

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Propuesta de mejoras en una línea manual de llenado y embalado de 3 tipos de formatos de condimentos para optimizar los costos y aumentar la productividad mediante el levantamiento de proceso, herramientas de producción e indicadores del último año en la empresa Nestlé ubicada en la Ciudad de Guatemala.

Trabajo de graduación presentado por Ayda Alejandra Sulecio Leal para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala,

2024

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Propuesta de mejoras en una línea manual de llenado y embalado de 3 tipos de formatos de condimentos para optimizar los costos y aumentar la productividad mediante el levantamiento de proceso, herramientas de producción e indicadores del último año en la empresa Nestlé ubicada en la Ciudad de Guatemala.

Trabajo de graduación presentado por Ayda Alejandra Sulecio Leal para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala,

2024

Vo.Bo.


Firma:  _____

Inga. Dulce María Chacón Muñoz

Tribunal Examinador:

Firma:  _____

Inga. Dulce María Chacón Muñoz

Firma:  _____

Inga. Ingrid Lorena De León Vilaseca

Firma:  _____

Ing. Julio Emmanuel Gálvez Quevedo

Fecha de aprobación del examen de graduación:

Guatemala, 4 de diciembre del 2024

Prefacio

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este proceso. Les agradezco a mis profesores y asesor por su invaluable orientación y apoyo en el desarrollo de este trabajo. Por compartir conmigo todos los conocimientos que tienen y por siempre brindarme un espacio para seguir aprendiendo. A mis amigos, por hacer de esta etapa universitaria una experiencia inolvidable. Gracias por la amistad que hemos podido construir a lo largo de estos años, y por el apoyo que me han brindado durante este tiempo. Añorare siempre las horas de estudio, risas y experiencias compartidas. Al igual le agradezco a Nestlé Guatemala por confiarme este proyecto, por la comunicación y asesoría que me brindaron durante todo este tiempo.

Finalmente les quiero agradecer a las personas por las cuales soy capaz de entregar este trabajo de graduación, a mi familia. A mis padres, no tengo palabras que puedan describir lo agradecida que estoy por cada sacrificio y esfuerzo que han hecho por mí. Han sido mi fuente de inspiración para cada una de las cosas que he hecho, gracias por enseñarme la importancia de la pasión, esfuerzo y la perseverancia. Gracias por siempre rodearme de amor y por ser los mejores modelos a seguir.

A mis hermanos y a mi novio, por siempre brindarme todo su apoyo y amor incondicional. Gracias por todas las veces que me han escuchado, que me han hecho reír y principalmente por motivarme a seguir adelante. Ustedes son las personas más importantes que tengo en mi vida y cada uno de ustedes me han hecho una mejor persona. Sé que sin ustedes nada de esto hubiera sido posible, por lo que este logro es también para ustedes.

Índice

Prefacio.....	i
Lista de cuadros.....	iv
Lista de figuras.....	x
Resumen	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	2
III. OBJETIVOS.....	3
IV. JUSTIFICACIÓN	4
V. ALCANCES Y LIMITACIONES	5
VI. MARCO TEÓRICO.....	7
6.1 FORMATO	7
6.2 LEVANTAMIENTO DE PROCESOS	7
6.3 DIAGRAMAS	7
6.4 ESTUDIO DE TIEMPOS	9
6.5 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS.....	9
6.6 SIMULACIÓN.....	10
6.7 COSTEO DE PRODUCCIÓN.....	10
6.8 MERMA DE PRODUCCIÓN.....	11
6.9 PRODUCCIÓN	12
6.10 INDICADORES	12
6.11 CONSTRUCCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	13
6.12 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	14
6.13 ANÁLISIS COMPARATIVO.....	15
6.14 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN.....	16
VII. METODOLOGÍA	18
7.1 LEVANTAMIENTO DE PROCESO DEL ESTADO ACTUAL.....	18
7.2 MEJORAS DEL ESTADO ACTUAL DE PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	21
7.3 ESTRATEGIAS DE MEJORA.....	23
7.4 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS.....	26
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
8.1 FASE UNO: LEVANTAMIENTO DE PROCESO ACTUAL	29
8.2 FASE DOS: ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD	67
8.3 FASE TRES: ESTRATEGIAS DE MEJORA.....	83
8.4 FASE CUATRO: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS	111
IX. CONCLUSIONES.....	123
X. RECOMENDACIONES.....	125
XI. BIBLIOGRAGÍA	126

XII.	APÉNDICE O ANEXO.....	131
-------------	------------------------------	------------

Lista de cuadros

Cuadro 1.Desglose de holguras Op1_ formato 1	34
Cuadro 2. Holguras formato 1	34
Cuadro 3.Rúbrica de calificación de desempeño de las operarias	35
Cuadro 4.Calificaciones de desempeño formato	35
Cuadro 5.Resultados estudio de tiempos para el formato 1	35
Cuadro 6.Porcentaje de ocupación formato 1	36
Cuadro 7.Distribuciones de datos para el formato 1	37
Cuadro 8.Resultado simio para la operación 1_ formato 1	38
Cuadro 9.Resultados simio tiempos de espera, operación-inspección 1 _ formato 1 ..	39
Cuadro 10.Resultados de las entidades para la operación-inspección1_ formato1	39
Cuadro 11.Resultados simio tiempos de espera, operación 2_ formato 1	40
Cuadro 12.Resultados de las entidades para la operación 2_ formato1	40
Cuadro 13.Resultados simio tiempos de espera, operación 3_ formato 1	41
Cuadro 14.Resultados de las entidades para la operación 2_ formato1	41
Cuadro 15.Resultados simio operación 4_ formato 1	41
Cuadro 16.Resultados de las entidades para la operación 4_ formato1	42
Cuadro 17.Resultados simio operación 5_ formato 1	42
Cuadro 18.Resultados de las entidades para la operación 5_ formato1	43
Cuadro 19.Resultados estudio de movimientos formato 1	43
Cuadro 20.Holguras formato 2	48
Cuadro 21.Calificaciones de desempeño formato 2	49
Cuadro 22.Resultados estudio de tiempos para el formato 2	49
Cuadro 23.Porcentaje de ocupación formato 2	50
Cuadro 24.Distribuciones de datos para el formato 2	51
Cuadro 25.Resultado simio para la operación 1_ formato 2	52
Cuadro 26.Resultado simio tiempos de espera, operación-inspección 1_ formato 2 ...	52
Cuadro 27.Resultados de las entidades para la operación-inspección 1_ formato2	53
Cuadro 28.Resultado simio tiempos de espera, operación 2_ formato 2	53
Cuadro 29.Resultados de las entidades para la operación 2_ formato2	54
Cuadro 30.Resultado simio tiempos de espera, operación 3_ formato 2	54
Cuadro 31.Resultados de las entidades para la operación 3_ formato2	54
Cuadro 32.Resultado simio tiempos de espera, operación 5_ formato 2	55
Cuadro 33.Resultados de las entidades para la operación 5_ formato2	55
Cuadro 34.Resultados estudio de movimientos formato 2	55
Cuadro 35.Holguras formato 3	60
Cuadro 36.Calificaciones de desempeño formato 3	60

Cuadro 37.Resultados estudio de tiempos formato 3.....	61
Cuadro 38.Porcentaje de ocupación formato 3	61
Cuadro 39.Distribuciones de datos para el formato 3.....	62
Cuadro 40.Resultado simio para la operación 1 _formato 3.....	63
Cuadro 41.Resultado simio tiempos de espera, operación-inspección 1 _formato 3 ...	64
Cuadro 42.Resultados de las entidades para la operación-inspección 1 _formato3	64
Cuadro 43.Resultados simio tiempos de espera, operación 2 _formato 3	64
Cuadro 44.Resultados de las entidades para la operación 2 _formato 3.....	65
Cuadro 45.Resultado simio para la operación 3 _formato 3.....	65
Cuadro 46.Resultados de las entidades para la operación 3 _formato 3.....	65
Cuadro 47.Resultado simio para la operación 4 _formato 3.....	66
Cuadro 48.Resultados de las entidades para la operación 4 _formato 3.....	66
Cuadro 49.Resultados estudio de movimientos formato 3	66
Cuadro 50. Resultado pesos netos formato 1	67
Cuadro 51.Tolerancias de proceso formato 1	68
Cuadro 52.Índices de capacidad de proceso formato 1.....	68
Cuadro 53.Resultado pesos tara formato 1	69
Cuadro 54.Resultado pesos bruto formato 1	70
Cuadro 55.Tolerancias de peso bruto del proceso formato 1.....	70
Cuadro 56.Índices de capacidad de pesos brutos del proceso formato 1.....	71
Cuadro 57.Resultados pesos netos formato 2	71
Cuadro 58.Tolerancias de peso neto del proceso formato 2	71
Cuadro 59.Índices de capacidad de pesos netos del proceso formato 2	72
Cuadro 60.Resultados pesos tara formato 3.....	72
Cuadro 61.Resultados pesos bruto formato 2	73
Cuadro 62.Tolerancias de peso tara del proceso formato 2.....	73
Cuadro 63.Índices de capacidad de pesos bruto del proceso formato 2	74
Cuadro 64.Resultados pesos netos formato 3	74
Cuadro 65.Tolerancias de peso neto del proceso formato 3	75
Cuadro 66.Índices de capacidad de pesos neto del proceso formato 3.....	75
Cuadro 67.Resultados pesos tara formato 3.....	76
Cuadro 68.Resultados pesos brutos formato 3.....	76
Cuadro 69. Tolerancias de bruto tara del proceso formato 3	77
Cuadro 70.Índices de capacidad de pesos bruto del proceso formato 3	77
Cuadro 71. Perdidas de la producción	78
Cuadro 72. Horas-máquina totales formatos	78
Cuadro 73. Costo total por caja.....	78
Cuadro 74.Costos de conversión por formato.....	79
Cuadro 75. Kw-Hr directa según formato.....	79

Cuadro 76.Costo por energía/caja según formato	79
Cuadro 77. Depreciación por caja según formato	80
Cuadro 78.Costo de mano de obra/caja según formato	80
Cuadro 79.Estándares de producción Nestlé 2024	81
Cuadro 80.Comparación velocidad de la línea (cajas/hora)	81
Cuadro 81.Comparación velocidad de la línea (unidades/min)	82
Cuadro 82. Comparación velocidad de la línea (unidades/hora)	82
Cuadro 83.Inversión de automatización	84
Cuadro 84.Aspectos técnicos de la máquina dosificadora.....	87
Cuadro 85.Aspectos técnicos de la plataforma de pesado	88
Cuadro 86.Inversión total de propuesta formato 1 y 3.....	89
Cuadro 87. Producción método actual-formato 1	90
Cuadro 88.Producción método propuesto-formato 1	90
Cuadro 89.Distribuciones formato 1 – propuesta	91
Cuadro 90. Resultados simio op1_ formato 1 (método propuesto)	92
Cuadro 91. Resultados simio, tiempos de espera op2_ formato 1 (método propuesto)	93
Cuadro 92. Resultado de entidades de la simulación (método propuesto) - Op1 formato 1	93
Cuadro 93. Resultado del % de utilización Op1-formato 1	94
Cuadro 94. Resultados simio (método propuesto) Op3 - formato 1	94
Cuadro 95.Resultados simio de espera (método propuesto) Op3- formato 1	94
Cuadro 96.Resultado simio unidades (método propuesto) Op3- formato 1	95
Cuadro 97. Producción método actual - formato 2	95
Cuadro 98. Producción método propuesto - formato 2	96
Cuadro 99. Distribuciones formato 2 - método propuesto.....	97
Cuadro 100. Resultado simio método propuesto (Op1-formato 2).....	97
Cuadro 101. Resultado simio método propuesto Op2-formato 2	98
Cuadro 102.Resultado simio unidades método propuesto Op2- formato 2	98
Cuadro 103. Resultados simio método propuesto Op3-formato 2.....	99
Cuadro 104. Resultado unidades método propuesto Op3 - formato 2.....	99
Cuadro 105. Producción método actual - formato 3	100
Cuadro 106. Producción método propuesto - formato 3.....	100
Cuadro 107. Distribuciones formato 3 - método propuesto.....	101
Cuadro 108. Resultado simio método propuesto Op1 - formato 3	102
Cuadro 109. Resultados simio tiempos de espera método propuesto Op2- formato 3	102
Cuadro 110. Resultados simio unidades método propuesto Op2-formato 3	103
Cuadro 111.Resultados simio % de ocupación Op2-formato 3	103

Cuadro 112. Resultado simio tiempos de espera, método propuesto Op3- formato 3	103
Cuadro 113. Resultados simio unidades método propuesto Op3 - formato 3	103
Cuadro 114. Resultados simio unidades método propuesto Op3- formato 3	104
Cuadro 115. Nivel de riesgos método propuesto - formato 1,2 y 3	104
Cuadro 116. Variación de producción formato 1.....	109
Cuadro 117. Variación de producción formato 2.....	109
Cuadro 118. Variación de producción formato 3.....	109
Cuadro 119. Variación horas-máquina	110
Cuadro 120. Variación de costo totales de cajas anuales.....	110
Cuadro 121. Variación de costo unitario	111
Cuadro 122. Costos de variación mejora propuesta.....	117
Cuadro 123. Variación de energía - mejora propuesta.....	117
Cuadro 124. Costos de energía/caja - mejora propuesta.....	118
Cuadro 125. Tarifa de depreciación extra.....	118
Cuadro 126. Depreciación actual y mejora.....	119
Cuadro 127. Depreciación por caja - mejora	119
Cuadro 128. Costo de mano de obra - mejora	119
Cuadro 129. Costos nuevo total - mejora.....	120
Cuadro 130. Resumen de costos formato 1	120
Cuadro 131. Resumen mejora formato 2	121
Cuadro 132. Resumen de mejora formato 3	121
Cuadro 133. Estudio de tiempos formato Op1- formato 1.....	131
Cuadro 134. Estudio de tiempos formato Op-Ins1- formato 1	133
Cuadro 135. Estudio de tiempos formato Op2- formato 1.....	135
Cuadro 136. Estudio de tiempos formato Op3- formato 1.....	139
Cuadro 137. Estudio de tiempos formato Op4- formato 1.....	142
Cuadro 138. Estudio de tiempos formato Op5- formato 1.....	142
Cuadro 139. Estudio de tiempos formato Op1- formato 2.....	143
Cuadro 140. Estudio de tiempos formato OpIns1- formato 2.....	149
Cuadro 141. Estudio de tiempos formato Op2- formato 2.....	152
Cuadro 142. Estudio de tiempos formato Op3- formato 2.....	157
Cuadro 143. Estudio de tiempos formato Op4- formato 2.....	157
Cuadro 144. Estudio de tiempos formato Op1- formato 3.....	158
Cuadro 145. Estudio de tiempos formato OpIns1- formato 3.....	160
Cuadro 146. Estudio de tiempos formato Op2- formato 3.....	163
Cuadro 147. Estudio de tiempos formato Op3- formato 3.....	166
Cuadro 148. Estudio de tiempos formato Op4- formato 3.....	166
Cuadro 149. Rúbrica de calificación de desempeño	167

Cuadro 150. Holguras OpIns1 – formato 1	167
Cuadro 151.Holguras Op2 - formato 1	167
Cuadro 152.Holguras Op3 - formato 1	168
Cuadro 153. Holguras Op5 - formato 1	168
Cuadro 154.Holguras Op1 - formato 2	168
Cuadro 155.Holguras OpIns1 - formato 2	169
Cuadro 156.Holguras Op2 - formato 2	169
Cuadro 157.Holguras Op4 - formato 2	169
Cuadro 158. Holguras Op1 - formato 3	170
Cuadro 159.Holguras OpIns1 - formato 3	170
Cuadro 160.Holguras Op2 - formato 3	170
Cuadro 161.Holguras Op4 - formato 3	171
Cuadro 162. Desempeño Op1 - formato 1	171
Cuadro 163.Desempeño OpIns1 - formato 1	171
Cuadro 164.Desempeño Op2 - formato 1	172
Cuadro 165.Desempeño Op3 - formato 1	172
Cuadro 166.Desempeño Op5 - formato 1	172
Cuadro 167.Desempeño Op1 - formato 2	173
Cuadro 168.Desempeño OpIns1 - formato 2	173
Cuadro 169.Desempeño Op2 - formato 2	173
Cuadro 170.Desempeño Op4 - formato 2	174
Cuadro 171.Desempeño Op1 - formato 3	174
Cuadro 172.Desempeño OpIns1 - formato 3	174
Cuadro 173.Desempeño Op2 - formato 3	175
Cuadro 174.Desempeño Op5- formato 3	175
Cuadro 175. Listado de therblig.....	176
Cuadro 176. Holguras recomendadas por ILO	177
Cuadro 177. Bimanual Op1 - formato 1	178
Cuadro 178. Bimanual OpIns1- formato 1	178
Cuadro 179.Bimanual Op2- formato 1	179
Cuadro 180.Bimanual Op3- formato 1	179
Cuadro 181.Bimanual Op5- formato 1	180
Cuadro 182. Bimanual Op4- formato 1	180
Cuadro 183.Bimanual Op1 - formato 2	186
Cuadro 184.Bimanual OpIns1 - formato 2	187
Cuadro 185.Bimanual Op2 - formato 2	187
Cuadro 186.Bimanual Op4 - formato 2	188
Cuadro 187.Bimanual Op1 - formato 3	188
Cuadro 188.Bimanual OpIns1 - formato 3	189

Cuadro 189. Bimanual Op2 - formato 3	189
Cuadro 190. Bimanual Op4- formato 3	190
Cuadro 191. Ponderación de riesgos.....	190
Cuadro 192. Tolerancias RTCA	191

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de procesos.....	8
Figura 2. Plano de planta	8
Figura 3. Diagrama de recorrido	9
Figura 4. Diagrama de distribución operación inspección 1 formato 1	21
Figura 5. Diagrama de operaciones formato 1	30
Figura 6. Gráfica de dispersión de datos Op-Ins1_ formato 1	31
Figura 7. Gráfica de dispersión de datos Op2_ formato 1	32
Figura 8. Gráfica de dispersión de datos Op3_ formato 1	32
Figura 9. Gráfica de dispersión de datos Op4_ formato 1	33
Figura 10. Diagrama de cajas y bigote Op5_ formato 1	33
Figura 11. Diagrama de recorrido formato 1	37
Figura 12. Simulación del formato 1	38
Figura 13. Diagrama de procesos formato 2	45
Figura 14. Gráfica de dispersión de datos Op1_ formato 2	46
Figura 15. Gráfica de dispersión de datos Op-Ins1_ formato 2	46
Figura 16. Gráfica de dispersión de datos Op2_ formato 2	47
Figura 17. Gráfica de dispersión de datos Op4_ formato 2	48
Figura 18. Diagrama de recorrido formato 2	51
Figura 19. Simulación del formato 2	52
Figura 20. Diagrama de operaciones formato 3	57
Figura 21. Gráfica de dispersión de datos Op1_ formato 2	58
Figura 22. Gráfica de dispersión de datos Op-Ins 1_ formato 2	58
Figura 23. Gráfica de dispersión de datos Op3_ formato 2	59
Figura 24. Gráfica de dispersión de datos Op5_ formato 2	59
Figura 25. Diagrama de recorrido formato 3	62
Figura 26. Simulación formato 3	63
Figura 27. Gráfica de control de procesos formato 1	68
Figura 28. Gráfica de pesos tara formato 1	69
Figura 29. Gráfica de control de procesos peso bruto formato 1	70
Figura 30. Gráfica de control del proceso formato 2	72
Figura 31. Gráfica de peso tara formato 2	73
Figura 32. Gráfica de control de proceso peso bruto formato 2	74
Figura 33. Gráfica de control de procesos formato 3	75
Figura 34. Gráfica pesos tara formato 3	76
Figura 35. Gráfica de control de proceso pesos bruto formato 3	77
Figura 36. Diagrama de recorrida - método propuesto (Formato 180g y 1kg).....	85

Figura 37. Diagrama de operaciones método propuesto - Formato 2 (20g)	86
Figura 38. Línea de producción propuesta.....	89
Figura 39. Diagrama de recorrido método propuesto – formato 1	91
Figura 40. Simulación formato 1 - mejora propuesta	92
Figura 41. Diagrama de recorrido - formato 2	96
Figura 42. Simulación formato 2 – mejora propuesta.....	97
Figura 43. Diagrama de recorrido formato 3 - mejora propuesta	101
Figura 44. Simulación formato 3 - mejora propuesta	102
Figura 45. Análisis Bow Tie - atrapamiento por cambio de tornillo sin fin	105
Figura 46. Análisis Bow Tie - colocación incorrecta de tornillo sin en compartimiento	105
Figura 47. Análisis Bow Tie - aplastamiento por big bag	106
Figura 48. Análisis Bow Tie - caída de tornillo sin fin o otro materiales	107
Figura 49. Análisis Bow Tie - falta de ergonomía.....	108
Figura 50. Fases de implementación de mejora.....	112
Figura 51. Plan de implementación de mejora.....	113
Figura 52. Diagrama de Gantt - plan de implementación de la mejora	116

Resumen

El presente trabajo de graduación tiene como propósito optimizar los costos a través del aumento en la productividad en una línea de llenado y embalado de condimentos en la empresa Nestlé, ubicada en la Ciudad de Guatemala. La línea trabaja manualmente y producen tres tipos de formatos diferentes. Se buscará proponer una mejora aumentando la productividad a través de automatizaciones o semi automatizaciones en la línea.

Se realizó un levantamiento de procesos utilizando herramientas de producción, simulación y diagramas para analizar la productividad que actualmente tiene el proceso. De esta manera, se obtuvo un conocimiento más completo de las operaciones que se llevan a cabo en la línea, desde que ingresa el producto para el llenado hasta que este es embalado. A partir del levantamiento de procesos, se analizó la productividad del estado actual para identificar oportunidades de mejora, y así, poder proponer una estrategia semi automatizada o automatizada que permita aumentar la productividad.

Para lograr esto, se hizo uso de indicadores de productividad, indicadores financieros e indicadores de requerimientos técnicos. Por último, se trabajó una propuesta de plan de implementación que permitió analizar los costos de la estrategia determinada, empleando un desglose de trabajo y los costos del proceso. Al finalizar este proyecto, la empresa Nestlé Guatemala contará con todas las herramientas necesarias para cuando deseen implementar estas mejoras a su línea de producción. De esta manera, podrán seguir automatizando sus líneas de producción fomentando la productividad y la optimización de sus costos.

Abstract

This graduation project aims to optimize costs by increasing productivity in a filling and packaging line for condiments at Nestlé, located in Guatemala City. The line operates manually and produces three different formats. The goal is to propose improvements by enhancing productivity through automation or semi-automation on the line.

A process analysis was conducted using production tools, simulations, and diagrams to assess the current productivity of the process. This provided a more comprehensive understanding of the operations carried out on the line, from when the product enters for filling until it is packaged. Based on the process analysis, the productivity of the current state was evaluated to identify improvement opportunities and propose a semi-automated or automated strategy that allows for increased productivity.

