right) = Q226,051.36 \end{aligned}$$

Cálculo de muestra 6. Determinación de la inversión anual de la contratación de 6 operarios para la eliminación de paros por comida en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

$$\text{Inversión mensual} = Q226,051.36 - Q190,359.04 = Q35,692.32$$

$$\text{Inversión anual} = \frac{Q35,692.32}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = Q428,307.84$$

Cálculo de muestra 7. Determinación del ingreso adicional al eliminar los paros por comida en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

$$\text{Ingreso adicional} = \text{Ingreso total} - \text{inversión}$$

$$\text{Ingreso adicional} = Q749,295.36 - Q428,307.84 = Q320,987.52$$

Cálculo de muestra 8. Determinación de la disponibilidad posterior a la implementación de la contratación de 6 operarios para la eliminación de paros por comida en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 1 y considerando que el tiempo de producción perdido por tiempos de comida es de 2.25 h al día,

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(8.6 \text{ h} + 2.25 \text{ h})}{17 \text{ h}} = 63.82\%$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para el resto de los días de producción analizados.

Cálculo de muestra 9. Determinación del aumento en el parámetro de disponibilidad posterior a la implementación de la contratación de 6 operarios para la eliminación de paros por comida en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

$$\text{Aumento} = 63.83\% - 50.59\% = 13.24\%$$

Se repitió el mismo cálculo para el resto de los días de producción analizados.

2. Análisis parámetro de eficiencia

Cálculo de muestra 10. Determinación del parámetro de eficiencia de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 2,

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo operativo} * \text{Capacidad}} * 100$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{5448.96 \text{ kg producidos}}{17 \text{ h} * \left(712.8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)} * 100 = 44.97\%$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para todos los días de producción analizados.

Cálculo de muestra 11. Determinación de la capacidad de diseño de la línea 3 de galleta gofre a partir de la velocidad del horno de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

$$32 \frac{\text{planchas}}{\text{min}} * \left(\frac{1 \text{ libro}}{4 \text{ planchas}}\right) * \left(\frac{60 \text{ galletas}}{1 \text{ libro}}\right) * \left(\frac{22 \text{ g}}{1 \text{ galleta}}\right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right) * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}\right) \\ = 633.6 \text{ kg/hor}$$

Cálculo de muestra 12. Determinación de la capacidad nominal de la línea 3 de galleta gofre a partir de la velocidad del horno de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

$$36 \frac{\text{planchas}}{\text{min}} * \left(\frac{1 \text{ libro}}{4 \text{ planchas}}\right) * \left(\frac{60 \text{ galletas}}{1 \text{ libro}}\right) * \left(\frac{22 \text{ g}}{1 \text{ galleta}}\right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right) * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}\right) \\ = 712.8 \text{ kg/hora}$$

Cálculo de muestra 13. Determinación de la pérdida en la producción anual de la línea 3 de galleta gofre debido a la diferencia entre la capacidad nominal y la de diseño

Utilizando la capacidad de diseño de la línea 3,

$$36 \frac{\text{planchas}}{\text{min}} * \left(\frac{1 \text{ libro}}{4 \text{ planchas}}\right) * \left(\frac{60 \text{ unidades}}{1 \text{ libro}}\right) * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}\right) * \left(\frac{20 \text{ h producción}}{1 \text{ día}}\right) \\ * \left(\frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}}\right) * \left(\frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}\right) = 171,072,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}}$$

Utilizando la capacidad real de la línea 3,

$$32 \frac{\text{planchas}}{\text{min}} * \left(\frac{1 \text{ libro}}{4 \text{ planchas}}\right) * \left(\frac{60 \text{ unidades}}{1 \text{ libro}}\right) * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}\right) * \left(\frac{20 \text{ h producción}}{1 \text{ día}}\right) \\ * \left(\frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}}\right) * \left(\frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}\right) = 152,064,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}}$$

Pérdidas de producción

$$= \text{Producción con velocidad de diseño} \\ - \text{Producción velocidad real}$$

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas de producción} &= 171,072,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}} - 152,064,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}} \\ &= 19,008,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Cálculo de muestra 14. Determinación de la pérdida monetaria de la línea 3 de galleta gofre debido a la diferencia entre la capacidad nominal y la de diseño

Utilizando las pérdidas en la producción anual y considerando que la ganancia del producto es de Q0.73/kg,

$$19,008,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}} * \left(\frac{22 \text{ g}}{1 \text{ unidad}} \right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) * \left(\frac{Q0.73}{\text{kg}} \right) = Q305,268.48$$

Cálculo de muestra 15. Determinación del impacto económico al aumentar la velocidad del horno en una plancha por minuto más de la velocidad actual

Utilizando un valor de una unidad más por minuto en la velocidad del horno,

$$\begin{aligned} 33 \frac{\text{planchas}}{\text{min}} * \left(\frac{1 \text{ libro}}{4 \text{ planchas}} \right) * \left(\frac{60 \text{ unidades}}{1 \text{ libro}} \right) * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \right) * \left(\frac{20 \text{ h producción}}{1 \text{ día}} \right) \\ * \left(\frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \right) * \left(\frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \right) = 156,816,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Utilizando las unidades producidas al año considerando la velocidad actual del horno,

$$\begin{aligned} \text{Unidades extra producidas} \\ &= \text{Unidades con velocidad aumentada} \\ &- \text{Unidades con velocidad actual} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Unidades extra producidas} &= 156,816,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}} - 152,064,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}} \\ &= 4,752,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Considerando que la ganancia del producto es de Q0.73/kg,

$$4,752,000 \frac{\text{unidades}}{\text{año}} * \left(\frac{22 \text{ g}}{1 \text{ unidad}} \right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) * \left(\frac{Q0.73}{\text{kg}} \right) = Q76,317.12$$

Cálculo de muestra 16. Determinación del aumento en el parámetro de eficiencia posterior a la implementación de un aumento en la velocidad del horno

Utilizando la velocidad propuesta del horno de 33 planchas/min:

$$\begin{aligned} 33 \frac{\text{planchas}}{\text{min}} * \left(\frac{1 \text{ libro}}{4 \text{ planchas}} \right) * \left(\frac{60 \text{ unidades}}{1 \text{ libro}} \right) * \left(\frac{22 \text{ g}}{1 \text{ unidad}} \right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) * \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \right) \\ = 653.4 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Utilizando la ecuación 2,

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo operativo} * \text{Capacidad}} * 100$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{(10.9 \text{ horas producción}) * (653.4 \frac{\text{kg}}{\text{h}})}{(24 \text{ horas disponibles}) * (712.8 \frac{\text{kg}}{\text{h}})} * 100 = 41.44\%$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para los días restantes de producción analizados.