To achieve this, productivity, financial, and quality indicators were utilized, along with technical and economic requirements. Finally, a proposed implementation plan was developed to analyze the costs of the determined strategy, employing a work breakdown and cost analysis of the process. By the end of this project, Nestlé Guatemala has all the necessary tools to implement these improvements in their production line when they choose to do so. In this way, they will be able to continue automating their production lines, making them more productive and optimizing their costs.

I. Introducción

Nestlé es una empresa de alimentos y bebidas que cuenta con más de 2,000 marcas como condimentos, cereales, leches, chocolates entre otros. Nestlé tiene presencia en 186 países alrededor del mundo y en 1970 llegó a Guatemala, ubicándose en la Antigua Guatemala. Las industrias de Nestlé trabajan hacia un mismo propósito: el poder desarrollar todo el poder de la alimentación para mejorar la calidad de vida, hoy y para las futuras generación.

Nestlé Guatemala cuenta con dos plantas de producción una en Antigua Guatemala y otra en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala (tras la compra de la empresa Malher en el 2010). Ambas plantas producen tanto para el mercado local como para la exportación a más de doce países en América. La fábrica ubicada en zona 12 es reconocida por la producción de su marca Malher. Entre ambas fabricas sus productos más famosos se encuentran las sopas, consomés, condimentos y jugoso a la sartén.

La fábrica de Nestlé zona 12, originalmente se llamaba Malher, fue una empresa fundada en 1957, quienes se volvieron líderes en productos culinarios y bebidas en polvo del mercado guatemalteco. Y en septiembre del 2010, Nestlé compró a esta empresa nacional ya que identificó la oportunidad de poder estar más cerca de los consumidores con ambas marcas. Con esta compra, Nestlé fortaleció su posicionamiento en el sector culinario.

En este trabajo de graduación, se optimizaron los costos de una línea de producción de llenado y embalado de condimentos de Nestlé ubicado en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala. Esta línea actualmente opera de una manera 100% manual desde el inicio de su proceso el cual es el llenado del producto en polvo a sus distintos formatos (sobres y botes con distintos gramajes) hasta el embalaje final en tarima. En esta línea se producen una variedad de condimentos en 3 formatos diferentes. Y los tipos tres de formatos que se manejan son sobres con gramaje de 20g g, botes de 180g, 1kg. Todos los formatos y productos se llenan y embalan en la misma línea, la cual cuenta con cinco operarios trabajando 3 turnos al día cinco días a la semana.

Para este trabajo de graduación, se hizo un levantamiento de procesos para conocer cómo se encuentra el proceso. Se prosiguió con el análisis de productividad a través de los pesos netos y tiempos de producción. Esto con el objetivo de poder tener un punto de partido para proponer las mejoras. De esta manera se continuó con las propuestas de mejora a través de la automatización o semi automatización, estudiando tantos los requisitos técnicos como económicos. Y por último se trabajó en el plan de implementación de la mejora propuesta y en el desglose de sus costos para confirmar la optimización de los costos.

II. Antecedentes

Se tuvo la oportunidad de realizar visitas a la planta de producción de Nestlé Guatemala, en donde fueron compartidos ciertos datos sobre la línea. Previo a proponer algún tipo de mejora, es necesario conocer aspectos que componen esta línea de producción. Como se mencionó anteriormente esta línea de producción trabaja con distintos productos y formatos. Entre los productos están una variedad de condimentos y sazones. En cuanto a los formatos, estos son las presentaciones de los productos según su gramaje, entre estos existen sobres de 10g a 26g, botes de 180g y botes desde 1kg a 2.3kg. Por indicaciones de Nestlé Guatemala, para este trabajo de graduación se evaluaron únicamente tres formatos siendo estos sobres de 20g, bote de sazón de 180g y bote de 1kg.

Esta producción la llevo a cabo cinco operarias que trabajan un turno de 8 horas, 7 días a la semana. Teniendo 15 minutos durante su turno de refrigerio y 30 minutos de comida. En la misma línea se producen distintos formatos, se cuenta con tres paros planeados que permiten el cambio de producto. Al primer paro se le denomina “Cambio de producto” y tiene una duración de 20 minutos, durante este paro las operarias se encargan de guardar todo el equipo utilizado durante la producción, entre estos equipos están los cucharones y recipientes.

Luego se realiza la “Limpieza de fin de turno” el cual tiene una duración de 10 minutos. Durante este tiempo las operarias limpian tanto la superficie de las mesas como el suelo, con el objetivo de que el producto que estaba siendo producido no deje ni un rastro para la elaboración del siguiente producto. El último paro que se tiene es el de “Arranque de línea” en donde las operarias acomodan la línea según el formato y producto a producir, por lo que traen la materia prima de empaque, el producto a llenar y equipos necesarios.

Durante el tiempo de arranque de línea, se lleva a cabo una de las operaciones más importantes para asegurar los estándares de peso del producto. Esta operación es la tara de la balanza que se utiliza para verificar y ajustar los pesos de los distintos formatos. Para realizar esto la operaria toma 8 muestras de los formatos vacíos y los pesa. Al tener las 8 mediciones se toma el peso más alto y se utiliza este para tarar la balanza. Media vez la balanza este tarada se puede iniciar con el proceso.

Entre los equipos indispensables que se utilizan en la línea están los cucharones, estos utensilios son con los que se llena el formato. Es importante destacar que para cada tipo de formato se tiene un cucharón designado, ya que las medidas de estos están estandarizadas para hacer del llenado inicial el más preciso. Aunque la gran parte de este proceso se ejecuta de manera manual se utilizan tres máquinas, durante el proceso. La primera maquinaria son las basculas de mesa de Mettler Toledo, según la cantidad de personas que realizan la operación de ajuste es la cantidad de basculas que se utilizan.

También tienen una máquina selladora de Pillar Technologies que se utiliza para los formatos que son botes. Ya que usa calor para pegar el liner de la tapadera al bote y sellar por completo el producto. Y la última maquinaria con la que se cuenta en el proceso es la codificadora, la cual a través de una impresión en aerosol imprime la fecha de caducidad para cada uno de los productos.

III. Objetivos

3.1 Objetivo general

Proponer mejoras en una línea manual de llenado y embalado de tres tipos de formatos de condimentos para optimizar los costos y aumentar la productividad mediante el levantamiento de proceso, herramientas de producción e indicadores del último año en la empresa Nestlé ubicada en la Ciudad de Guatemala.

3.2 Objetivo específico 1

Realizar el levantamiento de procesos del estado actual para determinar la productividad mediante herramientas de producción, simulación y diagrama DOP.

3.3 Objetivo específico 2

Analizar la productividad del estado actual para identificar oportunidades de mejora mediante indicadores de peso neto, tasa de defectos, tiempos de producción y costo unitario.

3.4 Objetivo específico 3

Proponer estrategias de mejora automatizadas o semi automatizadas para aumentar la productividad mediante simulaciones en SIMIO y la comparación con el estado actual de requisitos técnicos y económicos.

3.5 Objetivo específico 4

Desarrollar el plan de implementación para analizar los costos de la propuesta mediante la creación de un desglose de trabajos y los costos del proceso.

IV. Justificación

Con la llegada de la industria 4.0, muchas empresas han ido tras la búsqueda de optimizar sus costos a través de la mejora en su producción utilizando recursos tecnológicos como las automatizaciones o semi automatizaciones. Nestlé no es la excepción. Según la encuesta anual de las “50 compañías más admiradas del mundo”, la compañía recibió los puntos más altos en las categorías de innovación, calidad del manejo, calidad de productos y competitividad global (Nestlé, 2013). Por lo que se refleja los esfuerzos de esta compañía a estar mejorando y actualizando sus procesos a las nuevas novedades de la industria sin perder su esencia.

Según I&N, “De 2019 a la fecha, han invertido más de US \$50 millones en reforzar su producción en fábricas, tecnologías, ampliación de portafolio y, sobre todo, en los beneficios a los colaboradores, que son el activo máspreciado para Nestlé”. Todos estos esfuerzos han sido con el fin de poder incrementar su productividad haciendo más eficiente sus procesos a través de las nuevas tecnologías. Nestlé se ha enfocado en mejorar las líneas de producción más grandes de las fábricas que han dejado las líneas más pequeñas sin ningún tipo de actualización. La línea en la que se desarrollo este trabajo de graduación actualmente muestra distintas deficiencias en su proceso, por ser un proceso 100% manual. Esto para Nestlé se ve reflejado en sus costos ya que, aunque se esté produciendo no es de la manera más efectiva posible.

Como se menciona antes, para Nestlé uno de sus principales activos son sus colaboradores, por lo que también desean de convertir sus operaciones a unas más sencillas y menos fatigosas. De esta manera podrán seguir laborando, pero en una línea de producción más amistosa y sana. Además, Nestlé, desea empezar a producir de una manera más consciente, produciendo lo necesario sin desperdiciar materia prima o materia de empaque siendo así más consciente con el ambiente.

Con esta línea de producción, se busca demostrar que hacer estos cambios son de suma importancia para la compañía y las industrias del país. Se optimizaron los costos mejorando las ineficiencias en el proceso a través del aumento en la productividad. Este trabajo fue beneficioso ya que abrió las puertas al desarrollo de nuevos proyectos de mejoras continuas en las distintas líneas de producción en Nestlé. De esta manera se podrá aportar a la introducción de tecnologías en las industrias, haciendo de estas el mejor uso para la compañía y el personal.

V. Alcances y limitaciones

Para garantizar el cumplimiento de este trabajo de graduación, se establecieron los alcances del proyecto con el fin de garantizar que se dispongan de los recursos como el tiempo necesario para cumplirlo. Al igual se consideraron distintos aspectos que pudieron ser limitantes en su desarrollo. Para el proyecto de propuesta de mejora en una línea manual de llenado y embalado de condimentos, existieron ciertas limitantes debido a que actualmente esta línea de proceso está activa. El presente trabajo de graduación fue asignado durante el mes de diciembre y se visitó dos veces la planta de producción para llevar a cabo la primera fase del proyecto. Tomando esto en cuenta, se consideró que si se tiene el tiempo suficiente para poder elaborar este trabajo de graduación con una fecha estipulada de finalización para las primeras semanas de septiembre del presente año.

Actualmente, para este proyecto se contaba con fuentes primarias públicas de información de los procesos de producción de Nestlé. Únicamente se contó con la información que se tiene en las páginas oficiales de Nestlé Centroamérica y Nestlé Global, que sirvieron para fundamentar las mejoras que se desean hacer. Sin embargo, Nestlé Guatemala aceptó proporcionar esta información para la elaboración de este trabajo de graduación. Por lo que las fuentes primarias de información se obtuvieron a través de las visitas a la planta de producción y entrevistas tanto a los operarios como a las personas administrativas para la comprensión total de este proceso. Por consiguiente, la empresa proporcionó los datos que sean relevantes para este trabajo. De igual manera, para la investigación complementaria como tipos de maquinaria, planes de implementación, seguridad entre otros se obtuvieron de fuentes secundarias como trabajos de investigación previamente realizados, libros e investigación en internet utilizando siempre fuentes confiables.

Por otro lado, se tomó en consideración la disponibilidad de los recursos para elaborar este proyecto. En las distintas fases en las que se compone este trabajo, fue necesario la utilización de distintas herramientas tecnológicas. El Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle de Guatemala cuenta con el Laboratorio de Diseño y Procesos. Este laboratorio cuenta con los programas de Simio Simulation, Input Analyzer, AutoCAD entre otros que son parte esencial de este trabajo de graduación. Por lo que, gran parte de la elaboración de este trabajo de graduación se llevó a cabo en el laboratorio. Por otro lado, el laboratorio cuenta con herramientas auxiliares como metros, medidores de ruido, medidores de temperaturas entre otros que también están disponibles para los estudiantes. Por lo que, sí se contó con los recursos necesarios para finalizar este trabajo de graduación.

Como se mencionó anteriormente, la línea de producción de este proyecto se encuentra operando, por lo que existieron distintas limitaciones para el estudio. Una de las principales limitantes que se tuvo para este proyecto fueron las visitas a la línea de producción en la planta de Nestlé Guatemala. Esto se debió a que cada mes se genera un horario de producción por turno para esta línea, por lo que hacer el levantamiento de proceso se vio limitado tanto por el propio horario de producción de la línea como el horario de universidad y prácticas laborales para realizar las respectivas visitas. Otra de las limitaciones que se presentó en el proyecto, es el cambio repentino de operarios. Esta línea de producción trabaja con un personal asignado específico, por lo que, si esto llegara a cambiar durante el transcurso del trabajo es posible que la toma de datos se vea afectados.

Aunque el trabajo de graduación contó con fuentes primarias de información del proceso aun así esté depende de la rapidez en la que la compañía otorgue permisos de visitas y envíos de la información. Esta dependencia fue una limitante para el trabajo, ya que en algunas etapas del trabajo se tuvieron atrasos en el cumplimiento del cronograma por esperar información de Nestlé Guatemala. Aunque para evitar que esto sucediera, la compañía asignó a un asesor que fue de apoyo para la recolección de información durante el tiempo de duración del proyecto, tomando en cuenta que esta persona también debe de cumplir con su rol de trabajo. Al igual se tuvo como limitante el deseo la participación de los operarios. Ya que por el tipo de objetivo que tuvo el proyecto era posible que los operarios no desearan participar por miedo a perder su trabajo, aunque ese no fue el caso. Con base en esto fue importante que durante el tiempo de recolección de información del proceso se fuera muy cuidadoso en cómo se entrevista al personal operativo y como se visualizaba los procesos. A manera de cierre se establecido que las principales limitaciones que presenta este trabajo de graduación fueron para la primera fase del proyecto.

Nestlé Guatemala accedió a compartir datos clasificados de la compañía para la elaboración de este trabajo, por lo que se tiene la autorización de publicar el presente trabajo de graduación con la única condición de que los numerosa lleven un factor de cambio por temas de confidencialidad.

Los pilares principales en los que se elabora este trabajo de graduación con base en el perfil de egresado de ingeniería industrial de la Universidad del Valle de Guatemala. Estas competencias proporcionan a los estudiantes una formación sólida de estudio y forma profesional innovadores, imaginativos y ávidos de nuevos conocimientos. Se pretendía que durante el desarrollo de este trabajo se piense de manera crítica y analítica, se utilicen la tecnología de manera adecuada, que se aprende autónomamente entre otras habilidades. Por lo que el proyecto puso en práctica las siguientes áreas de excelencia: procesos y producción, economía y finanzas y, por último, proyectos industriales, de servicio y sociales.

Este trabajo de graduación tiene un enfoque en procesos y producción ya que se mejoró un sistema de procesos en una línea de producción de alimentos con conocimientos de la industria 4.0 (automatización y simulación) para poder tomar decisiones que agreguen valor a la operación. El enfoque de economía y finanzas se basó en la interpretación de la información financiera y económica que permitió en este caso mejorar los costos de la línea. Y, por último, la competencia de proyectos industriales, de servicio o sociales, su enfoque se dio en la planificación del plan de implementación para la mejor solución tomando en cuenta factores de tiempos, costo y calidad.

VI. Marco teórico

6.1 Formato

Formato se refiere a la presentación del producto en donde su principal característica es el gramaje que lo compone. En este trabajo de graduación se trabajó con tres formatos: formato 1 de 180g, formato 2 de 20g y formato 3 de 1kg.

6.2 Levantamiento de procesos

Es una forma en que se representa de la manera más exacta posible un proceso a través de la identificación de actividades, tareas y recursos para lograr un producto o servicio determinado. A partir del levantamiento de procesos se puede entender que se hace y como se hace para posteriormente establecer cambios o mejoradas orientados a la mejora de resultados. (Medwave, 2011)

Para llevar a cabo un levantamiento de procesos, es indispensable que se pueda tener contrato con los procesos establecidos y las personas que los llevan a cabo para saber qué recursos son los que se demandan para tener el producto terminado. (Medwave, 2011)

6.3 Diagramas

Los diagramas son gráficos que se utilizan para simplificar y esquematizar información sobre un sistema o un proceso. Su función principal es interpretar la información de manera simple y organizada visualmente. Los diagramas permiten identificar mejores o simplificar un proceso, al igual permite establecer relación y dependencia entre las actividades. (Escobar J., 2022)

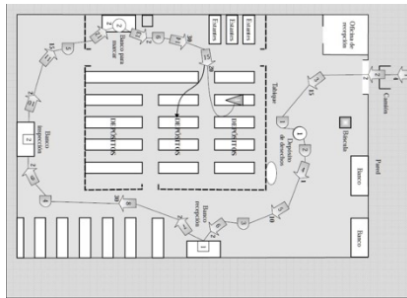
6.3.1 Diagrama de proceso (DOP)

Es un diagrama que expone todas las operaciones, inspecciones, tolerancias de tiempo, materiales y transportes que se utilizan en un proceso de fabricación de manera gráfica y simbólica. En el diagrama se muestra la secuencia en la que suceden los eventos desde un alcance definido. Para realizar la elaboración de un DOP se debe utilizar símbolos que ya están establecidos que describen el tipo de operación que se está llevando a cabo. Al igual que se incluyen los tiempos para identificar las operaciones más tardadas. (Conduce tu empresa,2023).

6.3.3 Diagrama de recorrido

Este diagrama muestra el recorrido sobre una superficie comúnmente el diagrama de planta y toma en cuenta los procesos establecidos en el DOP. Se utilizan líneas para identificar el flujo en el que sucede el proceso. Con este diagrama se pueden identificar aquellas áreas en donde podrían surgir demoras por ser congestionada o áreas que no son de importancia para el proceso. (Yepes V., 2022)

Figura 3. Diagrama de recorrido



Fuente: Elaborado por Víctor Yepes Piqueras (2022)

6.3.4 Diagrama de Gantt

Los diagramas de Gantt es una herramienta muy utilizada en la gestión de proyectos ya que estructura el trabajo durante un periodo de tiempo establecido. Se incluyen las fechas de inicio y finalización previstas, los hitos y la dependencia entre cada una de las tareas. (Meardon D.E, 2024).

6.4 Estudio de tiempos

Es una herramienta de medición de trabajo que ayuda a solucionar problemas de producción y a reducir costos. El estudio de tiempos busca establecer un estándar de tiempo en operaciones determinadas de un proceso. Para realizar este estudio se debe de hacer una toma de tiempos que muchas veces se hacen a través de grabaciones las cuales posteriormente se analizan con distintos softwares. Los tiempos se analizan para considerar cualquier tipo de demora o fatiga que pueden ocurrir durante el proceso. (López C., 2020)

6.5 Estudio de movimientos

Por otro lado, se tiene el estudio de movimientos el cual consiste en estudiar los distintos movimientos que un operador realiza para llevar a cabo su actividad. El estudio tiene como propósito poder reducir o eliminar aquellos movimientos que son eficientes o que causen un daño al operario y mejorar los movimientos esenciales. Para realizar un estudio de tiempo es necesario utilizar los movimientos de Therblig que facilitan este análisis. (López C., 2020)

6.5.1 Therblig

Los therblig son un complemento del estudio de movimientos, se tratan de 18 movimientos en los cuales se puede dividir una tarea de un proceso. Esto ayuda a

determinar la productividad de los operarios según estación o tarea del proceso. Se dividen en dos tipos de movimientos los efectivos y los inefectivos. Su mayor diferencia es que los efectivos agregan valor y los inefectivos corresponden a los que agregan costos. (Euroinnova Business School.,2022)

6.6 Simulación

La simulación de procesos comprende modelar virtualmente procedimientos de fabricación que si es necesario pueden incluir procesos de montaje, inventario y transporte. En este tipo de simulación incluyen aquellas características y comportamiento que el proceso presente. El propósito de estas simulaciones es poder evaluar sin ningún tipo de riesgo y costos la producción de una línea o un sistema. Y de esta manera comprobar si las mejoras que se desean hacer o que se están haciendo si cumplirán con los objetivos que se establecieron. (Aula, 2023).

6.6.1 Simio

Simio es un software de modelización, simulación y animación 3D, que permite modelar distintos tipos de sistemas en donde puedan existir flujos de materiales, personas e incluso información. Permite desarrollar modelos de comportamientos en ámbitos logísticos, industriales y de servicios. Es un software flexible y adaptable a requisitos específicos. (Simio Simulation Partner., 2012).

6.7 Costeo de producción

El costeo de productos es la suma de los costos que sean asignados a un producto para un propósito específico. (Horngren, C.T, Datar, S.M & Foster, G., 2007). Estos costos incluyen el consumo de materias primas, mano de obra y gastos generales asignados a una única unidad. (Lauri, K.H., 2022)

6.7.1 Costos

Los costos son los sacrificios que se asignan para lograr un objetivo específico. Horngren, C.T, Datar, S.M & Foster, G., 2007).

6.7.1.1 Costos directos fijos

Los costos directos fijos son los gastos necesarios para la fabricación de algún servicio o producto que se mantiene estable en su totalidad durante cierto periodo de tiempo a pesar de los cambios en el nivel de actividad o volumen total. (Horngren, C. T., Datar, S. M., & Foster, G. (2007).

6.7.1.2 Costos directos variables

Los costos directos variables son los gastos necesarios para la fabricación de algún servicio o producto cambian totalmente en proporción con el nivel de actividad o volumen total. Horngren, C. T., Datar, S. M., & Foster, G. (2007).

6.7.1.3 Costos indirectos fijos

Los costos indirectos fijos son gastos que una empresa genera a lo largo de un periodo de tiempo independientemente de que haya producción o ventas. Entre estos costos se pueden encontrar los costos de alquileres, gastos operativos regulares, impuestos entre otros. (Tapia,2023).

6.7.1.4 Costo indirecto variable

Los costos indirectos variables son los costos que conlleva la producción de un producto o servicio que varían en relación con la producción del producto o servicio. Entre estos costos se pueden incluir la mano de obra, transporte, energía eléctrica entre otros. (Horngren, C. T., Datar, S. M., & Foster, G. (2007).

6.8 Merma de producción

La merma en producción se refiere a la pérdida o disminución de materiales, recursos, insumos que se generan durante la producción y que pueden incurrir en los costos. La merma puede ser tanto negativa como positiva, ya que también considera si un producto se fabrica con menos recurso o material del previsto. Esta merma puede afectar a los costos de producción, rendimiento, calidad y organización de la empresa. (Torres A.,2023).

6.8.1 Peso Bruto

El peso bruto se compone del peso del producto neto incluyendo el peso del empaque. Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$Peso\ Bruto = Peso\ Neto + Peso\ Tara$$

(Basculas Revueltas, 2023)

6.8.2 Peso Neto

El peso neto se compone del peso del producto sin incluir el peso del empaque. Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$Peso\ Neto = Peso\ Bruto - Peso\ Tara$$

(Basculas Revueltas, 2023)

6.8.3 Peso Tara

El peso tara es el peso del empaque sin incluir el peso del producto neto. Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$Peso\ Tara = Peso\ Bruto - Peso\ Neto$$

(Básculas Revueltas, 2023)

6.9 Producción

La producción es la actividad económica que transforma insumos, recursos disponibles o materias primas para crear bienes y servicios. La producción es de suma importancia para la sociedad ya que está dirigida a satisfacer las necesidades humanas. La producción ha cambiado a lo largo del tiempo por la introducción de nuevas tecnologías e inteligencia artificial (Quiroa M., 2024).