Utilizando la eficiencia actual calculada,

$$\text{Aumento} = \text{Eficiencia propuesta calculada (\%)} - \text{Eficiencia actual calculada (\%)}$$

$$\text{Aumento} = 41.44\% - 31.85\% = 9.59\%$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para los días restantes de producción analizados.

3. Análisis parámetro de calidad

Cálculo de muestra 17. Determinación del parámetro de calidad de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 3,

$$\text{Calidad (\%)} = \frac{\text{Unidades producidas} - (\text{desechos} + \text{reproceso})}{\text{Unidades producidas}} * 100$$

$$\begin{aligned} \text{Calidad (\%)} &= \frac{5448.96 \text{ kg conformes producidos}}{(3222.17 \text{ kg reproceso y desperdicio}) + 5448.96 \text{ kg producidos}} * 100 \\ &= 62.84\% \end{aligned}$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para todos los días de producción analizados.

Cálculo de muestra 18. Determinación de defectos por millón en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 5,

$$\begin{aligned} \text{Defectos por millón} &= \left(\frac{\text{número de defectos descubiertos}}{\text{oportunidades de error}} \right) * 1000000 \\ &= \left(\frac{\text{Unidades no conformes}}{\text{Producción total}} \right) * 1000000 \\ &= \left(\frac{\text{Defectos por millón}}{(3222.17 \text{ kg reproceso y desperdicio}) + 5448.96 \text{ kg producidos}} \right) \\ &* 1000000 = 37,160 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Cálculo de muestra 19. Determinación del nivel sigma de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación de interpolación y el cuadro 2 de marco teórico,

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y = 3\sigma + \frac{(4\sigma - 3\sigma)}{(6210 \text{ dpmo} - 66807 \text{ dpmo})} * (18,131.35 \text{ dpmo} - 66,807 \text{ dpmo}) = 3.80\sigma$$

Se realizó el mismo cálculo para los días y los meses restantes analizados.

Cálculo de muestra 20. Determinación de costo de reproceso en la etapa de horneado de galleta de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 6, considerando que el costo de reproceso es de Q2.03/kg de producto no conforme, el cual incluye el costo de introducir de nuevo al proceso la mezcla molida y el costo de moler la mezcla,

$$\begin{aligned} \text{Costo reproceso} &= \text{cantidad de producto no conforme} * \text{costo de reprocesar} \\ \text{Costo reproceso} &= 101.8 \text{ kg reproceso} * \frac{Q2.03}{\text{kg reproceso}} = Q206.65 \end{aligned}$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para todos los meses de producción analizados y todas las etapas de producción de galleta gofre.

Cálculo de muestra 21. Determinación de costo de desperdicio en la etapa de horneado de galleta de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 7, tomando en cuenta que el costo de desperdicio es de Q7.00/kg, este costo incluye la pérdida de material y de tiempo,

$$\text{Costo desperdicio} = 4288.75 \text{ kg desperdicio} * \frac{Q7.00}{\text{kg}} = Q30,021.24$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para todos los meses de producción analizados y todas las etapas de producción de galleta gofre.

Cálculo de muestra 22. Determinación de la disminución de reproceso en la etapa de la cortadora con la implementación del Poka Yoke en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la cantidad promedio de reproceso en la cortadora, antes y después de la implementación,

$$\begin{aligned} & \text{Disminución reproceso} \\ &= \frac{\text{Cant. reproceso actual} - \text{Cant. reproceso después de la implementación}}{\text{Cant. reproceso actual}} * 100 \end{aligned}$$

$$\text{Disminución reproceso} = \frac{11088.72 \text{ kg} - 6039 \text{ kg}}{11088.72 \text{ kg}} * 100 = 45.54\%$$

Cálculo de muestra 23. Determinación de la disminución de la cantidad de reproceso total después de la implementación del Poka Yoke

$$\text{Disminución} = \text{Reproceso total} - (\text{Reproceso cortadora} * \% \text{ disminución})$$

$$\text{Disminución} = 3222.17 \text{ kg} - (708 \text{ kg} * 45.54\%) = 2899.75 \text{ kg}$$

Se repitió el mismo cálculo para los días restantes analizados.

Cálculo de muestra 24. Determinación del ahorro anual generado con la implementación del Poka Yoke en la etapa de la cortadora en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando una comparación del costo de reproceso actual y luego de implementar el Poka Yoke una semana,

$$\begin{aligned} & \text{Ahorro generado} \\ & = \text{Costo reproceso antes} - (\text{Costo reproceso después de implementación} \\ & \quad + \text{inversión}) \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro generado} = Q270,121.34 - (Q147,110.04 + Q30.52) = Q122,980.78$$

4. Análisis indicador de efectividad global de equipos (OEE)

Cálculo de muestra 25. Determinación del indicador de efectividad global de equipos de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 4,

$$OEE (\%) = \text{Disponibilidad} (\%) * \text{Eficiencia} (\%) * \text{Calidad} (\%)$$

$$OEE (\%) = (50.59\%) * (31.85\%) * (62.84\%) = 10.13\%$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para todos los días de producción analizados.

Cálculo de muestra 26. Determinación del indicador de efectividad global de equipos al implementar las propuestas

Utilizando la ecuación 4 y los parámetros calculados posterior a la implementación:

$$OEE (\%) = \text{Disponibilidad} (\%) * \text{Eficiencia} (\%) * \text{Calidad} (\%)$$

$$OEE (\%) = (50.59\%) * (31.85\%) * (62.84\%) = 10.13\%$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para todos los días de producción analizados.

5. Análisis estadístico

Cálculo de muestra 27. Determinación de la media del indicador global de equipos de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 6,

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{18.38\% + 44.20\% + 52.89\% + 51.64\% + 40.61\% + 20.02\% + \dots + 42.27\% + 9.85\%}{18} \\ &= 27.22\%\end{aligned}$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para todas las medias calculadas.

Cálculo de muestra 28. Determinación de la desviación estándar del indicador global de equipos de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 7,

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\begin{aligned}&= \sqrt{\frac{(18.38\% - 27.22\%)^2 + (44.20\% - 27.22\%)^2 + \dots + (42.27\% - 27.22\%)^2 + (9.85\% - 27.22\%)^2}{18 - 1}} \\ & \quad s = 16.14\%\end{aligned}$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para las desviaciones estándar restantes.

Cálculo de muestra 29. Determinación del coeficiente de variación del indicador global de equipos de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Utilizando la ecuación 8,

$$\begin{aligned}CV &= \frac{s}{\bar{x}} \\ CV &= \frac{16.14\%}{27.22\%} = 59.30\%\end{aligned}$$

Se realizó el mismo cálculo de muestra para los coeficientes de variación restantes.

C. Datos calculados

1. Análisis parámetro de disponibilidad

Cuadro 37. Disponibilidad calculada para el mes de octubre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Disponibilidad actual	Disponibilidad con implementación propuesta
12-Oct-20	50.59%	63.82%
13-Oct-20	68.55%	78.78%
14-Oct-20	70.87%	81.10%
15-Oct-20	70.15%	80.37%
16-Oct-20	61.50%	71.73%
17-Oct-20	52.24%	69.56%
18-Oct-20	-	-
19-Oct-20	41.24%	93.74%
20-Oct-20	26.61%	37.33%
21-Oct-20	29.66%	40.91%
22-Oct-20	40.68%	50.90%
23-Oct-20	72.10%	83.35%
24-Oct-20	65.47%	78.71%
25-Oct-20	-	-
26-Oct-20	62.58%	79.88%
27-Oct-20	35.06%	46.31%
28-Oct-20	46.14%	56.36%
29-Oct-20	60.49%	71.20%
30-Oct-20	65.99%	76.22%
31-Oct-20	30.98%	42.23%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 38. Disponibilidad calculada para el mes de noviembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Disponibilidad actual	Disponibilidad con implementación propuesta
9-Nov-20	31.38%	48.69%
10-Nov-20	29.66%	39.89%
11-Nov-20	30.40%	41.65%
12-Nov-20	41.45%	52.70%
13-Nov-20	37.86%	49.11%
14-Nov-20	82.73%	97.73%
15-Nov-20	-	-
16-Nov-20	78.79%	89.02%
17-Nov-20	59.60%	69.82%
18-Nov-20	25.37%	35.60%
19-Nov-20	-	-
20-Nov-20	-	-
21-Nov-20	42.28%	54.78%
22-Nov-20	-	-
23-Nov-20	77.70%	90.93%
24-Nov-20	36.77%	47.00%
25-Nov-20	33.78%	43.56%
26-Nov-20	-	-
27-Nov-20	35.09%	46.91%
28-Nov-20	72.36%	82.59%
29-Nov-20	55.64%	65.86%
30-Nov-20	62.29%	76.35%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 39. Disponibilidad calculada para el mes de diciembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Disponibilidad actual	Disponibilidad con implementación propuesta
2-Dec-20	35.21%	47.71%
3-Dec-20	76.59%	86.82%
4-Dec-20	72.33%	82.55%
5-Dec-20	66.52%	81.52%
6-Dec-20	-	-
7-Dec-20	68.64%	81.88%
8-Dec-20	70.66%	80.89%
9-Dec-20	75.18%	86.43%
10-Dec-20	46.57%	56.80%
11-Dec-20	68.29%	79.54%
12-Dec-20	60.48%	73.71%
13-Dec-20	-	-
14-Dec-20	13.25%	24.50%
15-Dec-20	40.10%	51.35%
16-Dec-20	50.29%	61.00%
17-Dec-20	70.00%	80.23%
18-Dec-20	71.41%	81.64%
19-Dec-20	65.38%	76.10%
20-Dec-20	56.43%	67.14%
21-Dec-20	30.33%	41.58%
22-Dec-20	41.25%	51.47%
23-Dec-20	55.63%	66.88%
24-Dec-20	17.99%	29.24%
25-Dec-20	70.25%	82.75%
26-Dec-20	53.38%	63.61%
27-Dec-20	71.32%	81.55%
28-Dec-20	70.41%	80.64%
29-Dec-20	80.61%	90.83%
30-Dec-20	68.32%	78.55%
31-Dec-20	20.94%	31.16%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 40. Disponibilidad calculada para el mes de enero 2021 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Disponibilidad actual	Disponibilidad con implementación propuesta
5-Jan-21	29.35%	54.35%
6-Jan-21	45.04%	56.29%
7-Jan-21	54.09%	64.32%
8-Jan-21	71.66%	81.89%
9-Jan-21	68.45%	78.68%
10-Jan-21	-	-
11-Jan-21	23.94%	46.44%
12-Jan-21	65.84%	76.55%
13-Jan-21	76.40%	86.63%
14-Jan-21	74.91%	85.14%
15-Jan-21	75.27%	85.50%
16-Jan-21	72.16%	85.39%
17-Jan-21	-	-
18-Jan-21	26.95%	38.20%
19-Jan-21	73.01%	83.24%
20-Jan-21	69.15%	80.40%
21-Jan-21	39.97%	51.22%
22-Jan-21	32.91%	43.13%
23-Jan-21	36.66%	51.66%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 41. Análisis estadístico del parámetro de disponibilidad de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura

Mes y año	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Octubre 2020	52.83%	15.63%	29.60%
Noviembre 2020	49.01%	19.55%	39.90%
Diciembre 2020	56.71%	19.07%	33.63%
Enero 2021	55.05%	19.72%	35.82%
TOTAL	53.40%	18.48%	36.41%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 42. Aumento en el parámetro de disponibilidad de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, aplicando la contratación de 6 operarios

Mes y año	Disponibilidad antes	Disponibilidad después de implementación	Aumento
Octubre 2020	52.83%	68.48%	15.66%
Noviembre 2020	49.01%	60.60%	11.59%
Diciembre 2020	56.71%	67.79%	11.08%
Enero 2021	55.05%	67.59%	12.55%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

2. Análisis parámetro de eficiencia

Cuadro 43. Eficiencia calculada para el mes de octubre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Eficiencia actual	Eficiencia con implementación propuesta
12-Oct-20	44.97%	58.50%
13-Oct-20	60.94%	72.22%
14-Oct-20	63.00%	74.34%
15-Oct-20	62.35%	73.68%
16-Oct-20	54.67%	65.75%
17-Oct-20	46.43%	60.01%
18-Oct-20	-	-
19-Oct-20	61.10%	85.93%
20-Oct-20	23.66%	34.22%
21-Oct-20	26.36%	37.50%
22-Oct-20	36.16%	46.66%
23-Oct-20	64.09%	76.40%
24-Oct-20	58.20%	72.15%
25-Oct-20	-	-
26-Oct-20	55.62%	73.23%
27-Oct-20	31.16%	42.45%
28-Oct-20	41.01%	51.67%
29-Oct-20	53.77%	65.27%
30-Oct-20	58.66%	69.87%
31-Oct-20	68.84%	77.42%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 44. Eficiencia calculada para el mes de noviembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Eficiencia actual	Eficiencia con implementación propuesta
9-Nov-20	27.90%	44.63%
10-Nov-20	26.37%	36.57%
11-Nov-20	27.02%	38.18%
12-Nov-20	36.85%	48.31%
13-Nov-20	33.65%	45.01%
14-Nov-20	73.54%	89.59%
15-Nov-20	-	-
16-Nov-20	70.03%	81.60%
17-Nov-20	52.97%	64.00%
18-Nov-20	49.62%	71.80%
19-Nov-20	-	-
20-Nov-20	-	-
21-Nov-20	56.37%	75.32%
22-Nov-20	-	-
23-Nov-20	69.07%	83.36%
24-Nov-20	32.69%	43.08%
25-Nov-20	62.78%	83.49%
26-Nov-20	-	-
27-Nov-20	65.21%	86.00%
28-Nov-20	64.32%	75.71%
29-Nov-20	49.45%	60.38%
30-Nov-20	55.37%	69.99%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 45. Eficiencia calculada para el mes de diciembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Eficiencia actual	Eficiencia con implementación propuesta
2-Dec-20	56.34%	78.72%
3-Dec-20	68.08%	79.58%
4-Dec-20	64.29%	75.67%
5-Dec-20	59.13%	74.73%
6-Dec-20	-	-
7-Dec-20	61.02%	75.06%
8-Dec-20	62.81%	74.15%
9-Dec-20	66.83%	79.23%
10-Dec-20	41.40%	52.07%
11-Dec-20	60.70%	72.91%
12-Dec-20	53.76%	67.57%
13-Dec-20	-	-
14-Dec-20	29.44%	56.15%
15-Dec-20	35.65%	47.07%
16-Dec-20	44.70%	55.92%
17-Dec-20	62.22%	73.54%
18-Dec-20	63.47%	74.83%
19-Dec-20	58.12%	69.75%
20-Dec-20	50.16%	61.55%
21-Dec-20	26.96%	38.12%
22-Dec-20	36.66%	47.18%
23-Dec-20	49.45%	61.31%
24-Dec-20	79.95%	89.34%
25-Dec-20	62.44%	75.85%
26-Dec-20	47.45%	58.30%
27-Dec-20	63.39%	74.75%
28-Dec-20	62.59%	73.92%
29-Dec-20	71.65%	83.26%
30-Dec-20	60.73%	72.00%
31-Dec-20	81.89%	125.69%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 46. Eficiencia calculada para el mes de enero 2021 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Eficiencia actual	Eficiencia con implementación propuesta
5-Jan-21	26.09%	49.82%
6-Jan-21	40.04%	51.60%
7-Jan-21	48.08%	58.96%
8-Jan-21	63.70%	75.06%
9-Jan-21	60.84%	72.12%
10-Jan-21	-	-
11-Jan-21	21.28%	42.57%
12-Jan-21	58.52%	70.17%
13-Jan-21	67.91%	79.41%
14-Jan-21	66.59%	78.04%
15-Jan-21	66.91%	78.38%
16-Jan-21	64.14%	78.28%
17-Jan-21	-	-
18-Jan-21	59.89%	87.54%
19-Jan-21	64.90%	76.30%
20-Jan-21	61.47%	73.70%
21-Jan-21	35.53%	46.96%
22-Jan-21	29.25%	39.54%
23-Jan-21	32.59%	47.35%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 47. Análisis estadístico del parámetro de eficiencia de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura

Mes y año	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Octubre 2020	49.54%	13.80%	27.86%
Noviembre 2020	50.19%	16.42%	32.17%
Diciembre 2020	56.47%	13.62%	24.12%
Enero 2021	51.04%	16.46%	32.25%
TOTAL	51.81%	14.90%	28.75%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 48. Aumento en el parámetro de eficiencia de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, aplicando la contratación de 6 operarios

Mes y año	Eficiencia antes	Eficiencia posterior a implementación	Aumento
Octubre 2020	49.54%	57.28%	7.75%
Noviembre 2020	50.19%	57.24%	7.05%
Diciembre 2020	56.47%	62.97%	6.50%
Enero 2021	51.04%	58.24%	7.20%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