6.10 Indicadores

Los indicadores más conocidos como los indicadores de desempeño son porcentajes, tasas, índice etc. que sirve para medir tanto de manera cualitativa y cuantitativa los resultados de los procesos, equipos y la propia empresa. Estos indicadores son capaces de optimizar el control de procesos y rutinas de trabajo, ya que indican si se están logrando los objetivos, metas y niveles de calidad deseados. (Latam T, 2022).

6.10.1 Calidad

Los indicadores de calidad son instrumentos de medición que se utilizan para evaluar la calidad de productos y servicios. Estos indicadores ayudan a llevar un buen control de calidad y mejorar los procesos más críticos. (Unifikas, 2023).

6.10.1.1 Porcentaje de calidad cumplida

Este indicador mide el porcentaje de producción que cumple con las normas de calidad previamente establecidas para ese proceso o productos en específico. Este indicador se puede medir utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Total de producción en conformidad})}{(\text{Total de productos producidos})} * 100$$

(SYDLE,2024)

6.10.1.2 Tasa de defectos

Este indicador mide la cantidad de productos defectuosos en relación con el total de productos producidos. Este indicador se puede medir utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Total de productos con defectos})}{(\text{Total de productos producidos})} * 100$$

(FasterCapital, 2024)

6.10.2 Productividad

Los indicadores de producción permiten mejorar la gestión de la planta de producción, facilitando la toma de decisiones en los distintos departamentos. Al igual que permiten reducir los costos de producción y aumentar la calidad/rendimiento en los procesos. (Fernández, J.A., 2024).

6.10.2.1 Tiempo de producción

Este indicador nos permite medir el tiempo completo de producción para un producto desde que se da la orden de producción hasta el fin del proceso de producción, que puede ser la etapa final de empaque. (Fernández, J.A., 2024).

6.10.2.2 Número de productos producidos

Este indicador nos permite medir la cantidad de productos fabricados en un periodo determinado. Esto nos ayuda a identificar la productividad según los turnos de trabajo en el mismo intervalo de tiempo. (Latam T., 2022).

6.10.2.3 Productividad de la mano de obra

Este indicador mide los productos producidos por los trabajadores en un periodo de trabajo, con este indicador se busca identificar el nivel de productividad que los trabajadores tienen en la línea de producción. (Fernández, J.A., 2024).

$$\text{Productividad de la mano de obra} = (\text{Salidas Totales}) / (\text{Entradas Totales})$$

(Eby K., 2023)

6.10.2.4 Tasa de utilización de capacidad

Este indicador mide la relación entre la producción real y la producción potencial que se puede obtener si la empresa rinde al máximo. Ese indicador ayuda a encontrar las ineficiencias en los recursos de la producción y como aumentar las eficacias en la gestión. Se puede medir utilizando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Tasa de utilización de capacidad} \\ &= (\text{Capacidad total utilizada}) / (\text{Capacidad de producción total}) \\ &\quad * 100 \end{aligned}$$

(Artesap, 2024)

6.10.3 Financieros

Los indicadores financieros son medidas cuantitativas que demuestran la realidad de la situación financiera de una compañía. Permiten tomar decisiones para mejorar la relación de costo-beneficio y riesgo beneficioso. (SYDLE, 2023). En este caso se utilizaran los costos unitarios, costo por caja y costo por caja anuales.

6.11 Construcción de alternativas

La construcción de alternativas es un concepto utilizado para la resolución de problemas y toma de decisiones. Se encuentran diferentes opciones para resolver un problema o alcanzar una meta específica. A partir del planteamiento de estas alternativas se comparan para brindar la solución más eficaz y viable. (Supered, 2023).

6.11.1 Lluvia de ideas

Una lluvia de ideas es una técnica no estructurada en la que se buscan soluciones a diversas situaciones mediante la generación de ideas espontaneas, relajadas y horizontales. Una lluvia de ideas puede abordar distintos enfoques de una manera directa. (Licari S., 2023).

6.11.2 Descripción de ideas

La descripción de ideas consiste en explicar de manera clara, precisa y sintetizada la idea planteada. Estas descripciones buscan contestar algunas preguntas como: ¿qué es?, ¿para qué sirve?, ¿por qué se hace? entre otras. Al igual es necesario que al momento de desarrollarlo se considere el periodo de tiempo en el que se llevarán a cabo la idea para poder analizar su rentabilidad y/o eficiencia. (Vuela Guadalinfo, 2013).

6.11.3 Posibles resultados

Los posibles resultados es un resultado que pueda ser que ocurro a no en algún caso. Existe la posibilidad de que esto ocurra, pero no es completamente seguro. (Tutorela, 2022).

6.12 Evaluación de alternativas

La evaluación de alternativas es un proceso que consiste en evaluar las alternativas planteadas con base en ciertos criterios que previamente fueron establecidos. Los criterios pueden incluir diferentes aspectos como los costos, eficiencia, especificaciones técnicas y viabilidad. (Supered,2023).

6.12.1 Justificación económica

La justificación económica se realiza para evaluar qué tan económicamente viable es una alternativa para el proyecto u objetivo que se debe de cumplir. Se evalúan beneficios que la empresa recibirá como el resultado de que esa alternativa se realiza. Al igual se ve la inversión que conlleva esa alternativa y sus costos operativos, transición o reorganización si es el caso. (Subvenciones públicas, 2020).

6.12.1.1 Costo unitario

El costo unitario es un gasto que la empresa genera para producir, almacenar y mercadear una unidad de un producto individual. Tener este costo sirve como ayuda a las empresas a generar relaciones entre sus ingresos, costos y ganancias. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Costo Unitario} = (\text{Número de unidades})/(\text{Costo Total})$$

(Turriago, I., Patiño, Y., Cortés, L., Gutiérrez, M., Dueñas, J. S., Gómez, C., & Vásquez, A., 2023)

6.12.1.2 Enfoque costo-beneficio

Son los recursos que se tienen que gastar si los beneficios esperados para la organización superan los costos deseados. (Horngren, C. T., Datar, S. M., & Foster, G., 2007).

6.12.2 Análisis técnico

El análisis técnico consiste en la evaluación de distintos factores como la maquinaria, procesos, disposición de la planta, ambiente. Y como este afecta la producción total, costos y tiempos. (Escalante A., & Domingo J., 2015).

6.12.2.1 Ingeniería de valor

La ingeniería de valor es un proceso que consiste en identificar formas de aumentar el valor de un producto o servicio. Esto con el objetivo de ofrecer la mejor combinación de función y costos. Se enfoca en identificar las funciones esenciales de un producto o servicio y buscar mejoras para reducir los costes. (Safety Culture, 2024).

6.12.2.2 Índice de utilización de la capacidad

Es un indicador que nos revela que tan cerca se encuentra la empresa de su mejor punto de operación. Es necesario conocer sobre el mejor nivel de operación para poder encontrar el índice de utilización, con la siguiente fórmula. (R.B. Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano, 2009).

6.12.2.3 Mejor nivel de operación

Se refiere al nivel de capacidad por el que se ha diseñado un proceso, es decir el volumen de producción en el cual se minimiza el coste promedio por unidad. (R.B. Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano, 2009).

6.12.2.4 Tiempos muertos de máquina

Los tiempos muertos son tiempos en los que no se produce, estos suelen estar provocados por paros para reparación o alguna otra interrupción durante el proceso. Pueden o no ser planeadas y según el tipo de empresas puedan variar. (R.B. Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano, 2009).

6.13 Análisis comparativo

El análisis comparativo es un método de investigación en el cual se recolecta y analiza información que comprende comparar dos o más procesos, conjunto de datos u objetos. Este análisis facilita la toma de decisiones desde diferentes enfoques, lo que permite que se ofrezcan distintas soluciones a un mismo problema. (Godoy,2023).

6.14 Plan de implementación

Un plan de implementación es un documento en el que se detallan los pasos que se deben de seguir para lograr una meta u objetivo. Se detallan las estrategias que se utilizaron para garantizar que el equipo sepa quién, qué, cuando, como y porqué se realizará cada etapa del proyecto. (Asana T., 2024).

6.14.1 Desglose de trabajo

Una estructura de desglose subdivide un proyecto en elementos organizados jerárquicamente en base de un objetivo o meta. Este tipo de estructuras permite tener claridad sobre el alcance de las tareas haciendo más eficiente alcanzar los objetivos. (Equipo editorial de IONOS,2023).

6.14.2 Cronograma de gestión de proyectos o de implementación

Un cronograma de este tipo permite programar desde el inicio hasta la finalización de un proyecto. Se divide el proyecto en tareas e hitos menores con un plazo determinado de ejecución para cada uno. Al igual que ayuda a gestionar los recursos disponibles de manera más eficaz y su alcance. (Atlassian, 2021).

6.14.3 Gestión de riesgos

La gestión de riesgos es el proceso de identificar, evaluar y minimizar el impacto del riesgo. Busca identificar peligros y posibles amenazas para tomar medidas y eliminar o reducir las posibilidades que ocurran. Tiene un enfoque proactivo, para prevenir pérdidas financieras, danos a la infraestructura o perjuicios para los empleados. (SafetyCulture, 2024).

6.14.3.1 Análisis BowTie

El análisis Bow Tie es una herramienta esquemática que describe y evalúa la ruta de un riesgo, las causas iniciadoras y consecuencias finales. Este tipo de análisis se pueden utilizar de manera cualitativa o cuantitativa. (PS&M, 2019).

6.14.3.2 Manual de seguridad

Un manual de seguridad es un documento operativo que es complementario de la formación de un trabajador. Ya que comprende los posibles riesgos y como aplica medidas preventivas. Al igual ayuda a que los operarios comprendan que es lo que deben de hacer y como ejecutarlo de manera segura. (Escuela Europea de Excelencia, 2023).

6.14.4 Gestión de calidad total

La gestión de calidad es un conjunto de métodos útiles de forma aleatoria, puntual y coyuntural para diferentes aspectos del proceso que busca garantizar la calidad. Es tanto una estrategia como un proceso, ya que tiene como objetivo evitar posibles errores durante la ejecución empezando desde su diseño hasta los servicios post ventas del producto o servicio. (C. Camisón, Sonia Cruz, Tomás González, 2006).

6.14.5 Costos implementación

Los costos de implementación son todos aquellos gastos que una empresa realiza debido a la implementación y mantenimiento de un sistema. De esta manera las empresas pueden saber cómo se verán afectados sus presupuestos para poder llevar a cabo la implementación. (Horngren, C. T., Datar, S. M., & Foster, G., 2007).

6.14.6 Costeo ABC

El costeo basado en actividades conocido por sus siglas ABC, es un enfoque para el costeo que se concentra en las actividades individuales como los objetos fundamentales del costo, Y usa los costos de estas actividades como base para la asignación de costos a otros objetos de costos como productos o servicios. (Horngren, C. T., Datar, S. M., & Foster, G., 2007).

VII. Metodología

7.1 Levantamiento de proceso del estado actual

Para este estudio fue necesario conocer las operaciones que conforman el proceso de cada uno de los formatos que se realizan en la línea. Estos se explican a continuación:

7.1.1 Estudio de tiempos

7.1.1.1 Grabaciones de procesos

Para llevar a cabo el estudio de tiempo fue necesario realizar grabaciones del proceso para cada uno de los formatos, al tener esta grabación se procedió a realizar el estudio de tiempos.

7.1.1.2 Toma de tiempos

Se realizó un DOP preliminar para determinar las operaciones del proceso para cada tipo de formato y así poder identificar los elementos que componen cada operación. Para realizar la toma de tiempos se utilizó un cronómetro y al obtener estos datos se prosiguió a realizar los puntos atípicos de los mismos para trabajar únicamente con los que se apegan a la producción.

Se realizó el formato para el estudio de tiempos (Ver Cuadro 133 de anexos) y una rúbrica de calificación para cada operario en la línea (Ver Cuadro 149 de anexos). La puntuación final del operario se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Calificación} = (\text{Nivel} * \text{peso}) + (\text{Nivel} * \text{peso}) \dots$$

A partir de los datos obtenidos del análisis de los puntos atípicos se prosiguió a utilizar la siguiente fórmula para obtener el tiempo normal de la operación:

$$T.N = \text{Tiempo promedio} * \text{calificación}$$

Por otro lado, se realizó el cálculo de holguras a partir de la tabla de holguras recomendados por ILO (Ver Cuadro 176 de anexos). La suma de las holguras se utilizó para sacar el tiempo estándar de la operación, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo estándar} = T.N.* (1 + h)$$

7.1.1.3 Ritmo de producción

A partir de los tiempos obtenidos en el estudio de tiempos se prosiguió a calcular el ritmo de producción para cada una de las operaciones de cada formato. Es importante considerar que se aplica la misma fórmula, aunque sean sobres/min. Esto se obtuvo utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Unidades/min} = 60/(\text{Tiempo estándar})$$

7.1.1.4 Porcentaje de ocupación

Se calculó el porcentaje de ocupación a partir del ritmo de producción obtenido para cada uno de los formatos utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Ocupación (\%)} \\ = (\text{Ritmo de producción Op1})/(\text{Ritmo de producción } \{Op\} _n)$$

7.1.1.5 Diagrama de operaciones final

Una vez obtenidos los tiempos finales para cada una de las operaciones, se procedió a realizar el DOP final para cada uno de los tres formatos según su proceso. Al igual que se realizó el resumen de operaciones con sus tiempos totales según las operaciones.

7.1.2 Simulación

Para realizar las simulaciones de los procesos fue necesario conocer las distribuciones de los tiempos para cada operación y el diagrama de recorrido de este. Estos se explican a continuación:

7.1.2.1 Toma de medidas

Para realizar las simulaciones del proceso de tres formatos fue necesario conocer las medidas de las áreas de trabajo de la línea, para poder realizar un layout y diagrama de recorrido para simular el proceso de la mejor manera.

7.1.2.2 Layout de la línea

A partir de las medidas recolectas, se diseñó la línea en el software de AutoCAD, tomando en cuenta que para algunos de los formatos se utilizan o no ciertos equipos por lo que se realizaron los ajustes necesarios para cada formato.

7.1.2.3 Diagrama de recorrido

Se añadió el flujo del proceso para visualizar el recorrido del producto en las distintas operaciones a partir del layout de la línea y los diagramas de operaciones de los distintos formatos.

7.1.2.4 Simio Simulation

A partir del diagrama de recorrido y las distribuciones de los tiempos, se prosiguió a realizar la simulación en el software de Simio Simulation en donde se obtuvieron datos sobre las capacidades de utilización, cuellos de botellas entre otros para su posterior análisis.

7.1.3 Estudio de movimientos

Para realizar este estudio fue necesario conocer acerca de los movimientos que se ejecutan en cada una de las operaciones según el formato que se está elaborando. Estos se explican a continuación:

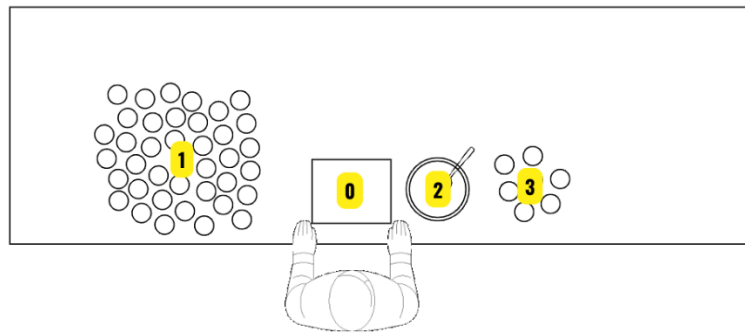
7.1.3.1 Grabación de videos e imagines de la estación.

Para llevar a cabo el estudio de movimientos fue necesario realizar grabaciones de cada una de las operaciones para cada formato. Al igual que fue necesario tomar fotografías de la distribución de la línea para la elaboración de cada producto. Al tener estas grabaciones e imágenes se procedió a realizar el estudio de movimiento mediante los therblig.

7.1.3.2 Diagramas de distribución de estación

Se realizó un diagrama de la distribución de la estación incluyendo el material y equipo que se necesita según las necesidades de cada estación. Y se identificaron cada una de estas ubicaciones con un número para su posterior uso en la creación de los bimanuales. A continuación, se muestra un diagrama de distribución de estación para la operación/inspección uno del formato de 180g.

Figura 4. Diagrama de distribución operación inspección 1 formato 1



Fuente: Elaboración propia

7.1.3.3 Bimanuales

Se realizaron 14 bimanuales para cada una de las operaciones que se realizan en la línea según el tipo de formato a producir (Ver cuadros de 177 a 190 de los anexos). A partir de la creación de bimanuales se obtuvieron la cantidad total de movimientos efectivos e inefectivos que realizan las operarias en su operación para la producción de una sola unidad de los tres formatos.

7.2 Mejoras del estado actual de proceso de producción

7.2.1 Análisis de peso neto, tara y bruto.

A partir de la muestra de pesos obtenidas en la visita, se prosiguió a realizar un análisis de estos utilizando las siguiente formulas:

$$Promedio = (\Sigma x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n$$

$$Varianza (S) = \frac{[(\Sigma x_i - \square promedio)]^2}{n}$$

$$Desviación estándar (\sigma) = \sqrt{S}$$

$$Rango = [Máx]_x - [Min]_x$$

Con las ecuaciones presentadas anteriormente, se analizaron cada una de las muestras de peso recolectada y se prosiguió a calcular los indicadores de Cp y Cpk del proceso iniciando con el cálculo de las tolerancias(límites):

$$Tolerancias = Promedio \pm \sigma$$

Utilizando las tolerancias obtenidas se prosiguió con el cálculo del Cp y Cpk:

$$Cp = (LS - LI) / (6 * \sigma)$$

$$Cpk = \min((LS - promedio) / 3\sigma, (promedio - LI) / 3\sigma)$$

7.2.2 Análisis de mermas producción

A partir de los datos compartidos por Nestlé, se calculó la pérdida que se tiene por unidad utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Perida/unidad (\%)} = ((\text{Estándar gramaje} * \text{pérdida (\%)})/100)$$

7.2.3 Costos de producción

Se inició calculando las horas máquina totales para cada uno de los procesos haciendo uso de los datos compartidos por Nestlé de producción de cajas anuales y el estándar de producción para cada uno de los formatos:

$$\begin{aligned} \text{Horas_máquina totales} \\ = (\text{Cajas anuales producidas})/(\text{Estándar en cajas/hora}) \end{aligned}$$

A partir de las horas máquina calculadas se calcularon las horas directas de mano de obra en horas y en quetzales.

$$\text{Horas directas de MO} = \text{Horas_máquinas totales} * \# \text{ operarios en línea}$$

En cuanto a las horas directas de MO en quetzales se usa una tarifa de Q50.70 establecida por Nestlé.

$$\text{Horas directas de MO en GT} = \text{Horas directas MO} * \text{tarifa}$$

Para calcular el costo de MO en quetzales, se usaron las horas directas e indirectas (proporcionados por Nestlé):

$$\begin{aligned} \text{Costo MO/Q} = & (\text{Horas directas (GTQ)} \\ & + \text{Horas indirectas (GTQ)})/(\text{Cajas producidas anualmente}) \end{aligned}$$

Se siguió con el cálculo de energía, en donde se utilizó una tarifa de Q4.0 para el costo del Kw-Horas, este fue proporcionado por Nestlé. Al igual que se proporcionó los KW-Hr directa para cada formato y el costo de energía indirecta/caja.

$$\begin{aligned} (\text{Energía Directa})/\text{caja(Q)} \\ = & (\text{Horas máquina totales} * \text{KW_Hr Directa} \\ & * \text{Tarifa})/(\text{Cajas producidas anualmente}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Costo total energía})/\text{caja} \\ = & \text{Energía directa/caja} + \text{Energía indireca/caja} \end{aligned}$$

Para la depreciación al igual que en la energía se tiene una tarifa por lo que el cálculo fue el siguiente:

$$\begin{aligned} & (QDep/hora\ maq.)/caja \\ & = (Horas\ máquina\ totales \\ & * tarifa)/(Cajas\ anuales\ producidas) \end{aligned}$$

Al tener estos costos se prosiguió a calcular el costo de conversión por caja, tomando en cuenta que los costos directos y gastos fijos son valores proporcionados por Nestlé.

$$\begin{aligned} & Costo\ Conversión/caja \\ & = Costo\ MO + Costo\ energía/caja + Otros\ costos\ directos \\ & + gastos\ fijos + depreciación \end{aligned}$$

Por lo que el costo total por caja se calculó de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & Costo\ total/caja \\ & = Costo\ materia\ prima\ y\ empaque\ por\ caja \\ & + Costo\ conversión\ por\ caja \end{aligned}$$

7.2.4 Tiempos de producción

A partir del estudio de tiempos realizado anteriormente, se compararon los tiempos obtenidos con los estándares que maneja el proceso. Luego de realizar estas comparaciones y con los análisis realizados en esta etapa se identificaron los cuellos de botella del proceso y las áreas de mejora que presentan.

7.3 Estrategias de mejora

A partir de los hallazgos encontrados se prosiguió a investigar sobre posibles mejoras que se podrían realizar en la línea para hacerla más productiva y menos costosa.

7.3.1 Investigación de maquinaria

Durante esta fase se prosiguió a investigar sobre la maquinaria que será la mejor para implementarla en la línea en el área en donde se identificaron los cuellos de botella. Para esto se tuvieron conversaciones con el equipo de Nestlé para determinar la maquinaria y así cotizarlas con algunos de sus proveedores confidenciales. Al obtener estos datos se prosiguió a analizar aspectos técnicos y económicos de la mejora propuesta.

7.3.2 Evaluación técnica

A partir de la mejora que se desea implementar se prosiguió a evaluar la eficiencia que tendría la nueva maquinaria al implementarse, por lo que se realizó lo siguiente:

7.3.2.1 Diagrama de operaciones – método propuesto

Se elaboraron dos diagramas de recorrido, ya que el formato 1 y formato 3 contarán con las mismas operaciones. Mientras que el formato 2 contará con diferentes, aunque en ambas se realizó la misma mejora.

7.3.2.2 Aspectos técnicos

A partir de las cotizaciones proporcionadas por los proveedores se determinaron los aspectos técnicos más importantes para la maquinaria a implementar. Algunos detalles de las maquinarias proporcionadas no se pudieron incluir en el trabajo por tema de confidencialidad entre Nestlé y los proveedores.

7.3.2.3 Layout de la línea

A partir de las máquinas propuestas, se diseñó la línea en el software de AutoCAD, tomando en cuenta que para algunos de los formatos se utilizan o no ciertos equipos por lo que se realizaron los ajustes necesarios para cada formato.

7.3.2.4 Diagrama de recorrido

Se añadió el flujo del proceso para visualizar el recorrido del producto en las distintas operaciones a partir del layout de la línea y los diagramas de operaciones de los distintos formatos.