3. Análisis parámetro de calidad

Cuadro 49. Calidad calculada para el mes de octubre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Calidad actual	Calidad con implementación propuesta
12-Oct-20	62.84%	70.95%
13-Oct-20	64.51%	71.66%
14-Oct-20	67.50%	73.66%
15-Oct-20	65.90%	71.81%
16-Oct-20	67.22%	73.41%
17-Oct-20	70.21%	76.62%
18-Oct-20	-	-
19-Oct-20	57.81%	64.54%
20-Oct-20	49.68%	57.62%
21-Oct-20	65.77%	71.55%
22-Oct-20	62.76%	70.42%
23-Oct-20	71.74%	76.89%
24-Oct-20	64.34%	73.15%
25-Oct-20	-	-
26-Oct-20	66.46%	72.77%
27-Oct-20	54.77%	64.40%
28-Oct-20	65.71%	72.88%
29-Oct-20	66.40%	72.06%
30-Oct-20	68.93%	74.46%
31-Oct-20	61.63%	67.07%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 50. Calidad calculada para el mes de noviembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Calidad actual	Calidad con implementación propuesta
9-Nov-20	48.82%	56.92%
10-Nov-20	61.14%	67.74%
11-Nov-20	52.80%	59.91%
12-Nov-20	61.91%	70.93%
13-Nov-20	60.86%	69.67%
14-Nov-20	69.26%	77.55%
15-Nov-20	-	-
16-Nov-20	77.88%	83.45%
17-Nov-20	67.16%	74.68%
18-Nov-20	53.12%	61.60%
19-Nov-20	-	-
20-Nov-20	-	-
21-Nov-20	72.82%	78.68%
22-Nov-20	-	-
23-Nov-20	72.41%	77.33%
24-Nov-20	63.18%	69.33%
25-Nov-20	60.88%	67.90%
26-Nov-20	-	-
27-Nov-20	64.06%	70.43%
28-Nov-20	73.70%	78.47%
29-Nov-20	70.59%	75.99%
30-Nov-20	74.62%	80.25%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 51. Calidad calculada para el mes de diciembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Calidad actual	Calidad con implementación propuesta
2-Dec-20	60.58%	66.38%
3-Dec-20	72.95%	77.04%
4-Dec-20	73.84%	78.16%
5-Dec-20	69.84%	73.96%
6-Dec-20	-	-
7-Dec-20	70.98%	75.46%
8-Dec-20	69.50%	74.99%
9-Dec-20	71.07%	75.54%
10-Dec-20	66.46%	71.44%
11-Dec-20	69.84%	74.90%
12-Dec-20	68.15%	73.28%
13-Dec-20	-	-
14-Dec-20	42.89%	49.86%
15-Dec-20	55.87%	62.44%
16-Dec-20	63.99%	69.35%
17-Dec-20	68.82%	73.99%
18-Dec-20	68.09%	73.39%
19-Dec-20	66.72%	72.26%
20-Dec-20	71.18%	75.66%
21-Dec-20	57.52%	64.41%
22-Dec-20	60.95%	66.40%
23-Dec-20	61.15%	67.69%
24-Dec-20	72.66%	76.91%
25-Dec-20	84.93%	86.70%
26-Dec-20	66.98%	73.23%
27-Dec-20	69.69%	75.10%
28-Dec-20	68.72%	74.19%
29-Dec-20	73.36%	78.10%
30-Dec-20	71.48%	75.52%
31-Dec-20	82.17%	83.30%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 52. Calidad calculada para el mes de enero 2021 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	Calidad actual	Calidad con implementación propuesta
5-Jan-21	48.16%	48.16%
6-Jan-21	68.14%	74.46%
7-Jan-21	70.88%	76.95%
8-Jan-21	71.50%	77.06%
9-Jan-21	72.39%	76.91%
10-Jan-21	-	-
11-Jan-21	41.25%	49.02%
12-Jan-21	67.58%	73.58%
13-Jan-21	71.26%	76.10%
14-Jan-21	66.74%	72.27%
15-Jan-21	68.13%	73.78%
16-Jan-21	66.37%	72.41%
17-Jan-21	-	-
18-Jan-21	50.54%	56.48%
19-Jan-21	69.13%	74.65%
20-Jan-21	74.03%	78.01%
21-Jan-21	60.66%	66.87%
22-Jan-21	56.45%	64.11%
23-Jan-21	57.32%	64.85%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 53. Cantidad de reproceso y desperdicio por etapa en la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Mes y año	Etapa	Cantidad de reproceso (kg)	Cantidad de desperdicio (kg)
Octubre 2020	Hornos	101.8	4288.75
	Cortadora	13,059.9	-
	Encremadora	217.0	-
	Enfriamiento	80.0	262.71
	Recubrimiento	6285.7	-
	Empaque	221.48	8.38
Noviembre 2020	Hornos	183.6	3289.29
	Cortadora	8449	-
	Encremadora	136.5	-
	Enfriamiento	63.8	106.08
	Recubrimiento	1091	-
	Empaque	504.6	14.82
Diciembre 2020	Hornos	181.95	7223.5
	Cortadora	14094	-
	Encremadora	269	-
	Enfriamiento	119.2	442.19
	Recubrimiento	8225.88	-

Mes y año	Etapa	Cantidad de reproceso (kg)	Cantidad de desperdicio (kg)
Enero 2021	Hornos	102.48	4448.33
	Cortadora	8752	-
	Encremadora	253.5	-
	Enfriamiento	70.8	267.63
	Recubrimiento	6403.45	-

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021

Cuadro 54. Parámetro de calidad de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura

Mes y año	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Octubre 2020	64.12%	5.45%	8.49%
Noviembre 2020	65.01%	8.36%	12.86%
Diciembre 2020	67.87%	7.96%	11.72%
Enero 2021	63.56%	9.59%	15.09%
TOTAL	65.14%	12.88%	19.77%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 55. Aumento en el parámetro de calidad de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, implementando un Poka Yoke en la etapa de cortado

Mes y año	Calidad actual	Calidad después de la implementación	Incremento
Octubre 2020	64.12%	70.89%	6.76%
Noviembre 2020	65.01%	71.81%	6.80%
Diciembre 2020	67.87%	72.84%	4.97%
Enero 2021	63.56%	69.16%	5.60%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 56. Aumento en nivel sigma de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, con la implementación de un Poka Yoke en la cortadora

Mes y año	Nivel Sigma actual	Nivel Sigma después de la implementación	Aumento
Octubre 2020	3.83 σ	3.85 σ	0.021
Noviembre 2020	3.82 σ	3.83 σ	0.013
Diciembre 2020	3.86 σ	3.87 σ	0.005
Enero 2021	3.85 σ	3.87 σ	0.015

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

4. Análisis indicador de efectividad global de equipos (OEE)

Cuadro 57. OEE calculado para el mes de octubre 2020 para la línea de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	OEE actual	OEE después de implementaciones
12-Oct-20	10.13%	17.40%
13-Oct-20	24.70%	35.26%
14-Oct-20	27.63%	38.44%
15-Oct-20	26.42%	36.80%
16-Oct-20	20.71%	29.85%
17-Oct-20	12.06%	19.79%
18-Oct-20	-	-
19-Oct-20	5.46%	10.70%
20-Oct-20	2.74%	5.86%
21-Oct-20	4.28%	8.35%
22-Oct-20	8.46%	14.23%
23-Oct-20	27.62%	38.45%
24-Oct-20	17.37%	27.52%
25-Oct-20	-	-
26-Oct-20	12.53%	21.33%
27-Oct-20	4.99%	9.70%
28-Oct-20	11.40%	18.14%
29-Oct-20	18.89%	27.52%
30-Oct-20	24.46%	34.26%
31-Oct-20	4.38%	6.44%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 58. OEE calculado para el mes de noviembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	OEE actual	OEE después de implementaciones
9-Nov-20	2.32%	5.15%
10-Nov-20	4.38%	7.49%
11-Nov-20	3.61%	6.39%
12-Nov-20	7.88%	12.16%
13-Nov-20	6.46%	10.34%
14-Nov-20	26.34%	35.57%
15-Nov-20	-	-
16-Nov-20	39.39%	49.09%
17-Nov-20	19.44%	25.86%
18-Nov-20	2.79%	5.15%
19-Nov-20	-	-
20-Nov-20	-	-
21-Nov-20	8.68%	11.12%
22-Nov-20	-	-
23-Nov-20	27.52%	36.55%
24-Nov-20	6.96%	10.85%
25-Nov-20	5.92%	7.55%
26-Nov-20	-	-
27-Nov-20	6.72%	8.50%
28-Nov-20	31.45%	39.91%
29-Nov-20	17.80%	24.14%
30-Nov-20	17.16%	24.77%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 59. OEE calculado para el mes de diciembre 2020 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	OEE actual	OEE después de implementaciones
2-Dec-20	5.01%	8.68%
3-Dec-20	34.87%	43.71%
4-Dec-20	31.47%	39.95%
5-Dec-20	17.17%	24.78%
6-Dec-20	-	-
7-Dec-20	21.06%	28.94%
8-Dec-20	28.27%	36.07%
9-Dec-20	29.76%	38.26%
10-Dec-20	11.74%	16.80%
11-Dec-20	24.12%	31.76%
12-Dec-20	15.69%	22.43%
13-Dec-20	-	-
14-Dec-20	0.56%	1.06%
15-Dec-20	6.66%	10.41%
16-Dec-20	12.59%	17.83%
17-Dec-20	27.48%	35.13%
18-Dec-20	28.29%	36.01%
19-Dec-20	22.18%	29.16%
20-Dec-20	17.63%	24.12%
21-Dec-20	3.92%	6.94%
22-Dec-20	8.45%	12.60%
23-Dec-20	14.02%	19.54%
24-Dec-20	1.74%	2.85%
25-Dec-20	27.94%	37.54%
26-Dec-20	15.55%	21.33%
27-Dec-20	28.88%	36.77%
28-Dec-20	27.76%	35.45%
29-Dec-20	38.84%	48.17%
30-Dec-20	27.18%	34.95%
31-Dec-20	2.93%	2.94%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 60. OEE calculado para el mes de enero 2021 para la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura

Fecha	OEE actual	OEE después de implementaciones
5-Jan-21	1.38%	2.63%
6-Jan-21	10.24%	15.32%
7-Jan-21	16.90%	23.09%
8-Jan-21	29.91%	38.04%
9-Jan-21	27.64%	35.52%
10-Jan-21	-	-
11-Jan-21	0.88%	1.76%
12-Jan-21	22.78%	29.90%
13-Jan-21	33.89%	42.51%
14-Jan-21	30.52%	38.43%
15-Jan-21	31.45%	39.57%
16-Jan-21	21.76%	29.48%
17-Jan-21	-	-
18-Jan-21	2.72%	3.83%
19-Jan-21	30.03%	38.03%
20-Jan-21	26.22%	34.41%
21-Jan-21	7.18%	11.24%
22-Jan-21	4.98%	8.13%
23-Jan-21	4.28%	7.97%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

Cuadro 61. Indicador de efectividad global del equipo de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura

Mes y año	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación	Clasificación
Octubre 2020	14.68%	8.90%	60.66%	Inaceptable
Noviembre 2020	13.81%	11.43%	82.76%	Inaceptable
Diciembre 2020	18.99%	10.78%	56.75%	Inaceptable
Enero 2021	17.81%	12.28%	68.95%	Inaceptable
TOTAL	16.67%	10.96%	65.74%	Inaceptable