7.3.2.5 Nuevo Ritmo de producción

A partir de las especificaciones técnicas proporcionadas y el análisis de los cuellos de botellas se prosiguió a establecer el nuevo ritmo de producción. Para esto se estableció la velocidad a la que iba a trabajar la nueva línea y a partir de esto se calcularon las cajas/horas netas, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Cajas/hora} = \frac{(\text{Botes por minutos producidos} * 60)}{\text{Unidades por caja}} * \text{Rendimiento de línea}$$

7.3.2.6 Simio Simulation

A partir del diagrama de recorrido y las distribuciones de los tiempos, se prosiguió a realizar la simulación en el software de Simio Simulation.

7.3.2.6.1 Data para simulación

Se utilizó la función de aleatoriedad de Excel para crear una muestra de datos para la simulación utilizando como rangos un número más y un número menos del tiempo establecido. Al realizar la simulación se obtuvieron datos sobre las capacidades de utilización y tiempos de producción.

7.3.2.7 Análisis de seguridad – Matriz de riesgos

Se identificaron los riesgos que conlleva implementar esta mejora, por lo que se inició realizando una matriz de riesgos.

7.3.2.7.1 Bowties

Se llevo a cabo el análisis bowtie para identificar las amenazas, medidas de prevención, consecuencias y medidas de recuperación para cada uno de los peligros identificados en la matriz de riesgo.

7.3.2.8 Evaluación económica

Se calcularon las nuevas horas-máquina para esta implementación y así poder determinar los cambios en los costos. Para el cálculo de horas-máquina se utilizó la siguiente ecuación, tomar en cuenta que el estándar en cajas es el nuevo:

$$\begin{aligned} HR_{máquina\ totales} \\ = (Cajas\ anuales\ producidas)/(Estándar\ en\ cajas/hora) \end{aligned}$$

Posterior a esto se realizó el desglose de los costos para obtener el costo total del método propuesto, utilizando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} CostoTotal /caja \\ = Costo\ materia\ primay\ empaque\ por\ caja \\ + Costo\ conversión\ por\ caja \end{aligned}$$

Al tener el costo unitario se prosiguió a encontrar el costo total de las cajas por formato vendidas anualmente:

$$\text{Costo total anual} = \text{Costo por caja} * \text{cajas anuales}$$

7.4 Plan de implementación y costos

7.4.1 Fases de implementación

Al tener la propuesta de mejora identificada, se prosiguió a identificar las fases claves que se deben de llevar a cabo para poder implementar esto en planta.

7.4.2 Desglose de trabajo (EDT)

Se realizó el desglose de trabajo para las fases previamente mencionadas. Estas etapas son clave ya que de aquí se desglosan las tareas que se deben de llevar a cabo y se identificaron los hitos/entregables para cada una de las fases.

7.4.2.1 Cronograma de trabajo

A partir del desglose de trabajo se trabajó, un borrador del cronograma que se podría utilizar al momento de llevar a cabo la implementación para tener una guía.

7.4.2.2 Optimización de los costos

Con la mejora propuesta identificada, se prosiguió a realizar nuevamente el desglose de los costos que influyen en la línea. Teniendo en cuenta las horas-máquinas obtenida se calcularon las horas directas de mano de obra en horas y quetzales, utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Horas directas de MO} = \text{Horas_máquinas totales} * \# \text{ operarios en línea}$$

En cuanto a las horas directas de MO en quetzales se usa una tarifa de Q50.70 establecida por Nestlé.

$$\text{Horas directas de MO en GT} = \text{Horas directas MO} * \text{tarifa}$$

Para calcular el costo de MO total en quetzales, se usaron las horas directas e indirectas (proporcionados por Nestlé):

$$\text{Costo MO/Q} = (\text{Horas directas (GTQ)} + \text{Horas indirectas (GTQ)}) / (\text{Cajas producidas anualmente})$$

Se siguió con el cálculo de energía, en donde se utilizó una tarifa de Q4.0 para el costo del Kw-Horas, este fue proporcionado por Nestlé. Al igual se calculó el nuevo consumo de kW por caja para encontrar el costo de la energía directa por caja. Tomando en cuenta que el costo de energía directa/caja se mantuvo fijo:

$$\begin{aligned} & \text{(Energía Directa)/caja}(Q) \\ & = (\text{Horas máquina totales} * \text{KW}_Hr \text{ Directa} \\ & \quad * \text{Tarifa})/(\text{Cajas producidas anualmente}) \end{aligned}$$

Para el costo total de energía por caja se utilizó la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} & \text{(Costo total energía)/caja} \\ & = \text{Energía directa/caja} + \text{Energía indirecta/caja} \end{aligned}$$

Para calcular la nueva depreciación se inició por conocer el costo total anual de la depreciación:

$$\text{Depreciación anual} = \text{Costo de inversión total} * 10 \text{ años}$$

Al tener la depreciación anual se obtuvo la tarifa, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Tarifa Dep/hora} = \frac{\text{Depreciación Anual}}{\text{Horas máquina totales}}$$

A partir de la tarifa de depreciación por hora obtenido se encontró el costo adicional de depreciación por caja y el costo final de depreciación por caja para la mejora de cada uno de los formatos. Utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Dep adicional por caja} = \frac{\text{Horas máquina} * \text{tarifa dep}}{\text{Cajas totales anuales}}$$

$$\text{Dep total por caja} = \text{Dep actual/caja} + \text{Dep adicional/caja}$$

Al tener estos costos se prosiguió a calcular el costo de conversión por caja, tomando en cuenta que los costos directos y gastos fijos son valores proporcionados por Nestlé.

$$\begin{aligned} & \text{Costo Conversión/caja} \\ & = \text{Costo MO} + \text{Costo energía/caja} + \text{Otros costos directos} \\ & \quad + \text{gastos fijos} + \text{depreciación} \end{aligned}$$

Por lo que el costo total por caja se calculó de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \textit{Costo total/caja} \\ & = \textit{Costo materia prima y empaque por caja} \\ & + \textit{Costo conversión por caja} \end{aligned}$$

VIII. Resultados y discusión

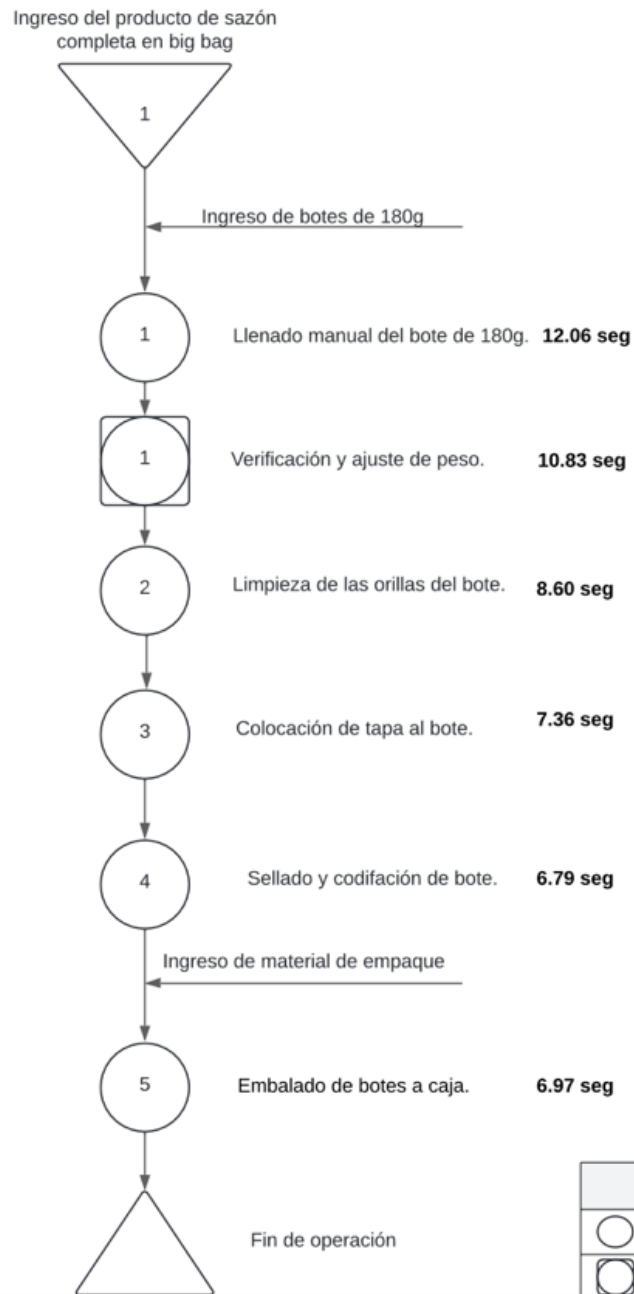
8.1 Fase uno: Levantamiento de proceso actual

A continuación, se encuentran los resultados obtenidos para cada uno de los formatos a partir del levantamiento de proceso realizado. Previo a empezar el análisis es importante considerar que para este trabajo de graduación por órdenes del personal de Nestlé zona 12, no se tomaron a consideración dos operaciones que suceden en el proceso. Estas siendo la colocación del producto a la banda de la selladora/codificadora y el traslado de la caja de producto terminado a tarima. Ya que desean que se enfoque en las actividades primordiales del proceso manual. Para cada uno de los formatos se enfocaron en los siguientes puntos: DOP, Diagramas de recorrido, estudio de tiempos, estudio de movimientos y una simulación.

Iniciando con el formato número uno de 180g, se encontraron los siguientes resultados. Para comprender como es que se lleva a cabo este proceso es primordial que se conozcan las operaciones que componen al proceso. Por lo que a continuación se presenta el diagrama de operaciones para el formato 1:

Figura 5. Diagrama de operaciones formato 1

Diagrama de Procesos de la Operación: Llenado y Embalado de formato de 180g
 Método Actual
 Fecha de elaboración: 15 de julio del 2024
 Elaborado por: Ayda Sulecio Leal
 Alcance: Desde que inicia el llenado hasta que es embalado a caja.



	Cantidad	Tiempo (seg)
○	5	41.78
◻	1	5.54
Total Tiempo (seg)		52.61

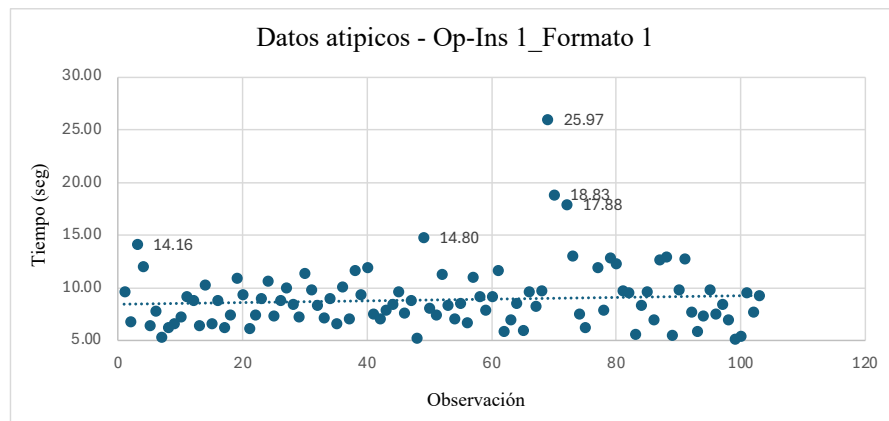
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5 se observa el desglose del proceso para este formato que es un bote de 180g del producto de Sazón Completa. En total el proceso cuenta con seis operaciones incluyendo una operación que también es una inspección. Se consideró esta

una operación-inspección ya que no solo la operaria verifica que el peso sea el del estándar (en este caso 180 gramos) sino que también le agrega o quita producto para llegar al pesaje indicado. Por otro lado, este proceso cuenta con una operación que no es manual. Siendo está el sellado y la codificación del bote.

Previo a realizar el análisis del tiempo de producción del producto, se debe entender cómo fue que se obtuvieron estos tiempos. Para esto se realizó la toma de tiempos del proceso, por ser un proceso completamente manual al tomar tiempos las muestras de datos contenían datos que no son representativos para el proceso. Ya que presentan algún tipo de error o irregularidad al momento de realizar la operación. De las seis operaciones previamente identificadas en el proceso, cinco de estas contenían datos no representativos. La única operación cuyos tiempos no presentaban esta variabilidad fue la operación 1 de llenado del bote. La primera operación que mostró irregularidades en los tiempos tomados fue la operación-inspección. Sus datos se muestran a continuación:

Figura 6. Gráfica de dispersión de datos Op-Ins1_formato 1



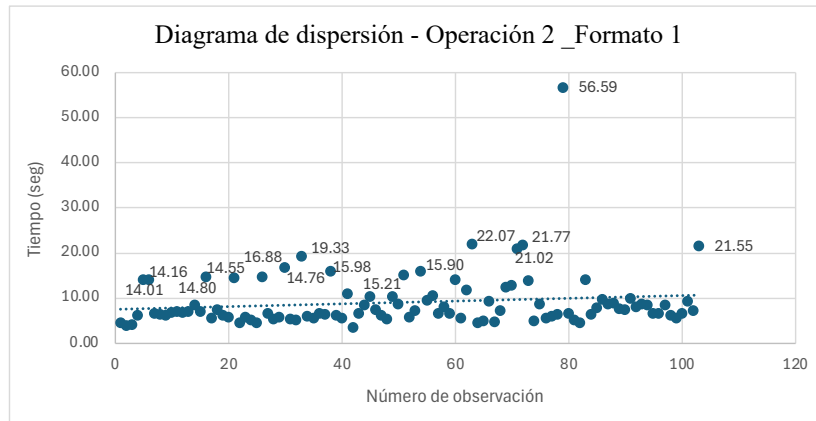
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica de la Figura 6, se muestra que de las 103 observaciones tomadas únicamente 98 de ellas son relevantes para el estudio ya que existen cinco datos que se alejan de la línea de tendencia convirtiéndose en datos atípicos. De estos datos el que más se aleja es la observación 69 con un tiempo de 25.97 segundos. Al revisar los videos tomados de la visita, se identificó que este tiempo se debe a que la operaria toma una silla para tomar asiento y se acomoda por lo que deja de realizar su operación este tiempo.

Mientras que con el resto de los puntos atípicos que están en un rango de 14.16 segundos a 18.83 segundos, se deben a que la operaria toma pequeñas pausas para estirarse o acomodarse en la posición en la cual trabaja. Incluso algunos de estos tiempos que se muestran en la gráfica se ven afectados por factores de distracción. Ya que debido a como está distribuida la línea las personas tienen más oportunidad a distraerse entre ellas mismas.

En la operación dos, la cual es la limpieza del bote se encontraron 16 datos atípicos por lo que la muestra final para el estudio de tiempos fue de 88 observaciones. Estos datos se presentan a continuación.

Figura 7. Gráfica de dispersión de datos Op2_ formato 1

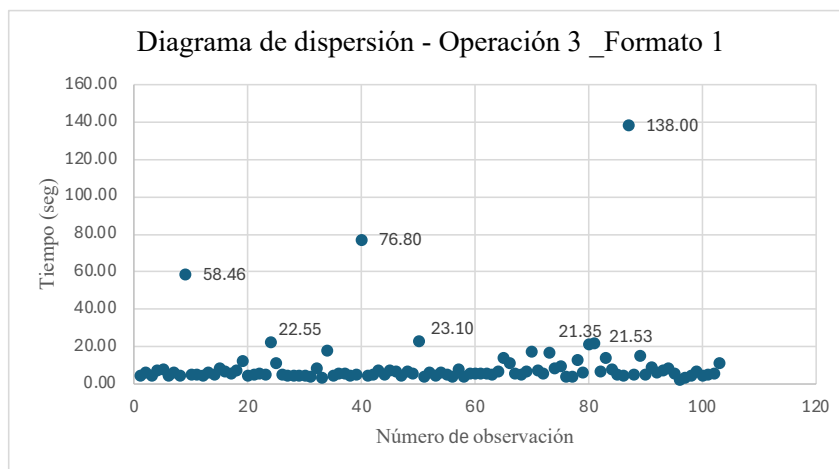


Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo esta operación la operaria depende del ritmo en el cual la operación anterior este produciendo. Por lo que, si en la operación de ajuste la operaria toma más tiempo del normal, hace que la operaria de la estación de llenado deba de esperar un poco más de tiempo para limpiar el bote. Se observa en la Figura 7 se tiene que el valor que más se aleja de la línea de tendencia en este caso es la observación 79 con 56.59 segundos. Esta observación se tardó ese tiempo ya que la operaria no tenía más espacio para colocar los botes que estaba limpiando ya que en la siguiente estación la operaria se retrasó. Por lo que tuvo que correr los botes un poco más para hacerles espacio a los que les tocaba limpiar, haciendo más largo el tiempo de la limpieza, al igual.

El resto de los datos atípicos se encuentra en un rango de 14 segundos a 22.06 segundos, en donde se pueden identificar tardanzas por distracciones o falta de producto a limpiar por alguna irregularidad en la operación anterior. Continuando con la operación de colocación de tapa (operación 3), se obtuvo que está fue la operación en donde más variabilidad había entre sus datos. Se identificaron siete datos atípicos que se presentan a continuación:

Figura 8. Gráfica de dispersión de datos Op3_ formato 1



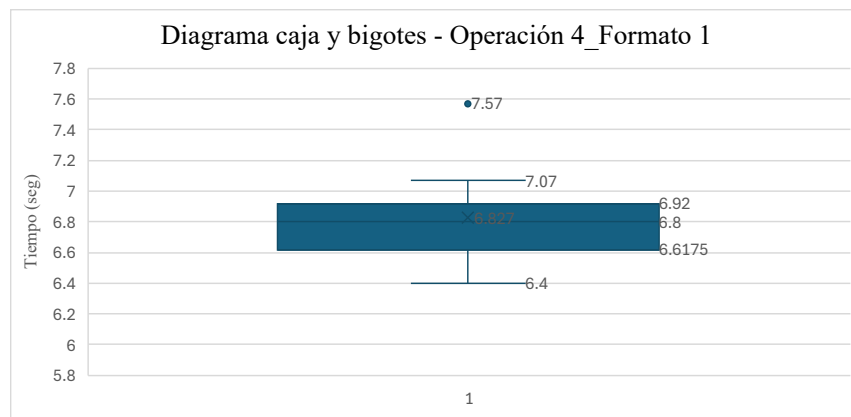
Fuente: Elaboración propia

Para esta operación, los datos atípicos (ver Figura 8) se deben ya que la operaria deja la estación por tiempos prologados de tiempo. En el caso de la observación 87 con un

tiempo de 138 segundos, la operaria deja su estación para ir apoyar a embalar una caja. En otras ocasiones como el de la observación 40 de 70.80 segundos la operaria va a traer un cartón para ponerlo en el pallet, siendo estas tareas ajenas a las suyas. El resto de los datos atípicos están en un rango de 21.35 segundos a 58.46 segundos, en donde se puede destacar que las actividades que realiza son para ayudar a la operación 1 y 5 afectando su propia operación. Al eliminar estos datos de la muestra se obtuvo un total de 96 observaciones para el estudio de tiempos

Las siguientes operaciones en donde se identificaron datos atípicos fue la operación cuatro de sellado y codificado. Para este caso se utilizó un diagrama de caja bigote ya que como la muestra inicial de diez datos no es tan grande, se aprecia más la variabilidad en el gráfico a continuación:

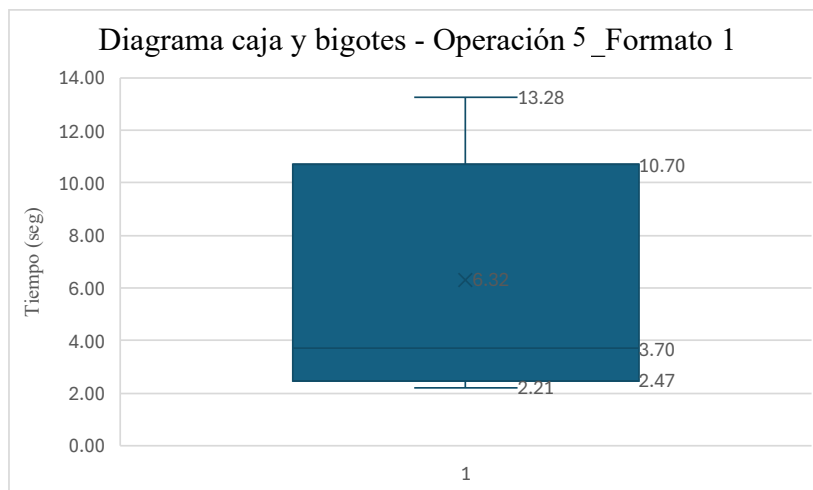
Figura 9. Gráfica de dispersión de datos Op4_ formato 1



Fuente: Elaboración propia

Los datos atípicos se encuentran en la observación 7 con 7.57 segundos y en la operación 5 con 6.4 segundos (ver Figura 9). Se tomó el 6.4 segundos como un dato atípico ya, aunque esté en el límite al compararlo con el resto de los datos de la muestra este es muy pequeño y no es significativo para el estudio. Al eliminar estos datos se tiene una muestra de ocho observaciones para el estudio de tiempos. Por último, se tiene la operación de embalado en donde al igual que en la operación anterior se identificaron dos puntos atípicos, estos se muestran a continuación:

Figura 10. Diagrama de cajas y bigote Op5_ formato 1



Fuente: Elaboración propia

Para esta operación al igual se tomaron como datos atípicos los límites del diagrama de caja y bigotes (ver Figura 10). Ya que por tener una muestra pequeña al no conservar los datos que estén en límite hacen de esta más precisa. Por lo que los puntos atípicos se encuentran en la observación uno con 2.21 segundos y en la observación cinco con 13.28 segundos. Reduciendo la muestra de datos a 9 observaciones. Al eliminar a aquellos datos que no son representativos para la muestra, ya se pudo trabajar en el estudio de tiempos. Para esto se hizo uso de las holguras y calificaciones de desempeño de las operaciones, para obtener los tiempos que se observan en el diagrama de operaciones.

Iniciando con el cálculo de holguras, se encontró que las holguras para cada operación exceptuando la operación 4 que es automática es del 19% o 21%. Considerando que lo que hace que varíen es si la posición en que esta la persona es parado o sentada. El desglose de las holguras para la operación uno se presenta a continuación:

Cuadro 1. Desglose de holguras Op1_ formato 1

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por estar parado	2%
	Atención cercana	2%
	Nivel de Ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
	TOTAL	21%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 1, se consideraron cinco holguras variables siendo estas la posición que en este caso es del 2% ya que la operaria permanece parada para la ejecución de su operación. Se consideró un 2% al igual para la holgura de atención cercana ya que es un trabajo bastante exacto el que se realiza, en cada una de las operaciones. El nivel de ruido al igual se consideró como holgura con el 2% ya que el estar expuesto a esto aún utilizado protección auricular, sigue siendo un ruido fuerte. Se calculó la holgura de monotonía con un 4% ya que realizan la misma actividad por mucho tiempo y por ende tienen un tedio del 2%. En los cuadros 150 a 153 de anexos se puede encontrar el desglose de las holguras para cada una de las operaciones. A continuación, se muestra el resumen de las holguras por cada operación:

Cuadro 2. Holguras formato 1

Operación	Holguras
Operación 1 - Llenado bote 180g	21%
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	21%
Operación 2 - Limpieza de bote	19%
Operación 3 - Colocación de tapa	19%
Operación 5 - Embalado de botes	21%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 2, las operaciones que tienen una holgura del 19% son las operaciones dos y tres ya que las operarias permanecen paradas por lo que el

apartado de holgura por estar parado para a hacer holgura por posición anormal que es del 0%. Se clasifica como una posición normal ya que, aunque estén sentadas no lo hacen de una manera ergonómica. Al igual es necesario conocer las calificaciones del desempeño de las operarias en cada una de sus estaciones por lo que se utilizó la siguiente rubrica de calificación.