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

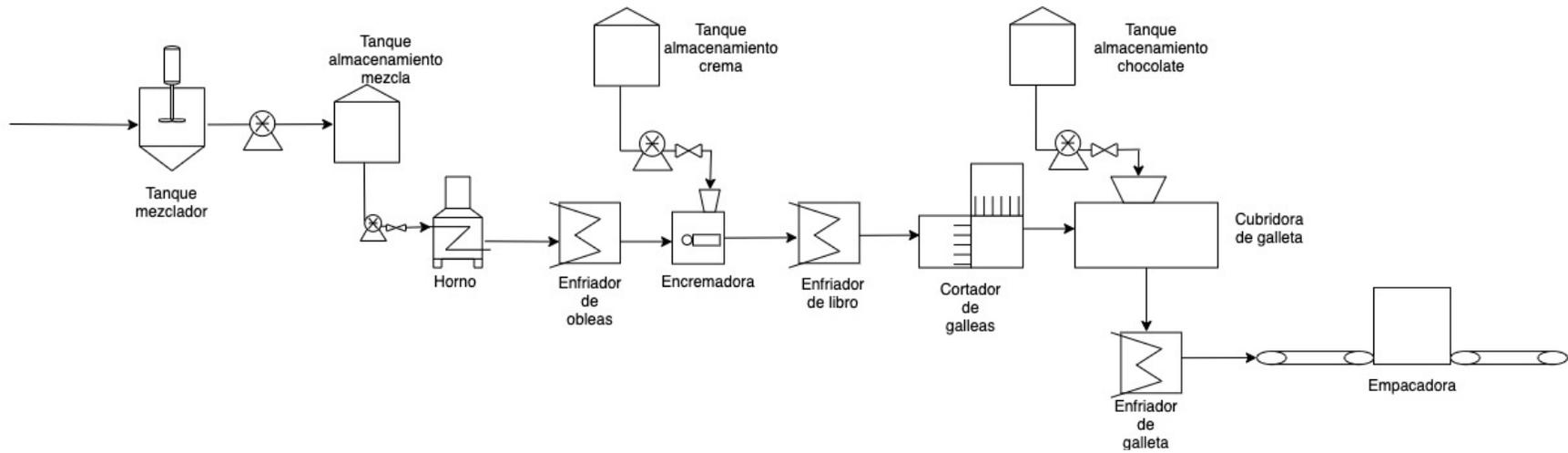
Cuadro 62. Aumento en el indicador de efectividad global de equipos de la línea 3 de galleta gofre, con y sin cobertura, implementando un Poka Yoke en la etapa de cortado

Mes y año	OEE actual	OEE después de las implementaciones	Incremento
Octubre 2020	14.68%	23.36%	8.68%
Noviembre 2020	13.81%	19.98%	6.17%
Diciembre 2020	18.99%	26.41%	7.42%
Enero 2021	17.81%	24.74%	6.93%

Fuente: Elaboración propia, realizado con información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021.

D. Diagramas

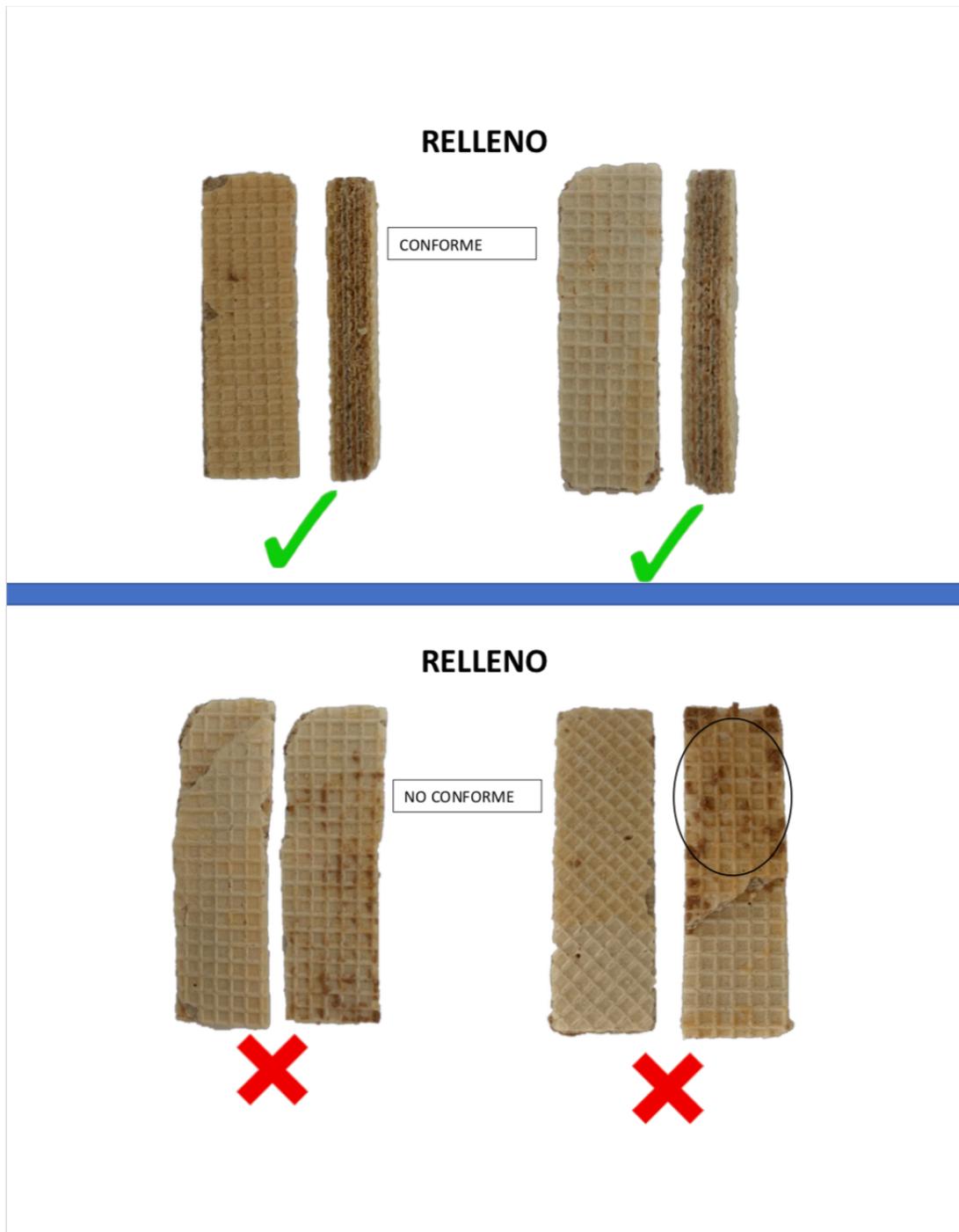
Figura 21. Diagrama de flujo de la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura



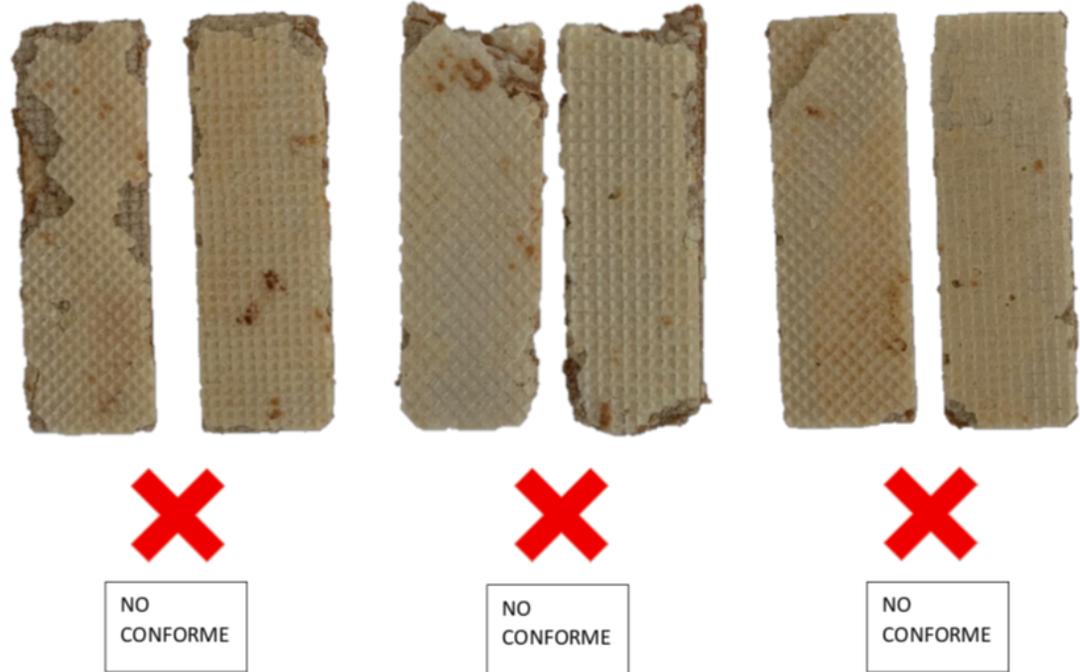
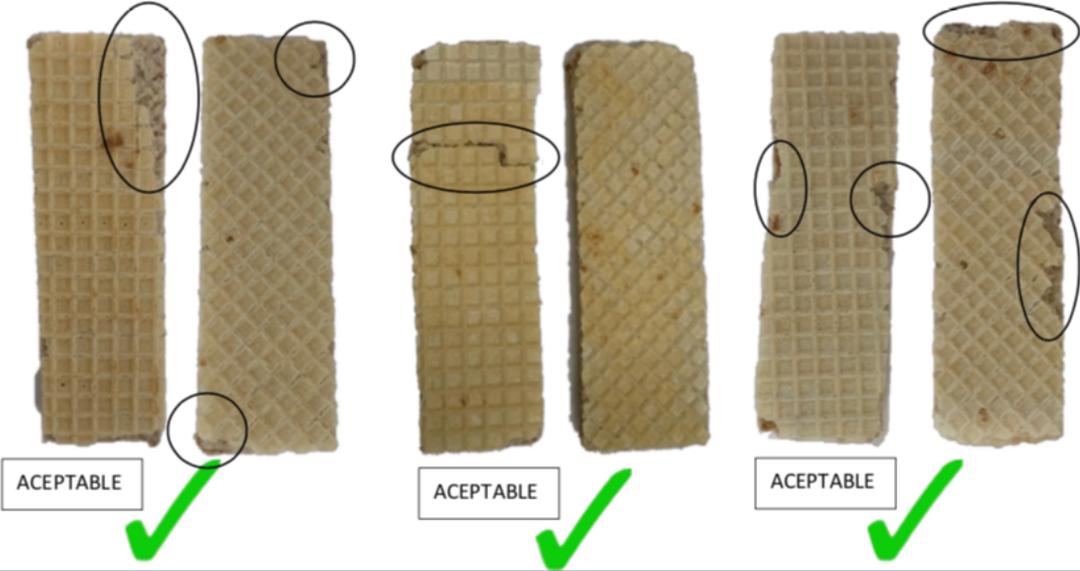
Fuente: Elaboración propia, realizado a partir de información proveída por la empresa en el mes de marzo 2021

E. Poka Yoke implementado

Figura 22. Poka Yoke implementado en la etapa de cortado en la línea 3 de producción de galleta gofre, con y sin cobertura



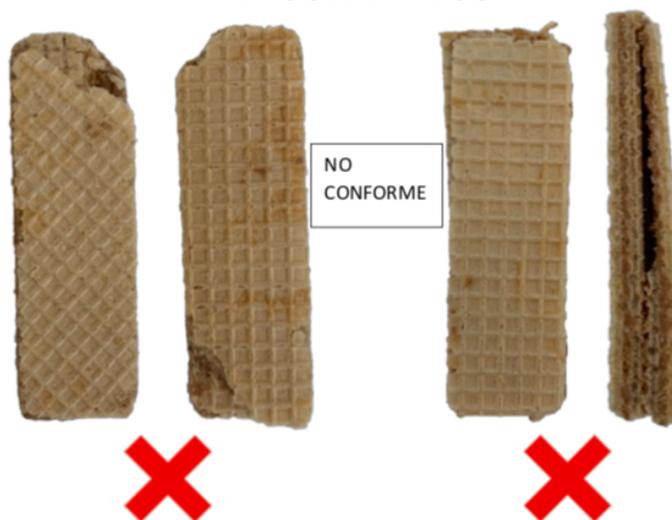
QUEBRADOS



INCOMPLETOS



INCOMPLETOS



Fuente: Elaboración propia