Cuadro 3. Rúbrica de calificación de desempeño de las operarias

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma pausas cortas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 3, se encuentran los rubros y pesos para la calificación de las operarias, estos rubros fueron escogidos debido a que es un proceso manual. Los resultados de las calificaciones se muestran continuación, tomando en cuenta que la calificación más alto es del 100%.

Cuadro 4. Calificaciones de desempeño formato

Operación	Calificación
Operación 1 - Llenado bote 180g	96%
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	96%
Operación 2 - Limpieza de bote	90%
Operación 3 - Colocación de tapa	84%
Operación 5 - Embalado de botes	86%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 4, la operaria con el menor desempeño es la de la operación 3 (colocación de tapa) con el 84% y la de la operación 5 (embalado) con el 96%. En el caso de las primeras dos operaciones tienen la misma calificación en cuanto a su desempeño con el 96%. Siendo estas las que más se acercan a la calificación máxima, seguidas de la operación dos con el 90%. En los cuadros 162 a 166 de los anexos se encuentra la rúbrica llena para cada una de las operarias. Al tener estos datos se utilizaron para encontrar los tiempos de producción.

Cuadro 5. Resultados estudio de tiempos para el formato 1

Operación	Seg/bote	Botes/min
Operación 1 - Llenado bote 180g	12.06	4.98
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	10.83	5.54
Operación 2 - Limpieza de bote	8.6	6.98
Operación 3 - Colocación de tapa	7.36	8.15
Operación 4 - Codificación y sellado	6.79	8.84
Operación 5 - Embalado de botes	6.97	8.61
Tiempo de ciclo (seg)	52.61	

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 5, se tiene que el tiempo de ciclo para producir una unidad del formato 1 es de aproximadamente 52.61 minutos. Este tiempo considera únicamente el tiempo total que tarda el bote en pasar por cada una de las operaciones, sin embargo, no significa que cada 52.61 segundos un bote es producido. Ya que para ser un tipo de proceso manual cuando inicia la primera operación esta no espera a que el bote llegue a la última para producir el siguiente. Si no que media vez termina de llenar un bote continúa con el otro así de manera sucesiva.

Se tiene que las operaciones más tardadas son las operaciones de llenado y ajuste de peso. Seguidas de la codificación/sellado y embalado con 6 segundos por unidad. Y por último la operación de colocación de tapa con 7.36 segundos por unidad. Por ser un proceso manual la línea se mide según un ritmo de producción es decir la cantidad de botes que puede producir por minuto. Por lo que se tiene un ritmo de producción de casi cinco botes (4.98) en un minuto. Mientras que las últimas operaciones pueden producir aproximadamente ocho botes en un minuto. En caso contrario se tiene la operación de ajuste con cinco botes por minuto y la limpieza con seis botes por minuto.

Como se mencionó anteriormente esta línea únicamente puede producir al ritmo de la primera operación en este caso sería de 4.98 botes/min. Por lo que, aunque las demás estaciones pueden producir más botes en un minuto, éstas se ven limitadas. Ya que todos los botes que llegan a cada una de las estaciones salen de la operación de llenado. Por ende, es primordial conocer el porcentaje de ocupación que tienen la estación en base al ritmo de producción de la operación 1. Los resultados se encuentran a continuación:

Cuadro 6. Porcentaje de ocupación formato 1

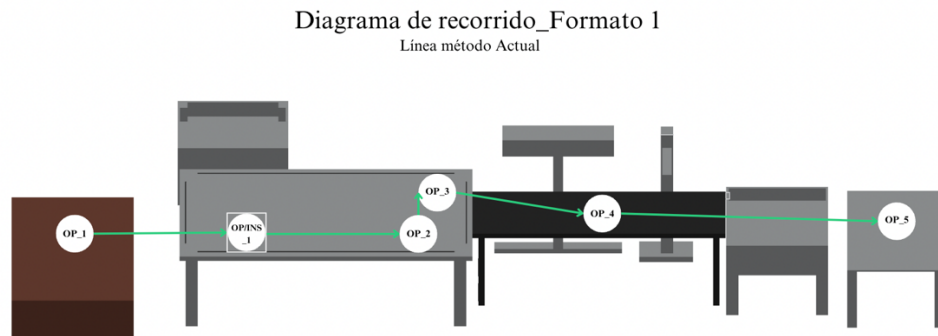
Operación	Ocupación (%)
Operación 1 - Llenado bote 180g	100%
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	90%
Operación 2 - Limpieza de bote	71%
Operación 3 - Colocación de tapa	61%
Operación 4 - Codificación y sellado	56%
Operación 5 - Embalado de botes	58%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 6, la primera operación trabaja al 100% de su ocupación debido a que este es el ritmo de producción establecido. Mientras que las operaciones con menos ocupación es la operación 4 con el 56% y la operación 5 del 58%. Es decir que la operaria encargada del embalado pasa un gran parte del tiempo sin realizar su actividad. Por lo que, si la operación de llenado trabajara a un ritmo mayor, la ocupación del embalado sería mayor y por ende se podrían estar produciendo más cajas. La operación de limpieza tiene una ocupación del 71% por lo que el 29% no está siendo ocupado. Y por último la operación tres tiene una ocupación de tan solo el 61%. Se puede destacar que en el caso de la operación dos está tiene mayor ocupación que la operación 3 ya que como se explicó en la eliminación de datos atípicos, durante la operación tres la operaria dejaba su estación en distintas ocasiones.

Para poder realizar un buen análisis del proceso haciendo uso de la simulación, es importante conocer sobre la distribución de las estaciones en la planta y el tipo de distribuciones de los datos del estudio de tiempo. Por lo que se continuó con el diagrama de recorrido, para visualizar la manera en la que el producto pasa por cada estación de la línea. El diagrama de recorrido para el formato 1 se muestra a continuación.

Figura 11. Diagrama de recorrido formato 1



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 11, se idéntico un traslado del producto entre dos estaciones. Estas operaciones siendo la dos y tres, el producto al tener la tapa puesta se regresa al operario de la estación dos quien pone el producto a la banda. Esta simple operación puede ser observada por la persona de la operación tres ya que están a la misma distancia de la banda. Se solicitó no tomar en cuenta este movimiento como una operación por la empresa de Nestlé Zona 12 ya que según indicaron el movimiento puede ser realizado por el operario de la operación tres.

A partir de la muestra de datos obtenidos en el estudio de tiempos se prosiguió a encontrar las distribuciones para cada una de las muestras. A continuación, se encuentran las distribuciones obtenidas para cada operación:

Cuadro 7. Distribuciones de datos para el formato 1

Operación	Distribucion
Operación 1 - Llenado bote 180g	Triangular (7.40,9.43,23.58)
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	Triangular (4.40,8.44,13.06)
Operación 2 - Limpieza de bote	Gamma (1.16,3.63)
Operación 3 - Colocación de tapa	Earlang (1.53, 3)
Operación 4 - Codificación y sellado	Earlang (0.129, 2)
Operación 5 - Embalado de botes	Beta (0.546,0.801)

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 7, se tiene que, en el caso de las primeras dos operaciones, se sacaron sus distribuciones de manera manual ya que el enfoque que se necesita para esta operación debe de ser posible de modelar un tipo de variabilidad en los tiempos. Utilizando una distribución triangular es útil ya que por ser un proceso completamente manual se conoce muy poco sobre el comportamiento de los datos. Ya que no se tiene un solo elemento que hace que la operaria toma más o menos tiempo en realizar su operación. Si no que existen distintos factores que pueden ocasionar esto, por ende, utilizar esta distribución permite modelar la variabilidad en el proceso de producción.

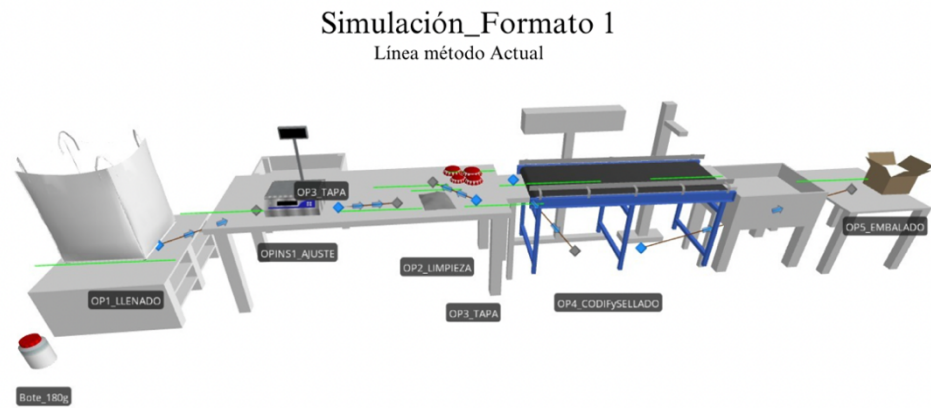
En el caso de las otras cuatro operaciones se utilizaron las distribuciones proporcionadas por Input Analyzer ya que son en las cuales los datos se asemejan más. Para la operación 2 de limpieza se utilizó la distribución gamma ya que esta describe fenómenos que dependen de la ocurrencia de eventos independientes y continuos. En este caso la muestra de datos depende de la ocurrencia de las primeras dos operaciones, por lo que debe de esperar hasta que estos dos eventos ocurren para poder realizar su operación. Mientras que en la operación 3 y 4 se utilizan distribuciones de Earlang ya

que permite modelar de una manera aleatoria lo cual hace sentido ya que existen momentos en donde en estas estaciones se trabaja más rápido y en otras ocasiones más lentos.

Por último, se tiene la distribución beta para la operación 5 de embalado, ya que este permite simular el tiempo ocioso que se tiene en la operación. Si se toma a consideración el ritmo de producción que se obtuvo, podemos observar que el doble que el del ritmo al que están operado. Por lo que existen momentos en donde la persona debe de esperar un tiempo más prolongado para poder embalar los botes.

Teniendo todos estos se prosiguió a realizar la simulación en Simio Simulation, está se muestra a continuación en la Figura 12.

Figura 12.Simulación del formato 1



Fuente: Elaboración propia

Al realizar esta simulación se obtuvieron los siguientes datos:

Cuadro 8.Resultado simio para la operación 1_ formato 1

Operación 1 - Llenado manual debote formato 1	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	264
Unidades que salieron	264

Fuente: Elaboración propia

Para realizar está simulación se inició con la primera operación de llenado, ya que como se mencionó anteriormente está es la que dicta la velocidad a la que trabaja la línea. Por lo que al simular el proceso se obtuvo que en una hora está operación es capaz de producir 264 botes de sazón de completa en el formato de 180g (ver Cuadro 8) es decir que producen llegar a producir 11 cajas en una hora. Continuando con el resto de las operaciones los resultados para la operación-inspección 1 se muestran a continuación:

Cuadro 9.Resultados simio tiempos de espera, operación-inspección 1 _ formato 1

Operación/Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso formato 1		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.10
TiempoEstación	Máximo	3.33
TiempoEstación	Mínimo	0
TiempoProcesamiento	Promedio	8.52
TiempoProcesamiento	Máximo	12.60
TiempoProcesamiento	Mínimo	4.67
TiempoMuerto	Promedio	5.70
TiempoMuerto	Total	1357.72

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 9, se tiene que en promedio el producto espera un máximo de 3.33 segundos para poder ser procesado (ajuste y verificación de peso). Y el tiempo de espera es de aproximadamente de 0.10 segundos, es decir que al momento en el que la operaria de la operación uno llena el bote y lo deja en la mesa, la operaria de esta estación puede llegar a tomar esa cantidad de tiempo en tomar el bote para iniciar su operación. Al igual se tiene que el tiempo promedio de procesamiento es de 8.52 segundos con un máximo de 12.60 segundos y un mínimo de 4.67 segundos.

También se encontró que se tiene un tiempo muerte de alrededor de 22.62 minutos, por lo que los otros 37.37 minutos son en los que realmente se produce este formato. Por unidad en esta operación se puede tener 5.70 segundos de tiempo muerto que pueden darse debido a la fatiga de la operaria o alguna confusión en la operación. Es importante considerar que, durante cada una de las operaciones, puede ser que se disminuyan la cantidad de unidades que salen para la otra estación. A continuación, se muestra cuantas unidades salieron de esta operación:

Cuadro 10.Resultados de las entidades para la operación-inspección1 _formato1

Operación/Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso formato 1	
Elemento	Valor (botes)
Ajuste y verificación	264
Ajuste y verificación	264

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro10 se indica que en el caso de esta operación-inspección se perdió 1 unidad que posiblemente pueda estar siendo procesado, pero como el tiempo de producción terminó ya no salió para la siguiente estación. Continuando con la operación 2 de limpieza de las orillas del bote, se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 11.Resultados simio tiempos de espera, operación 2_ formato 1

Operación 2 -Limpieza de orillas de bote formato 1		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.16
TiempoEstación	Máximo	7.53
TiempoEstación	Mínimo	0.00
TiempoProcesamiento	Promedio	3.88
TiempoProcesamiento	Máximo	17.95
TiempoProcesamiento	Mínimo	0.04
TiempoMuerto	Promedio	10.45
TiempoMuerto	Total	2581.72

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, observando el Cuadro 11, se tiene que aproximante el formato 1 espera 0.16 segundos en poder ser procesado, y que el tiempo máximo que esta espera en la estación es de 7.5 segundos, aunque es posible que el producto no deba de esperar nada de tiempo. Se cuenta con un tiempo promedio de procesamiento de 3.88 segundos con un máximo de 17.95. En cuanto a su tiempo muerto esta operación tiene aproximadamente 43 minutos en donde no se ejecuta la operación. Por lo que el tiempo total en que producen de manera continua es de tan solo 16 minutos. Siendo esta una operación que no necesariamente agregar valor al proceso ya que puede ser absorbida por alguna de las otras operaciones.

Al igual que en el caso de la operación anterior, se tiene una unidad que no fue posible terminar de procesar durante el tiempo de producción de 60 minutos. Por lo que únicamente 262 unidades siguieron el resto de proceso (ver Cuadro 12). A continuación, se muestran el resultado de unidades finales para la operación dos:

Cuadro 12.Resultados de las entidades para la operación 2_ formato 1

Operación 2 - Limpieza de orillas de bote formato 1	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	263
Unidades que salieron	262

Fuente: Elaboración propia

De esta misma manera se prosiguió con la operación 3, sus resultados se muestran a continuación.

Cuadro 13.Resultados simio tiempos de espera, operación 3_formato 1

Operación 3 - Colocación de tapa al bote formato 1		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.02
TiempoEstación	Máximo	1.90
TiempoEstación	Mínimo	0.00
TiempoProcesamiento	Promedio	1.49
TiempoProcesamiento	Máximo	6.65
TiempoProcesamiento	Mínimo	0.04
TiempoMuerto	Promedio	12.59
TiempoMuerto	Total	3210.18

Fuente: Elaboración propia

Considerando el Cuadro 13, se tiene un tiempo promedio de espera de 0.02 segundos con un máximo de 1.90 segundos. Comprando este tiempo de espera con los anteriores, se puede notar que éste es muy corto. Esto se puede deber a que esta operación es más rápida que las primeras dos. Por lo que en si el ritmo de llenado fuese mayor está estación podría producir más unidades. Aunque cabe destacar que el tiempo muerto promedio es de casi 13 segundos, ya que como se dijo antes la operaria encargada de esta operación deja su estación por cierto tiempo causando una ineficiencia. Por otra parte, se tiene que al finalizar esta operación se procesaron todas las unidades que entraron al proceso. Estos resultados se muestran en el Cuadro 14 a continuación.

Cuadro 14.Resultados de las entidades para la operación 2_formato1

Operación 3 - Colocación de tapa al bote formato 1	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	262
Unidades que salieron	262

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la operación cuatro que es el sellado y la codificación del bote no se adentrará mucho ya que el enfoque principal son las operaciones manuales. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Cuadro 15.Resultados simio operación 4_formato 1

Operación 4 - Sellado y codificación formato 1		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.52
TiempoEstación	Máximo	6.76
TiempoEstación	Mínimo	0.00
TiempoProcesamiento	Promedio	6.78
TiempoProcesamiento	Máximo	7.10
TiempoProcesamiento	Mínimo	6.54
TiempoMuerto	Promedio	8.40
TiempoMuerto	Total	1822.81

Fuente: Elaboración propia

Es importante recordar que para que el producto llegue a esta estación es necesario que una operaria lo traslade, pero por instrucciones de Nestlé esta operación no fue evaluada. Por lo que acá se considera únicamente el tiempo ya estando el producto en la línea (ver Cuadro 15). Se cuenta con un tiempo promedio espera de 6.76 segundos, este tiempo se debe a que no se pueden colocar tantos sobres sobre la banda por lo que algunos deben de esperar. En cuanto a su tiempo muerto y de producción se tiene que son de 30 minutos respectivamente. Lo cual hace sentido ya que se hará uso de maquinaria cuando se tiene una cantidad aceptable de producto para procesar.

En caso contrarias a las operaciones anteriores en esta las unidades que entran para ser producidas se producen todas en los 60 minutos de producción, los resultados se muestran en el Cuadro 16 a continuación:

Cuadro 16. Resultados de las entidades para la operación 4_formato 1

Operación 4 - Sellado y codificación formato 1	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	262
Unidades que salieron	262

Fuente: Elaboración propia

Por último, se tiene la operación de embalado (operación cinco), en este caso esta operación es la finalización del proceso. Sus resultados se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 17. Resultados simio operación 5_formato 1

Operación 5 - Embalado formato 1		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.36
TiempoEstación	Máximo	0.72
TiempoEstación	Mínimo	0.00
TiempoSistema	Promedio	21.88
TiempoSistema	Máximo	34.38
TiempoSistema	Mínimo	13.59

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que en promedio los botes esperan alrededor de 0.36 segundos en ser embalados a caja con un tiempo de espera máximo de 0.72 segundos (ver Cuadro 17). Al igual que se tiene un tiempo máximo de flujo de 34 segundos, considerando todas las variaciones que pueden ocurrir en el proceso. Al finalizar los 60 minutos de producción se obtuvo que el sistema produjo 261 unidades, es decir que en el transcurso de las operaciones se quedaron en procesamiento tres unidades. En el Cuadro 18 se pueden observar las unidades que pasaron por las cinco distintas operaciones.

Cuadro 18.Resultados de las entidades para la operación 5_formato 1

Operación 5 - Embalado formato 1	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	262
Unidades que salieron	261

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de proporcionar un levantamiento de proceso efectivo y preciso, se evaluaron los movimientos efectivos e inefectivos que se efectúan durante las operaciones mediante los bimanuales. Considerando únicamente los procesos que son totalmente manuales por los que las operaciones de sellado/codificación no se tomaron en cuenta. Se presentan los siguientes resultados:

Cuadro 19.Resultados estudio de movimientos formato 1

Operación	Mano Derecha			Mano Izquierda		
	Efectivo	Inefectivo	Total	Efectivo	Inefectivo	Total
Operación 1 - Llenado manual del bote de 180g.	6	2	8	6	2	8
Operación/Inspección 1 - Verificación y ajuste del peso del producto.	9	1	10	4	6	10
Operación 2- Limpieza de las orillas del bote.	5	3	8	7	1	8
Operación 3- Colocación de tapa al bote.	5	3	8	7	1	8
Operación 5- Embalado de los botes a caja.	53	54	107	77	30	107

Fuente: Elaboración propia

En la primera operación de llenado, la operaria realiza 8 movimientos, en el caso de la mano derecha seis movimientos efectivos y dos inefectivos, mientras que en la mano izquierda lo opuesta (ver Cuadro 19). Es importante considerar que a estos movimientos se le suma el hecho de que la operaria permanece de pie durante todo el turno de producción y que existen factores como el calor o ruido que hacen que sus movimientos con forme pase el tiempo sean más tedioso de realizar.

La distribución de la estación se muestra en el bimanual 1 (ver Cuadro 177 de anexos) como se puede observar la persona debe de girar su torso para poder tomar los botes que están en la posición uno. Mientras que los movimientos realizados en la posición 2 o 3, se realizan de manera horizontal por lo que el movimiento principal lo realizan los brazos a través del estiramiento de estos. Otro aspecto importante sobre este procedimiento es que la operaria siempre tiene una mano ocupada ya que desde que empieza el turno toma el cucharón en la mano derecha y no suelta este hasta terminar la producción. Por lo que sus dedos permanecen todo el tiempo cerrado, al igual el peso del cucharón cambio según el movimiento efectuada. Ya que en algunos puntos el cucharón pesara más por tener producto en el mientras que en otros momentos este está vacío por lo que el peso disminuye.

En cuanto a la operación/inspección uno su distribución y movimientos se muestra en el bimanual 2 (ver Cuadro 178 de anexos). En esta operación se realiza un total de 10 movimientos, teniendo 0 movimientos efectivos en la mano derecha y cuatro en la mano izquierda. Se tiene un solo movimiento inefectivo en la mano derecha y seis en la mano izquierda. En esta operación la mano derecha efectúa más movimientos efectivos ya que es la que se encarga de ajustar el peso mediante la utilización de una cuchara. Al igual que en la operación uno la operaria en este caso no suelta la cuchara en ningún momento de la operación, esto puede llevar a un cansancio más rápido.

Mientras que en la operación tres de limpieza (ver Cuadro 179 de anexos), se cuentan con 5 movimientos efectivos en la mano derecha y 7 en la izquierda. La mano izquierda

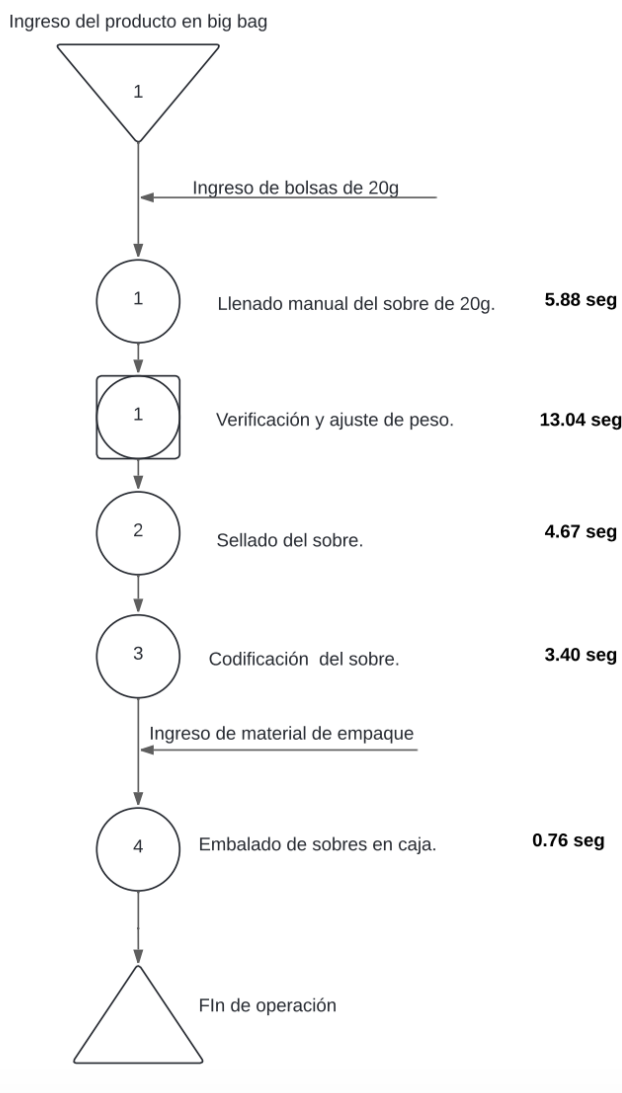
realiza más movimientos efectivos ya que es la que se encarga del movimiento del producto en la línea, mientras que la derecha se encarga únicamente de limpiar las orillas, manteniendo sus movimientos horizontales ya que se moviliza únicamente de la posición 0 a la 1. En el caso de la operación cuatro (ver Cuadro 180 de anexos) se cuentan con la misma cantidad de movimientos que la operación anterior. Siendo de igual manera la mano izquierda la que realiza más movimientos, Estos siendo de manera horizontal y vertical en su estación mientras que la mano derecha coloca la tapa.

Se finaliza el proceso con la operación 5 de embalado (ver Cuadro 181 de anexos), que realiza la mayor cantidad de movimientos para realizar su actividad. En total se realizan 107 movimientos, 53 efectivos en la mano derecha y 77 en la mano izquierda. Mientras que se realizan 54 inefectivos en la mano derecha y 30 en la izquierda. Para esta operación se realizan 16 movimientos seis veces, de esta manera la operaria puede ahorrarse el tener que agacharse a tomar los botes. La operaria debe de agacharse ya que la mesa de recibo que es donde caen los botes luego de su codificación/sellado se encuentra a 68.5cm del suelo. Este conjunto de movimientos se realiza para apilar cuatro botes uno sobre el otro para su posterior traslado a la caja, haciendo de la operación más cómoda.

Así mismo se realizó el levantamiento de procesos para el formato número 2, que es un sobre de 20g.

Figura 13. Diagrama de procesos formato 2

Diagrama de Procesos de la Operación: Llenado y Embalado de formato de 20g
 Método Actual
 Fecha de elaboración; 15 de julio del 2024
 Elaborado por: Ayda Sulecio Leal
 Alcance: Desde que inicia el llenado hasta que es embalado a caja.



	Cantidad	Tiempo (seg)
○	4	14.71
◻	1	13.04
Total Tiempo (seg)		27.75

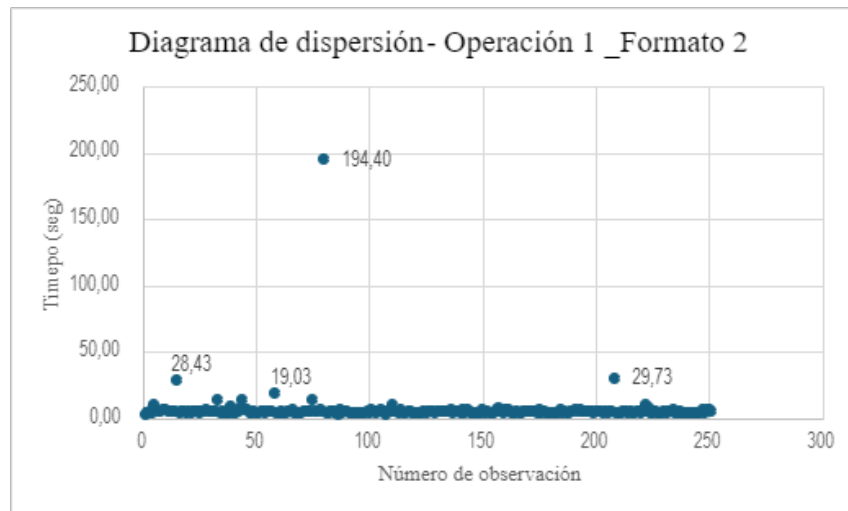
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 13, se observa el diagrama de procesos para la producción del formato 2, en este caso se visualizó el proceso del sobre de 20g de pimienta. El proceso cuenta cinco operaciones incluyendo una operación-inspección. Siendo esta operación-inspección la encargada de que el sobre lleve el peso estándar (20g). Al igual que en el formato anterior este proceso tiene una operación automática, en este caso es la codificación del sobre ya que el sellado de este se realiza de manera manual.

Estos tiempos fueron obtenidos del estudio de tiempos realizado, en el cual se obtuvieron algunas tomas de tiempo que no son representativas para el proceso ya que presentan mucha variación o fue algún error ocurrido en la producción. De las cinco operaciones que componen este procedimiento cuatro de ellas presentaron más de algún dato no representativo. Por lo que se procedió a la identificación de estos datos atípicos

en cada una de las muestras de datos. Empezando con la operación 1 de llenado, se muestran los datos no representativos a continuación:

Figura 14. Gráfica de dispersión de datos Op1_formato 2



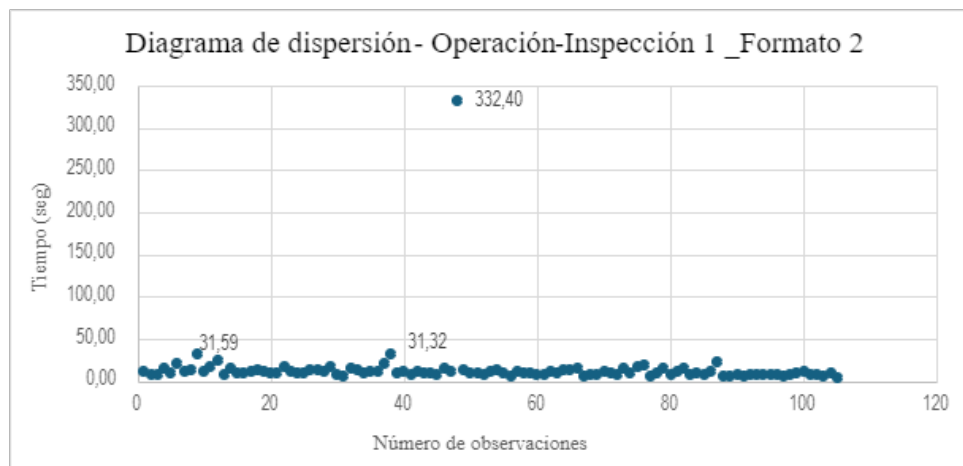
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14, se muestran que de las 251 observaciones tomadas inicialmente para esta operación únicamente 247 observaciones eran representativas para el proceso. La toma con mayor variabilidad es la 80 ya que el tiempo que fue registrado de 194.49 segundos. Revisando las grabaciones para esta operación se identificó que sucedió este tiempo debido a que hubo una confusión con algunos de los sobres. Por lo que la operaria tuvo que parar de producir ya que no contaban con el material de empaque (sobres) correcto.

El segundo dato más alto fue la observación 208 con un tiempo de 29.73 segundos. Esto se dio ya que la operaria acomodó la bolsa hermética con producto y el producto (junta el polvo de pimienta en una esquina) para poder seguir llenado. Se realiza esta operación para que no se tenga que hundir tanto el cucharón en la bolsa y hacer menos movimientos en el eje y.

Siguiendo con la operación-inspección 1, se tomaron 105 tomas de las cuales 102 fueron representativas para el estudio de tiempos. Estas se muestran a continuación:

Figura 15. Gráfica de dispersión de datos Op-Ins1_formato 2

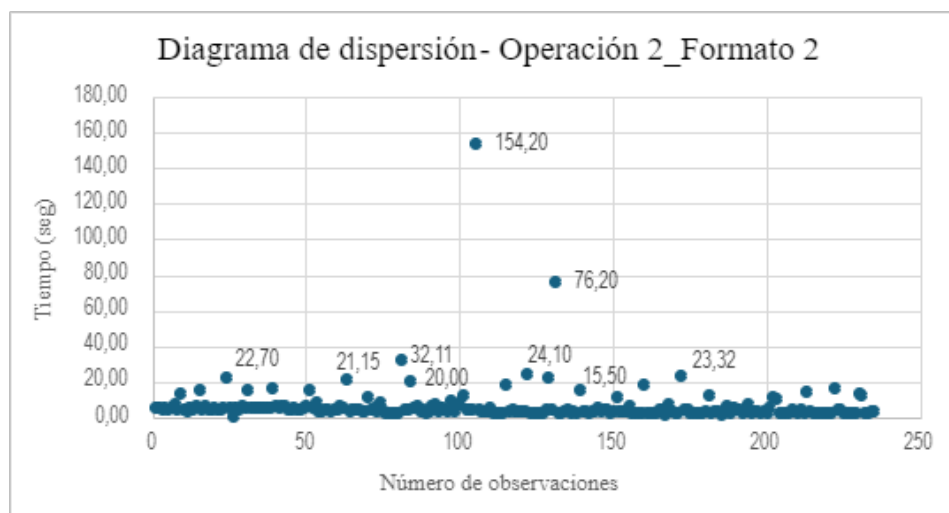


Fuente: Elaboración propia

Visualizando la gráfica de la Figura 15, se encontró que la observación que presenta la mayor diferencia en la muestra fue la 48 con un tiempo de 332.40 segundos (5.53 minutos). Previamente se había explicado que en la operación 1 hubo un atraso en la producción por un error en los sobres por lo que al arreglar esto, la operaria de la operación-inspección dejó su estación para ayudar en el llenado. Dando como resultado está dato no representativo para la muestra de esta operación. En el caso de los otros dos puntos atípicos, se deben a que la operaria se levanta a desechar producto que cayó en la mesa.

La siguiente operación en este proceso es el sellado, siendo esta en la que mayores datos no representativos se presentan. Se tomaron 235 observaciones de las que solo 208 fueron representativas para el estudio de tiempos. Por lo que se presentaron 27 datos atípicos en la muestra, estos se muestran a continuación:

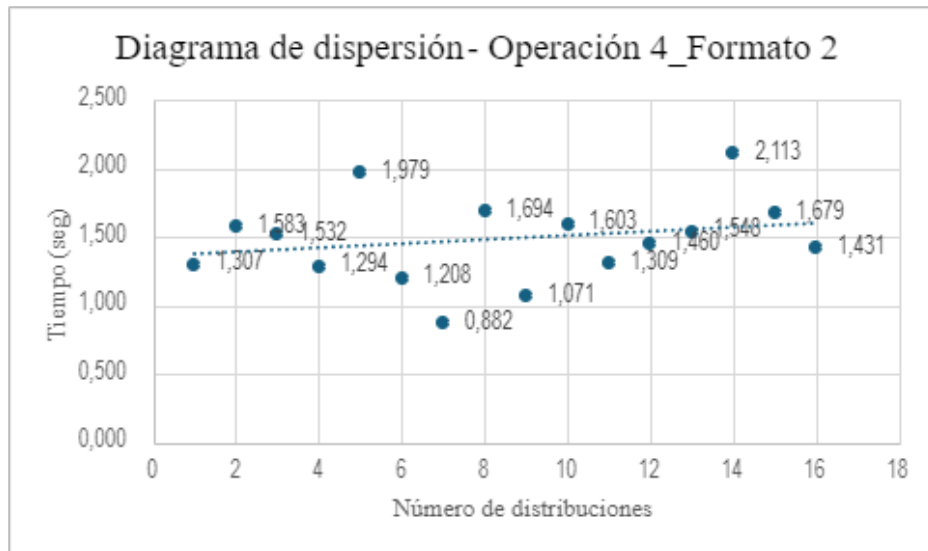
Figura 16. Gráfica de dispersión de datos Op2_formato 2



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica de la Figura 16, se encuentran los datos atípicos de la muestra de tiempos de la operación 2. El dato atípico más grande es el de la observación 105 con un tiempo de 154.20 segundos. Este tiempo se originó debido a que durante el tiempo en que la operaria de la operación-inspección estuvo llenando el sobre, se quedó un tiempo sin sobres que sellar. Por lo que se creó este tiempo tan alto en comparación con el resto de los datos atípicos y muestra. El resto de los datos atípicos también se deben a la falta de producto para sellar, aunque los tiempos de estos son más bajos. Por último, se tiene la operación 4 de embalado en donde se encontraron tres puntos atípicos:

Figura 17. Gráfica de dispersión de datos Op4_formato 2



Fuente: Elaboración propia

Utilizando la Figura 17, se tiene que los datos atípicos se encuentran en la observación 5 con 1.97 segundos, la observación 7 con 0.882 segundos y la observación 14 con 2.113 segundos. En el caso de la observación 7 está es el tiempo más pequeño de la muestra, pero no se consideró ya que no sucede tanto el proceso por lo que no es demostrativo. En el caso de la observación 14, este valor es muy grande comparo al promedio por lo que tampoco se tomó como parte del estudio de tiempos.

Al eliminar todos los datos atípicos de la muestra se obtuvieron las muestras para el estudio de tiempos. Se inició con el cálculo de holguras para las operaciones manuales, los resultados se muestran a continuación:

Cuadro 20. Holguras formato 2

Operación	Holguras
Operación 1 - Llenado sobre 20g	21%
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	19%
Operación 2 - Sellado de sobre	19%
Operación 4 - Embalado	21%

Fuente: Elaboración propia

Se consideró el mismo desglose de holguras que el formato 1 (ver Cuadro 20), por lo que se obtuvieron los resultados mostrados. En este caso se tiene dos operaciones con una holgura del 21% ya que son las operaciones en donde la operaria pasa de pie durante todo el turno por lo que la holgura es del 2%. En el caso de la operación-inspección y el sellado de sobre, estas tienen una holgura del 19% ya que a pesar de que estén sentadas éstas no lo están de una manera cómoda lo cual tiene un 0% de holgura. En los cuadros 154 a 157 de los anexos se encuentra el desglose de holguras para cada una de las operaciones manuales.

Luego se prosiguió a calificar el desempeño de cada una de las operadoras de las distintas operaciones. Se utilizo la misma rubrica que en el formato 1 (ver Cuadro 149 de anexos), de la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 21. Calificaciones de desempeño formato 2

Operación	Calificación
Operación 1 - Llenado sobre 20g	89%
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	93%
Operación 2 - Sellado de sobre	90%
Operación 4 - Embalado	83%

Fuente: Elaboración propia

Observado el Cuadro 21, se tiene que la operaria que tiene el mejor desempeño es la de la operación-inspección ya que, aunque toma pausas en el proceso como se explicó anteriormente no las realiza con el objetivo de ya no seguir trabajando. Si no que es para apoyar a otra estación a recuperar el ritmo. Mientras que en la operación 1 (89%) y la operación dos (90%), obtuvieron estas calificaciones ya que en general su desempeño es bueno no hacen más ni menos de lo que se les solicita. Por otro lado, se tiene la operación 4 con un desempeño de la operaria de tan solo el 83%. La operaria obtuvo esa calificación ya que durante el tiempo que se observó el proceso pudo haber aumentado el ritmo al que trabaja ya que pasa una gran parte del tiempo desocupada.

Al tener estos resultados se utilizaron para encontrar los tiempos del estudio de tiempos, en donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro 22. Resultados estudio de tiempos para el formato 2

Operación	Seg/bote	Sobres/min
Operación 1 - Llenado sobre 20g	5.88	10.20
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	13.04	4.6
Operación 2 - Sellado de sobre	4.67	12.84
Operación 3 - Codificación	3.4	17.66
Operación 4 - Embalado	0.76	78.93
Tiempo de ciclo (seg)	27.75	

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 22 se encuentra el tiempo en segundos que se tarda un sobre en cada una de las estaciones al igual que el ritmo de producción de la línea. Se obtuvo que el tiempo de ciclo para la producción de un sobre de 20g de pimienta es de al redor de 27.75 segundos, considerando que este tiempo no significa que cada 27.75 segundos un sobre es producido. Ya que como es un proceso manual se utiliza el ritmo de producción para determinar la fluides del proceso (producción continua ya que no espera a que un sobre pasa por todos los procesos para empezar a llenar el siguiente, siendo en este caso de 10 sobres por minuto.

En cuanto a la operación-inspección se tiene que su tiempo de producción es de un poco más del doble que el de la operación 1. Teniendo un tiempo de 13.04 segundos por sobre, este tiempo es más alto que el del formato 1 ya que por ser de un gramaje más pequeño es más tardado ser precioso en cuanto al peso. Comparando los ritmos de producción que para esta operación es de 4.6 sobres por minutos, se entiendo que al momento en que se inicie a producir este formato es probable que se tengan seis sobres en cola para ser ajustados.

Al igual se tiene que cuando pasen a la operación de sellado, habrá una falta de sobres para sellar para llegar a utilizar el ritmo de producción disponible en esta operación que es de 12.84 sobres por minuto. Tomando en cuenta únicamente las primeras 3 operaciones se tiene una caída en cuantos a los sobres que se pueden producir. Ya que de la cantidad que se llena solo menos de la mitad puede procesarse en la operación-inspección 1. Y al llegar a la operación 2 se podían procesar casi el doble de lo que proceso la operación-inspección 1.

En el caso de la codificación por ser un proceso manual se pueden procesar una mayor cantidad de productos ya que su tiempo de producción es de tan solo 3.4 segundos teniendo un ritmo de producción de 17.66 sobres por minuto. Al igual que en el formato 1, la operación de embalado tiene una mayor capacidad de procesamiento (78.93 sobres por minuto) y en este caso por ser un formato más pequeña esta incrementa.

Al producir este formato, el ritmo de producción lo dicta la operación de llenado, por lo que la ocupación de las estaciones se basa en este ritmo ya que, aunque las demás operaciones puedan producir más la operación uno no puede hacerlo. A continuación, se presentan las capacidades que actualmente tiene la línea:

Cuadro 23. Porcentaje de ocupación formato 2

Operación	Ocupación (%)
Operación 1 - Llenado sobre 20g	100%
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	222%
Operación 2 - Sellado de sobre	79%
Operación 3 - Codificación	58%
Operación 4 - Embalado	13%

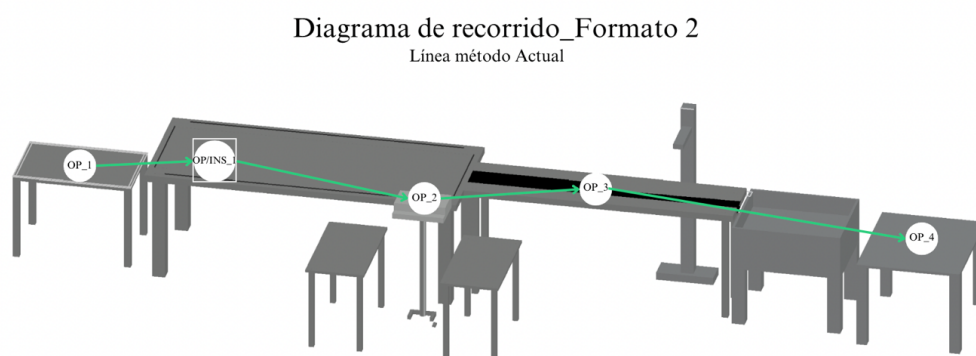
Fuente: Elaboración propia

Por la explicación dada anteriormente se tiene que la operación 1 de llenado trabaja al 100% de su capacidad mientras que la operación-inspección trabaja al 222% (ver Cuadro 23). Al tener la operación sobre el límite máximo de 100% nos indica que esta operación pueda estar siendo ejecutada por dos operarias. Lo cual Nestlé ha implementado actualmente, de igual manera se trabajó todo el estudio sobre una operaria, ya que es la manera más eficiente de determinar las ineficiencias en el proceso y de asegurar que la implementación de una nueva operaria sea necesaria.

Continuando con el sellado de sobre, esta tiene aún disponible el 21% de su ocupación. Este porcentaje se podría optimar si el tiempo de procesamiento de las operaciones anteriores sea menor para aumentar el ritmo de producción. Lo mismo sucede con la codificación ya que solo ocupa el 58% de su capacidad. Mientras que se tiene el caso del embalado que su ocupación es de tan solo el 13%. Lo que nos indica que esta operaria no está siendo utilizada de la manera más eficiente, y que el aumento en el tiempo de procesamiento de la operación-inspección afecta la producción de cajas.

Con el fin realizar un buen análisis del proceso se llevó a cabo una simulación, por lo que es importante conocer sobre la distribución de la estación en la planta y el tipo de distribuciones de los datos obtenidos en el estudio de tiempo. Por lo que a continuación se presenta el diagrama de recorrido, que permite visualizar la manera en la que el producto pasa por cada estación de la línea. El diagrama de recorrido para el formato 2 se muestra a continuación.

Figura 18. Diagrama de recorrido formato 2



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en Figura 18, se identificaron dos traslados del producto en la línea. Siendo este el de la mesa principal a la mesa para la selladora. Esta pequeña operación es realizada por la operaria de la estación de llenado, desde la posición en la que trabaja. Al igual que en el formato 1 se tiene la operación de traslado de la mesa de empaque a la tarima, pero por instrucciones de Nestlé Zona 12 no se tomará cuenta para el estudio.

Al tener el diagrama de recorrido de la línea se utilizó la muestra de datos obtenidos en el estudio de tiempos para encontrar las distribuciones para cada una de las muestras. A continuación, se encuentran las distribuciones obtenidas para cada operación:

Cuadro 24. Distribuciones de datos para el formato 2

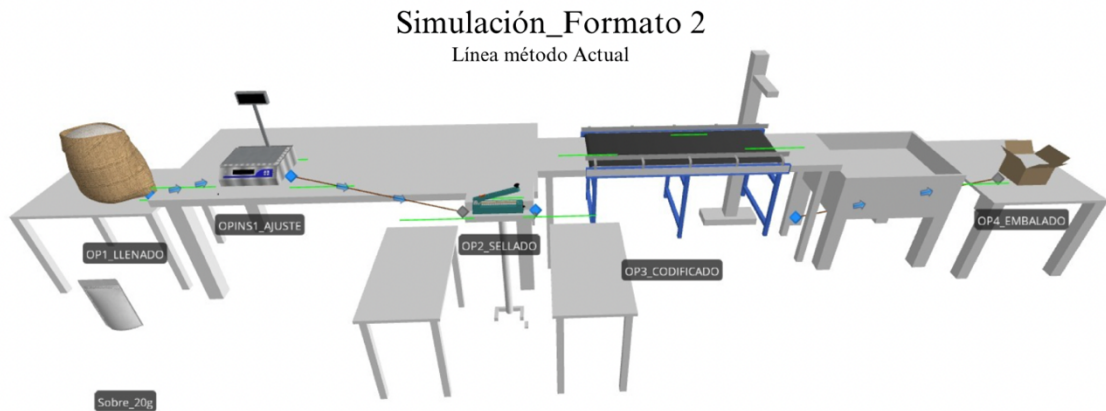
Operación	Distribucion
Operación 1 - Llenado sobre 20g	Triangular (2, 4.17, 15)
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	Triangular (4.61, 10.63, 24.70)
Operación 2 - Sellado de sobre	Triangular (0.65 , 2.46 , 9.85)
Operación 3 - Codificación	Triangular (3.36,3.46,3.78)
Operación 4 - Embalado	Triangular (0.5,0.78,0.88)

Fuente: Elaboración propia

Para este formato se obtuvieron dos distribuciones de manera manual y tres utilizando el software de Input Analyzer (ver Cuadro 24). Las distribuciones que se sacaron de manera manual fue la operación-inspección y la operación 3 de codificación. Estas distribuciones se obtuvieron manualmente, ya que la muestra de datos mostraba variaciones significativas por lo que al utilizar el programa esta no las utilizaba. Al igual que se utilizó una distribución triangular ya que es la que mejor modela los tiempos de ciclo con variables.

En cuanto al resto de las operaciones, Input Analyzer escogió la distribución que más se asemejan a los datos, como se observa estas distribuciones al igual fueron triangulares. Por lo que el programa considerando los valores máximos, mínimos y el promedio de cada una de las muestras de datos finales. Teniendo las distribuciones de la muestra de datos, se obtuvo el siguiente simio en el software de Simio Simulation (ver Figura 19).

Figura 19.Simulación del formato 2



Fuente: Elaboración propia

Al correr la simulación, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 25.Resultado simio para la operación 1_formato 2

Operación 1 - Llenado manual de sobre formato 2	
Elemento	Valor (sobres)
Unidades que entraron	526
Unidades que salieron	526

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 25, se encuentra la operación 1 ya que esta es la operación que dicta la velocidad a la que trabaja la línea. Por lo que al simular el proceso durante una hora se obtuvo que puede producir 526 sobres de 20g de pimienta. Por lo que aproximadamente pueden producir 22 cajas en una hora. Continuando con la operación-inspección 1, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 26.Resultado simio tiempos de espera, operación-inspección 1_formato 2

Operación/Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso formato 2		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	837.41
TiempoEstación	Máximo	1738.26
TiempoEstación	Mínimo	0.00
TiempoProcesamiento	Promedio	13.33
TiempoProcesamiento	Máximo	24.17
TiempoProcesamiento	Mínimo	5.84

Fuente: Elaboración propia

En el caso de esta operación se obtuvieron los siguientes resultados, ver cuadro 26. En promedio, se tiene que un sobre espera 837.41 segundos en poder ser procesado. Aunque el tiempo pueda sonar elevado, hace sentido ya que si se observa el procedimiento en el momento en que sale una unidad de la operación 1 no significa que esa misma unidad es la que se procesa en esta operación. Al igual existe un factor de aleatoriedad en la selección de que sobre se procesara, por lo que puede haber un sobre

que no más al llegar a la estación es procesado como pueda ser que espera un tiempo en ser procesado.

En cuanto a su tiempo de procesamiento se tiene que está es en promedio de 13.33 segundos con un máximo de 24.17 segundos y un mínimo de 5.84 segundos. Tomando en cuenta los tiempos previamente mencionados, se afirma que esta operación es de las más tardadas en el proceso. En esta operación también se verifica la sobre utilización que tiene la operaria, ya que de las unidades que ingresaron a esta estación 256 de ellas no lograron ser procesadas o se estaban procesando cuando el tiempo de la simulación terminó. Esto se muestra a continuación

Cuadro 27. Resultados de las entidades para la operación-inspección 1_formato2

Operación/Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso formato 2	
Elemento	Valor (sobres)
Unidades que entraron	526
Unidades que salieron	271
Unidades finales	270

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 27, se tiene que únicamente 270 unidades lograron seguir en el proceso y que adicional a esta 1 unidad se queda siendo procesada. Por ende, se tiene una pérdida de unidades significativas en el proceso. Por otro lado, tenemos la operación de sellado, en donde se encontró lo siguiente:

Cuadro 28. Resultado simio tiempos de espera, operación 2_formato 2

Operación 2 - Sellado de sobre formato 2		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.01
TiempoEstación	Máximo	0.79
TiempoEstación	Mínimo	0.00
TiempoProcesamiento	Promedio	4.21
TiempoProcesamiento	Máximo	9.43
TiempoProcesamiento	Mínimo	0.83
TiempoMuerto	Promedio	9.19
TiempoMuerto	Total	2463.53

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 28, se encuentra que el tiempo de espera de un sobre para ser sellado es de aproximadamente 0.01 segundos con un máximo de 0.79 segundos. Esta es una operación rápida ya que la operaria trabaja a una velocidad alta. En cuanto a su tiempo de procesamiento se tiene que en promedio de 4.21 segundos, con un máximo de 9.43 segundos que se pueden dar si es que la operaria coloca mal el sobre y lo debe de reacomodar.

Mientras que su tiempo muerto es de alrededor 9.19 segundos por sobre, que se pueden distribuir en donde toma el sobre y lo acomoda en la selladora. También este tiempo muerto puede ser el tiempo que toma la operaria en mover el contenedor de sobres cerca de su estación. En el caso de esta operación no se tiene ninguna unidad que se quedó siendo procesada cuando terminó el tiempo de simulación o que no alcanzó a ser procesada. Estos se muestran en el Cuadro 29 a continuación.

Cuadro 29.Resultados de las entidades para la operación 2_formato2

Operación 2 - Sellado de sobre formato 2	
Elemento	Valor (sobres)
Unidades que entraron	270
Unidades que salieron	270

Fuente: Elaboración propia

La siguiente operación es la codificación del sobre, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 30.Resultado simio tiempos de espera, operación 3_formato 2

Operación 3 - Codificación sobre formato 2		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.00
TiempoEstación	Máximo	1.11
TiempoEstación	Mínimo	0.00
TiempoProcesamiento	Promedio	3.54
TiempoProcesamiento	Máximo	3.77
TiempoProcesamiento	Mínimo	3.38

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 30, se tiene que en promedio el sobre no espera a ser procesado y si se llega a dar la situación en donde debe de esperar el tiempo de espera es de 1.11 segundos. Al igual se tiene un tiempo promedio de procesamiento de 3.54 segundos con un máximo de 3.77 segundos y un mínimo de 3.38 segundos. En general es una operación rápida y eficiente, se tiene que de las 270 unidades que ingresaron al sistema únicamente 1 unidad se quedó siendo procesada. Eso se muestra en el cuadro 31 a continuación:

Cuadro 31.Resultados de las entidades para la operación 3_formato2

Operación 3 - Codificación sobre formato 2	
Elemento	Valor (sobres)
Unidades que entraron	270
Unidades que salieron	269

Fuente: Elaboración propia

Por último, se tiene la operación 4 que es el embalado de los sobres a caja. En el Cuadro 32 a continuación, se presentan que en promedio los sobres esperan 0,72 segundo en embalsarse a caja y que el máximo de espera es 0,88 segundos.

Cuadro 32.Resultado simio tiempos de espera, operación 5_formato 2

Operación 4 - Codificación sobre formato 2		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.72
TiempoEstación	Máximo	0.88
TiempoEstación	Mínimo	0.51

Fuente: Elaboración propia

Al igual se tiene que se tiene un total de 269 unidades que fueron embaladas a la caja (ver Cuadro 33). Es decir que al finalizar este proceso únicamente fueron procesadas 257 unidades de las 526 que inicialmente empezaron el proceso.

Cuadro 33.Resultados de las entidades para la operación 5_formato2

Operación 4 - Embalado de sobre formato 2	
Elemento	Valor (sobres)
Unidades que entraron	269
Unidades que salieron	269

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se evaluaron los movimientos efectivos e inefectivos que se efectúan durante las operaciones mediante los bimanuales. Considerando únicamente los procesos que son totalmente manuales por los que las operaciones de sellado/codificación no se tomaron en cuenta. Se presentan los siguientes resultados.

Cuadro 34.Resultados estudio de movimientos formato 2

Operación	Mano Derecha			Mano Izquierda		
	Efectivo	Inefectivo	Total	Efectivo	Inefectivo	Total
Operación 1 - Llenado manual del sobre de 20g.	4	2	6	5	1	6
Operación/Inspección 1 - Verificación y ajuste del peso del producto.	10	0	10	4	6	10
Operación 2- Sellado del sobre en selladora manual	8	2	10	3	7	10
Operación 4- Embalado de los sobres a caja.	24	2	26	18	8	26

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 34 se muestran los movimientos efectivos e inefectivos totales para cada una de las manos. Iniciando con la operación de llenado, se cuentan con 4 movimientos efectivo para la mano derecha y 5 para la mano izquierda. Mientras que de movimientos inefectivos se cuentan con 2 para la mano derecha y uno para la mano izquierda. Como se muestra en la distribución del bimanual para este formato (ver Cuadro 183 de anexos) los movimientos se realizan de manera horizontal por lo que la operaria no debe de realizar algún giro de su torso.

Al igual que en el formato anterior la operaria encargada de esta operación sostiene el cucharón en la mano derecha durante todo el momento. En el caso de la mano izquierda la operaria la utiliza para abrir el sobre. Para esto hace uso de los dedos realizando un movimiento tipo chasquido lo que logra abrir el sobre, al igual es importante considerar que para realizar esto la operaria no utiliza guantes ya que no es posible abrir el sobre con. El no utilizar guantes abre las puertas a temas de inocuidad que puedan estarse descuidando por parte de los operarios, aunque para entrar a planta siguen un protocolo estricto de higiene.

Ahora bien, en cuanto a la operación/inspección se obtuvieron 10 movimientos efectivos para la mano derecha y cuatro para la izquierda. De modo que se obtuvo cero movimientos inefectivos para la mano derecha y 6 para la mano izquierda. Con relación a estos movimientos se encontró que la operaria al igual mantiene su mano ocupada sosteniendo una cuchara durante la producción. Por ser una actividad de ajuste, la cantidad de producto que se debe de añadir o quitar es muy poca. Lo que hace que se realicen movimientos repetitivos, para esto en el bimanual se usó un promedio de 2 utilizaciones de la cuchara, aunque en algunos casos pueden ser más (ver Cuadro 184 de anexos).

Siguiendo con la operación dos que es el sellado, se cuentan con 8 movimientos efectivos para la mano derecha y 3 para la izquierda. Teniendo 2 movimientos inefectivos para la mano derecha y 7 para la mano izquierda. Al realizar esta operación el operario está expuesto a diversos riesgos ergonómicos. En esta operación es necesario que la operaria alcance un contenedor con los sobres de la mesa de pesado y los ponga en la mesa para el sellado, (ver Cuadro 185 de anexos). La mesa en donde están los contenedores (posición 2) tienen una altura de 86 cm mientras que la mesa de la posición 1 tiene una altura de 65cm.

Este movimiento puede ser dañino ya que el operario permanece sentado y a partir de su lugar se estira para agarrar el contenedor. Al tener el contenedor de sobres a la altura de la selladora los movimientos se vuelven completamente horizontales, por lo que solo se mueven los brazos y mano, pero no el torso.

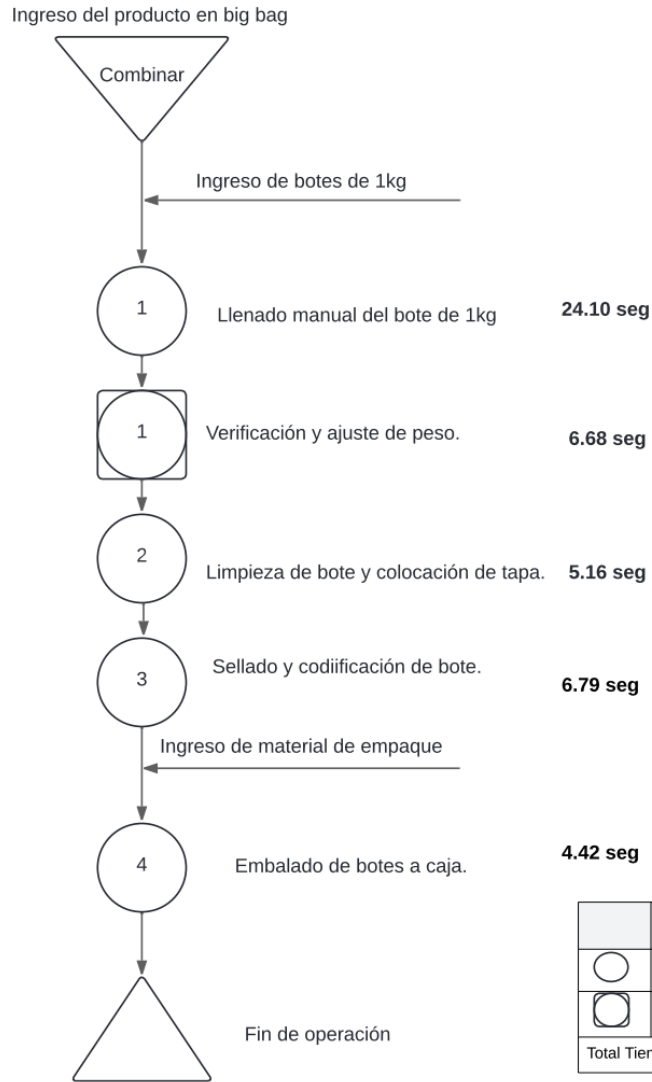
Por último, se tiene la operación cuatro de embalado, en donde la mano derecha realiza 24 movimientos efectivos y la izquierda 18 (ver Cuadro 186 de anexos). Y de movimientos inefectivos la mano derecha realiza 2 y la izquierda 8. Igual que en la operación de embalado del formato uno, la operaria realiza un conjunto de movimientos repetidas veces para hacer del embalado menos cansado. En este caso son cinco movimientos que se realizan dos veces, en estos movimientos se toman 12 sobres a la vez para trasladarlos a la caja. De esta manera solo es necesario agacharse dos veces a la mesa de recibo, ya que cada caja está compuesta por 24 sobres. El resto de los movimientos se realizan para el armado y sellado de la respectiva caja.

Así mismo se realizó el levantamiento de procesos para el formato número 3, que es un bote de 1kg. En la Figura 20 a continuación se muestra el diagrama de operaciones para este procedimiento. Como se observa este proceso cuenta con cinco operaciones incluyendo una operación-inspección como en los formatos anteriores.

Este formato cuenta al igual con una operación automática que es el sellado y codificado del producto. Es importante destacar que la operación de sellado cuando son formatos de bote, lo que sucede es que la selladora calienta la tapadera ya puesta en el bote y el calor hace que se pegue el liner que va en la tapa. Y la codificación es básicamente la impresión de la fecha de caducidad de los productos.

Figura 20. Diagrama de operaciones formato 3

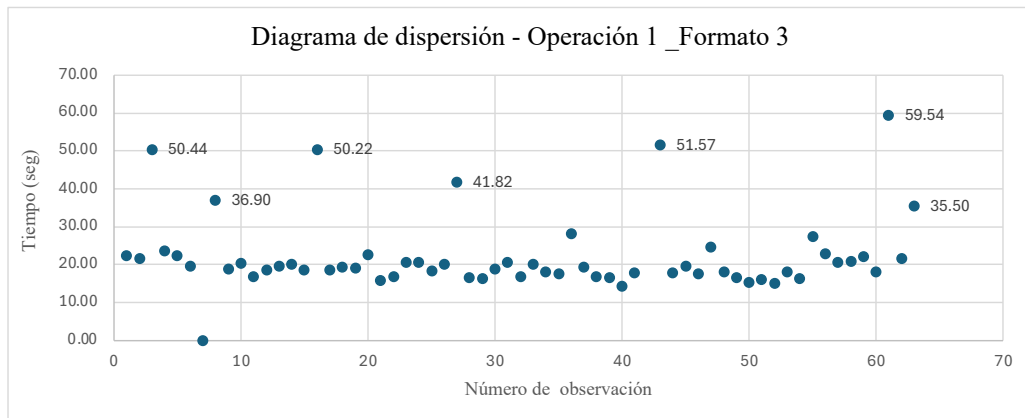
Diagrama de Procesos de la Operación: Embalado de condimentos 1kg
 Método Actual
 Fecha de elaboración; 15 de julio del 2024
 Elaborado por: Ayda Sulecio Leal
 Alcance: Desde que inicia el llenado hasta que es embalado a caja.



Fuente: Elaboración propia

Considerando los mismos pasos que se tomaron para los formatos anteriores, se prosiguió a analizar las muestras de datos obtenidos en la toma de tiempos. En este caso de las cinco operaciones que la componen, cuatro de estas presentando algún dato que no es representativo para la muestra. La única operación que los datos no presentan una variabilidad alta es la operación de sellado y codificado. La primera operación que presenta irregularidades en la muestra es la operación 1 de llenado. A continuación, se presentan los datos atípicos que se obtuvieron de la muestra:

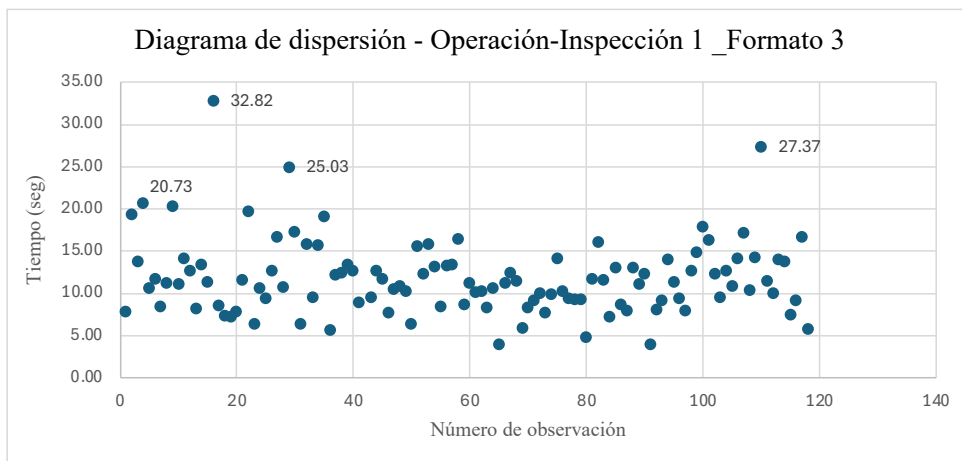
Figura 21. Gráfica de dispersión de datos Op1_formato 2



Fuente: Elaboración propia

Al observar la Figura 21, se tiene que los tiempos más altos están en un rango de 50.44 segundos a 59.54 segundos. Estos tiempos se presentaron en la producción ya que se encontraron algunos errores en el bote, ya que llevaban mal puesta la etiqueta por lo que tuvieron que revisar cada bote que se iba a producir. Mientras que el resto de los tiempos se deben a que la operaria movía el polvo dentro del saco para tener este lo más cercano y no tener que estirarse tanto. Esta operación la realizó varias veces ya que el gramaje del formato es mayor comprados a los anteriores por lo que consume más producto. Por lo que de la muestra inicial que fueron de 62 datos únicamente 55 de estos fueron representativos. Continuando con la operación-inspección 1, se obtuvieron los siguientes resultados.

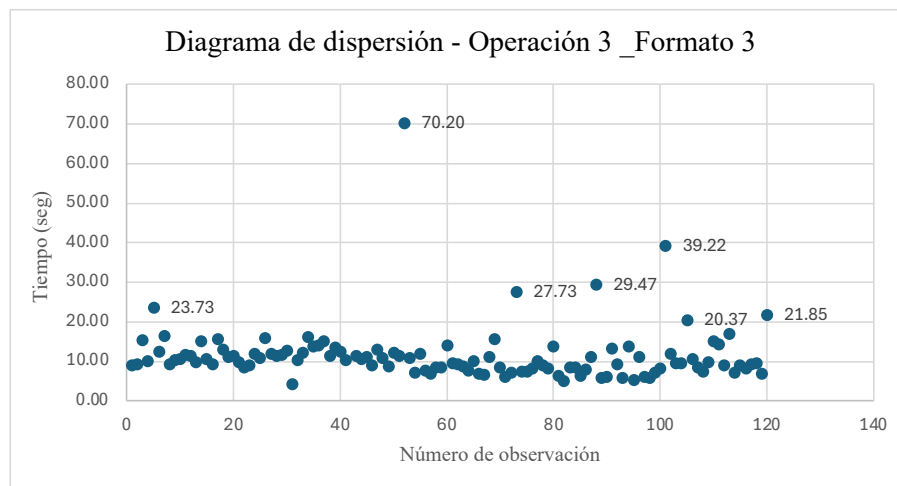
Figura 22 de dispersión de datos Op-Ins 1_formato 2



Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en gráfica de la Figura 22 se tiene que de la muestra de 117 datos únicamente 113 fueron representativos para los tiempos de esta operación. En el caso de la observación 16 que fue la que mayor irregularidad presento con un tiempo de 32.83 segundos. Estos tiempos se debieron a que la operaria recogía producto que caía en la mesa o acomodaba los botes que dejaba en la siguiente estación para hacer espacio y poder seguir procesando. En cuanto a la limpieza y colocación de tapa se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 23. Gráfica de dispersión de datos Op3_formato 2

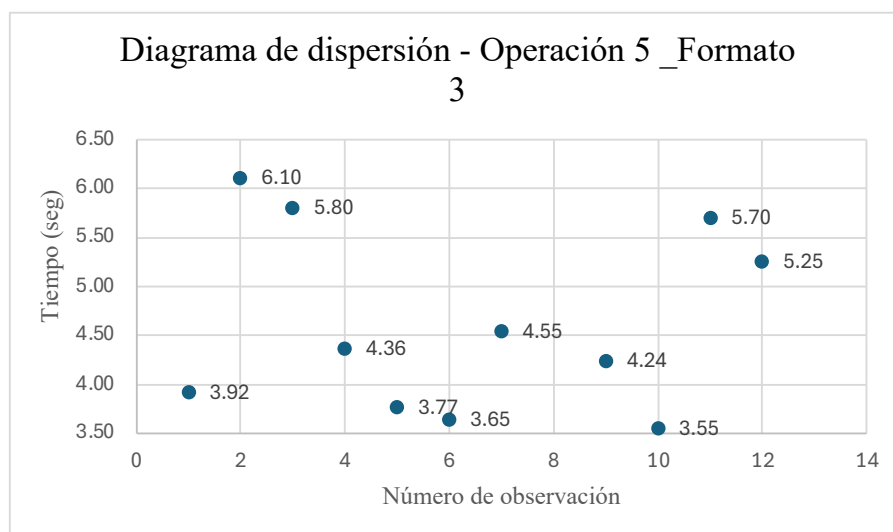


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica anterior (ver Figura 23), se observa que la observación 51 fue la que mayor tiempo tomó con 70.20 segundos, esto se dio ya que la operaria abandonó la estación para embalar una caja en la operación 5. Al dejar este tiempo la estación ocasionó que el tiempo de producción para la unidad que iba a ser procesada aumentara. Mientras que la observación 100 con un tiempo de 39.22 segundos se debió a que la operaria de la operación 5 fue a comentar algo con ella, por lo que por ese momento ella no limpió ni colocó la tapa a ningún bote. Al eliminar estos datos se tuvo una muestra final de 112 observaciones de las 119 observaciones tomadas inicialmente.

La última operación en donde se encontraron puntos atípicos fue en la operación 5 de embalado. Observado la Figura 24 se identificaron cuatro datos atípicos, siendo estos la observación 2 con 6.10 segundos, la observación 3 con 5.80 y la observación 11 y 12 con 5.70 segundos y 5.25 segundos respectivamente. Estos tiempos se tomaron como atípicos ya que se identificaron que fueron tiempos en donde la operaria dejaba su estación por ir a realizar otras actividades.

Figura 24. Gráfica de dispersión de datos Op5_formato 2



Fuente: Elaboración propia

Al tener la muestra de datos, se prosiguió a trabajar en el estudio de tiempos para el formato 3. Para esto se obtuvieron las holguras para cada una de las operaciones, éstas se muestran a continuación:

Cuadro 35. Holguras formato 3

Operación	Holgura
Operación 1 - Llenado bote 1Kg	21%
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	19%
Operación 2 - Limpieza y tapa	19%
Operación 4 - Embalado	21%

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó el mismo desglose de holguras que en el formato 1 (ver Cuadro 35), por lo que se obtuvo que 2 operaciones tienen una holgura del 19% ya que estas operaciones se realizan estando sentado por lo que la holgura es del 0%. Mientras que en la primera y última operación las operarias permanecen de pie teniendo una holgura del 21%. Se pueden observar el desglose de holguras para cada una de las operaciones en los cuadros 158 a 161 en los anexos.

Después de tener el cálculo de las holguras, se califica el desempeño de las operadoras en su operación. Utilizando los mismos rubros que en el formato 1 (ver Cuadro 36), se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 36. Calificaciones de desempeño formato 3

Operación	Calificación
Operación 1 - Llenado bote 1Kg	93%
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	96%
Operación 2 - Limpieza y tapa	87%
Operación 4 - Embalado	83%

Fuente: Elaboración propia

Recordando los resultados de las operaciones anteriores se tiene que igual que en el formato 2 la operación de embalado es la que tiene la calificación más baja en este caso del 83% (ver Cuadro 36). Mientras que las operarias de la operación 1 e inspección 1 tienen una calificación por encima del 90%. En el caso de la operación 2 (96%), se obtuvo esta calificación ya que al observar la calificación de los rubros se identificaron que la operaria realiza más de dos movimientos en falso. El resto de las rúbricas se encuentran en los cuadros 171 a 174 de los anexos.

Tras tener el cálculo de holguras y calificación de las operarias, se prosiguió a realizar el estudio de tiempos. En donde para el formato 3 se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 37.Resultados estudio de tiempos formato 3

Operación	Seg/bote	Botes/min
Operación 1 - Llenado bote 1Kg	24.10	2.49
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	6.68	8.98
Operación 2 - Limpieza y tapa	5.16	11.12
Operación 3 - Codificación y sellado	6.79	8.84
Operación 4 - Embalado	4.42	13.56
Tiempo de ciclo	47.15	

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 37, se indica que el tiempo de ciclo para la producción de una unidad del formato 3 de 1kg es de 47.15 segundos. Teniendo que la operación más tardada es la operación 1 con un tiempo de procesamiento de 24.10 segundos. La segunda operación más tardada es la operación 3 de codificado y sellado con 6.79 segundos seguida por la operación-inspección 1 con 6.68 segundos. Mientras que la operación 2 tiene un tiempo de 5.15 segundos, siendo un proceso rápido al igual que el embalado con 4.42 segundos.

Así mismo como se indicó en los demás procesos, por ser un procedimiento manual la velocidad del ritmo de producción está determinado por la primera operación siendo en este caso de 2.49 sobres por minuto. Comparando este ritmo de producción con el que tiene la operación-inspección 1 (8.98 botes/min), la estación podría procesar 6 botes más de lo que actualmente se producen. En el caso de la operación 5, el ritmo de producción que tiene esta operación es más el doble del que tiene la primera operación. Lo mismo sucede con la operación 2, ya que la cantidad de botes que llegan a esa estación para ser procesadas es muy poco lo que puede crear tiempos de espera elevados.

A partir del ritmo de producción de la línea (2.49 botes/min) se obtuvieron los porcentajes de ocupación para las operaciones:

Cuadro 38.Porcentaje de ocupación formato 3

Operación	Ocupación (%)
Operación 1 - Llenado bote 1Kg	100%
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	28%
Operación 2 - Limpieza y tapa	22%
Operación 3 - Codificación y sellado	28%
Operación 4 - Embalado	18%

Fuente: Elaboración propia

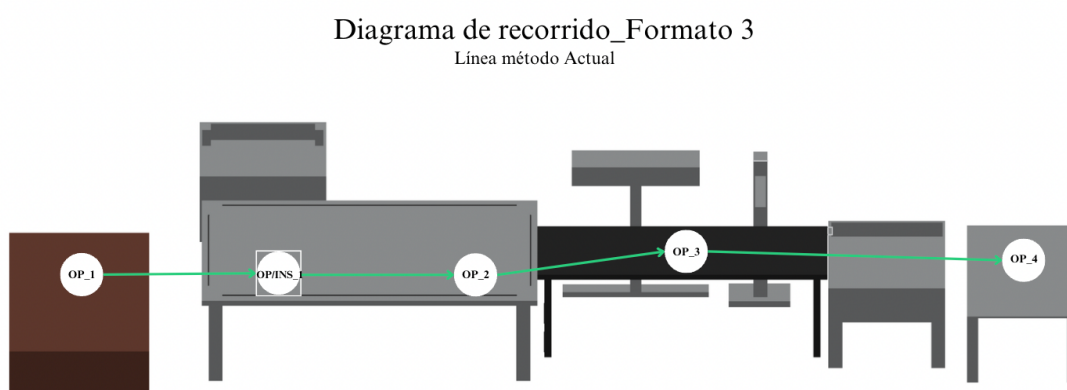
Partiendo de lo que se explicó anteriormente, la operación 1 de llenado se encuentran ocupando el 100% de su capacidad por ser la operación que dicta la velocidad de línea (ver Cuadro 38). A partir de lo observado el día de la visita, se puede identificar que en la operación 1, Nestlé Guatemala decidió agregar una persona más al área de llenado. Pero al verificar las ocupaciones se tiene que está se encuentra en el límite, por lo que añadir a esta persona puede ser que esté afectando las operaciones de las demás operarias.

En el caso de la operación-inspección se tiene una ocupación del 28%, es decir que no se está utilizando toda la capacidad que tiene la operaria. Tomando los tiempos mencionados anteriormente este porcentaje de ocupación hacen sentido ya que el ritmo

de producción de esta estación y la operación 2 es de más del doble. Lo mismo sucede con la operación de embalado que su ocupación es de tan solo el 18%, ya que la capacidad de producción que tiene es mucho mayor a la del llenado. Esto hace que la operaria no utilice toda su capacidad ya que no tiene las unidades suficientes para seguir embalando (considerando que se empaacan 12 botes en una caja).

Continuando con el mismo orden de los formatos anteriores, se trabajó en la distribución que tiene la línea en planta y el tipo de distribuciones de los datos obtenidos en el estudio de tiempo. A continuación, se presenta el diagrama de recorrido, que permite visualizar la manera en la que el producto pasa por cada estación de la línea.

Figura 25. Diagrama de recorrido formato 3



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 25, se identificaron dos traslados del producto en la línea. Siendo este el de la mesa principal a la mesa para la selladora. Esta pequeña operación es realizada por la operaria de la estación de llenado, desde la posición en la que trabaja. Al igual que en el formato 1 se tiene la operación de traslado de la mesa de empaque a la tarima, pero por instrucciones de Nestlé Zona 12 no se tomará cuenta para el estudio.

Luego de determinar el diagrama de recorrido de la línea se utilizó la muestra de datos obtenidos en el estudio de tiempos (ver Cuadro 133 a 137 de los anexos) para encontrar las distribuciones para cada una de las muestras. A continuación, se encuentran las distribuciones obtenidas para cada operación:

Cuadro 39. Distribuciones de datos para el formato 3

Operación	Distribucion
Operación 1 - Llenado bote 1Kg	Triangular (19,2,22,6, 24)
Operación-Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso	Triangular (4,03,11,35,20,43)
Operación 2 - Limpieza y tapa	Triangular (4,14,10,26,16,95)
Operación 3 - Codificación y sellado	Triangular (6,53,6,71,7,12)
Operación 4 - Embalado	Beta (0,841.0,98)

Fuente: Elaboración propia

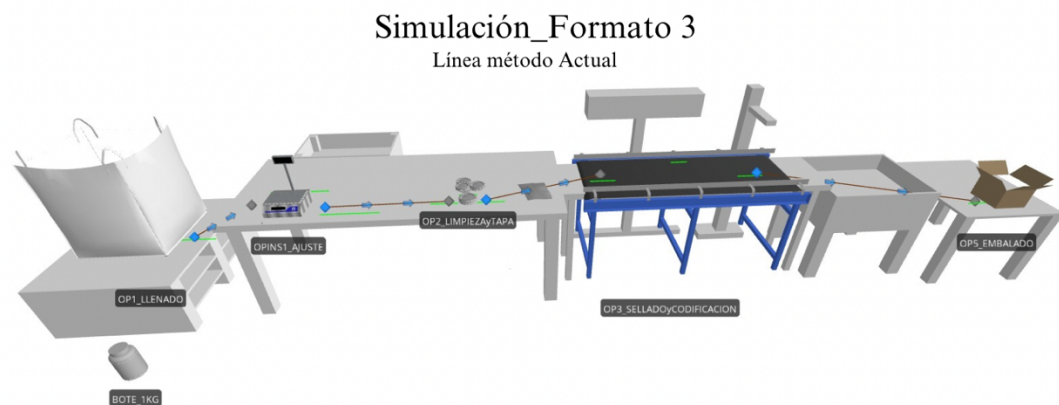
Como se observa en el Cuadro 39, se tiene que para este formato se utilizaron distribuciones triangulares para 4 de las operaciones. Dos de estas distribuciones fueron obtenidas con Input Analyzer siendo estas la operación 1 y 5. Estas operaciones eran

las que mayor control presentaban sus datos, por lo que este software determino que la distribución que más se asemejaba era la triangular y beta.

Al igual que en los formatos anteriores se utilizó una distribución beta para la operación de embalado. Esta distribución fue la que mejor se asemejaba a los datos ya que podía simular los tiempos ociosos que se tienen en la producción. Para la operación-inspección 1 y las operaciones 2 y 3, se calcularon las distribuciones manualmente. Esto se debe a que sus datos presentaban mucha irregularidad por lo que al eliminar estos, se podría tener más control calculándolas a mano.

Teniendo las distribuciones de la muestra de datos, se obtuvo el siguiente simio en el software de Simio Simulation.

Figura 26. Simulación formato 3



Fuente: Elaboración propia

Al correr la simulación por 1 hora se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 40. Resultado simio para la operación 1_formato 3

Operación 1 - Llenado manual de bote formato 3	
Elemento	Valor (botes)
Unidades Entraron	164
Unidades Salieron	164

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 40 anterior, se obtuvo que en total la operación de llenado es capaz de producir 164 unidades del formato 3 de 1kg. Tomando en cuenta este dato, se tiene que en una hora de producción esta línea podría estar produciendo alrededor de 14 cajas en una hora. Tomando en cuenta que todas las unidades que se llenaron sean procesadas en cada una de las estaciones dentro de una hora. En cuanto a la operación-inspección 1, se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 41.Resultado simio tiempos de espera, operación-inspección 1_formato 3

Operación/Inspección 1 - Ajuste y verificación de peso formato 3		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Máximo	19.31
TiempoEstación	Mínimo	0.00
TiempoEstación	Promedio	11.20
TiempoProcesamiento	Máximo	19.31
TiempoProcesamiento	Mínimo	4.74
TiempoMuerto	Mínimo	10.86
TiempoMuerto	Promedio	1770.87

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 41 se tiene que en promedio el tiempo de procesamiento es de 11.20 segundos con un tiempo mínimo de 4.74 segundos. Mientras que el tiempo promedio que espera el bote en poder ser ajustado es de 19.31 segundos. En cuanto a su tiempo muerto se tiene que este es de 10.86 segundos en promedio por unidad. Es decir que del tiempo total que tome la operación 10.86 segundos de este sea tiempo muerto.

Para esta operación al igual se obtuvo que 1 unidad no termina de ser procesada probablemente porque finalizo el tiempo de producción. Por ende, de las 164 unidades que inicialmente entraron a la operación solo 163 de ellas pudieron ser ajustadas y verificadoras de peso. Esto se muestra a continuación en el Cuadro 42:

Cuadro 42.Resultados de las entidades para la operación-inspección 1_formato3

Operación 1 -Llenado manual de bote formato 3	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	164
Unidades que salieron	164

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la operación de limpieza y colocación de tapa se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 43.Resultados simio tiempos de espera, operación 2_formato 3

Operación 2 -Limpieza y tapado de bote formato 3		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.41
TiempoEstación	Máximo	9.56
TiempoEstación	Mínimo	0
TiempoProcesamiento	Promedio	13.08
TiempoProcesamiento	Máximo	24.47
TiempoProcesamiento	Mínimo	0.04
TiempoMuerto	Promedio	10.19
TiempoMuerto	Total	1467.86

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 43, se identificó que el tiempo de espera promedio de 0.41 segundos con un tiempo máximo de espera en la estación es de 9.56 segundos, ya que para este

tipo de proceso no se procesa con forme va llegando el producto a la estación. Por lo que ese factor de aleatoriedad es el que provoca que se tengan tiempo de espera para ser procesados. En cuanto a su tiempo de procesamiento se tiene que en promedio este es de 13.03 segundos, siendo este proceso relativamente rápido en la producción. En cuanto al tiempo muerto se tiene que en promedio es de 10.19 segundos, que se pueden deber a factores distractorios que suceden en la línea.

De esta estación se obtuvieron que la cantidad de unidades que entraron a esta operación el 100% de ellas cumplió con el proceso. Esto se muestra en el Cuadro 44 a continuación.

Cuadro 44.Resultados de las entidades para la operación 2 _formato 3

Operación 2 - Limpieza y tapado de bote formato 3	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	163
Unidades que salieron	163

Fuente:Elaboración propia

Continuando con la operación de codificación y sellado del bote (ver Cuadro 45) se obtuvo que el tiempo promedio de espera es de 0.12 segundos con un máximo de 0.49 segundos. Es decir que cuando el producto termina la operación anterior puede ser que espere este tiempo para ser colocado en la banda y poder seguir el proceso. Se tiene un tiempo muerto de 21.83 segundos, que se puede dar durante la colocación del producto en banda que esté sea colocado de la manera correcta y se debe de acomodar.

Cuadro 45.Resultado simio para la operación 3 _formato 3

Operación 3 - Codificación y sellado formato 3		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.12
TiempoEstación	Máximo	0.49
TiempoEstación	Mínimo	0.01
TiempoMuerto	Promedio	21.83
TiempoMuerto	Total	3579.90

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en la operación anterior el 100% de las unidades fueron procesadas, por lo que el proceso continuo con 163 botes. Esto se muestra en el cuadro 46 a continuación:

Cuadro 46.Resultados de las entidades para la operación 3 _formato 3

Operación3 - Codificación y sellado formato 3	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	163
Unidades que salieron	163

Fuente: Elaboración propia

Por último, se tiene la operación de embalado que es donde finaliza la producción.

Cuadro 47.Resultado simio para la operación 4 _formato 3

Operación 5 - Embalado de botes formato 3		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.43
TiempoEstación	Máximo	0.98
TiempoEstación	Mínimo	0.00

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 47, se tiene que el tiempo promedio de espera para ser embalado es de 0.43 segundos con un máximo de 0.98 segundos y un mínimo de 0. Siendo estos tiempos bajos ya que se debe de considerar que son 12 botes que se embalan en la caja. Al finalizar el proceso se obtuvo que fueron producidas 163 unidades del formato 3 (ver Cuadro 48).

Cuadro 48.Resultados de las entidades para la operación 4 _formato 3

Operación 5 - Embalado de botes formato 3	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	163
Unidades que salieron	163

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se evaluaron los movimientos efectivos e inefectivos que se efectúan durante las operaciones mediante los bimanuales. Considerando únicamente los procesos que son totalmente manuales por los que las operaciones de sellado/codificación no se tomaron en cuenta. Se presentan los siguientes resultados:

Cuadro 49.Resultados estudio de movimientos formato 3

Operación	Mano Derecha			Mano Izquierda		
	Efectivo	Inefectivo	Total	Efectivo	Inefectivo	Total
Operación 1 - Llenado manual del bote de 1000g.	7	4	11	5	6	11
Operación/Inspección 1- Verificación y ajuste del peso del producto.	14	3	17	4	13	17
Operación 2- Limpieza de bote y colocación de tapa.	13	0	13	4	9	13
Operación 4- Embalado de los botes a caja.	46	1	47	36	11	47

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 49, se observa que en la operación 1 se tiene un total de 11 movimientos. En donde la mano derecha realiza 7 movimientos efectivos y 4 inefectivos. Mientras que la mano izquierda realiza 5 movimientos efectivos y 6 inefectivos. En el caso de esta operación la operaria toma el cucharón para llenado y en ningún momento lo suelta, por lo que a largo plazo puede causar problemas a su mano. Al igual en cuanto a la distribución para esta operación, se tienen movimientos tanto de manera horizontal como vertical (ver Cuadro 187 de los anexos).

En cuanto a la operación-inspección 1 se identificaron 14 movimientos efectivos en la mano derecha y 4 en la mano izquierda mientras que se efectuaran 3 movimientos inefectivos en la mano derecha y 13 en la mano izquierda. La cantidad de movimientos inefectivos en la mano izquierda se debe a que esta la única operación que realiza es que mueve el bote de la mesa a la balanza por lo que el resto de tiempo está en reposo. Como se ve en el cuadro 188 de los anexos, todos los movimientos se realizan de manera

horizontal por lo que puede significar que exista un exceso de movimientos que realice la operaria volviendo de esta operación tediosa.

Continuando con la operación dos (ver Cuadro 189 de los anexos), se tiene que la mano derecha realizó 13 movimientos efectivos mientras que la mano izquierda 4. Evidentemente por ser un proceso manual se tendrán operaciones con un exceso de movimientos, como lo es en el caso de la operación 4 ver Cuadro 190 de los anexos. Esta operación tiene un total de 47 movimientos por mano, siendo estos 46 movimientos efectivos para la mano derecha y 36 para la mano izquierda. Sin embargo, se tiene 11 movimientos inefectivos en la mano izquierda y uno solo en la mano derecha. Es decir que la mano derecha es la que realiza la mayoría de los movimientos efectivos, siendo este el caso para todas las operaciones de la línea.

Visto el levantamiento de procesos para cada uno de los formatos, se puede determinar que conforme avanza las horas y suceden los cambios de formatos las operarias empiezan a bajar el ritmo de producción. Al igual que al momento de simular el proceso esto se vio reflejado ya que el proceso que está más controlado fue el formato 1 de 180g de sazón completa. Así pues, se identificó que entre el formato 1 y formato 2 la operación de limpieza y colocación de tapa se realiza de manera individual en el formato 1 y en el formato 3 lo realiza la misma operaria.

En resumen, en esta primera fase se identificó que cada uno de los formatos trabaja al ritmo de la primera operación y qué está es el cuello de botella en la producción. En el caso del formato 1 se tiene un ritmo de producción de 4.98 botes/min, para el formato 2 de 10.20 sobres/minuto y para el formato 3 es de 2.49 botes/min. De igual manera se identificó que las operaciones de embalado son las que menos ocupación tiene en todo el proceso. Durante el proceso se identificaron movimientos efectivos como inefectivos lo que revela oportunidades para mejorar la ergonomía y reducir tiempos ociosos. Y por último se confirmó a través de simulaciones que el proceso tiene más capacidad que la producción actual por lo que cuenta con potencial para la optimización.

8.2 Fase dos: Análisis de la productividad

Nestlé Guatemala utiliza distintos indicadores para poder determinar su productividad en las distintas líneas que existen en la planta. Por lo que se prosiguió a estudiar los pesos obtenidos de la producción del estudio de tiempos. Para cada uno de los formatos se evaluaron 44 muestras escogidas aleatoriamente. Empezando para por el formato 1 de 180g se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 50. Resultado pesos netos formato 1

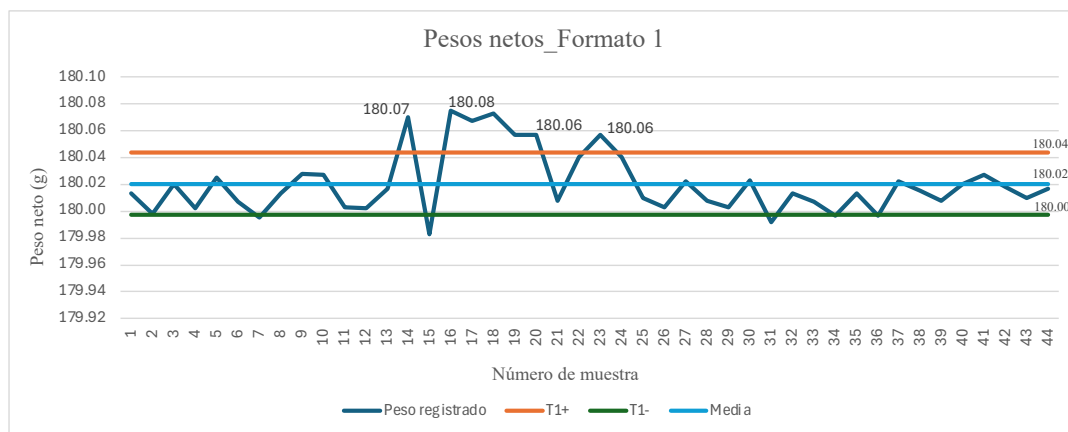
Pesos netos - Formato 1	
Peso Promedio (g)	180.02
Desviación estándar	0.02
Coefficiente de Variación	0.01%
Rango	0.09

Fuente: Elaboración propia

Al observar el Cuadro 50, se tiene que el peso promedio de la muestra fue de 180.02g con una desviación estándar de 0.02g. Por ende, se tiene que el coeficiente de variación es tan solo del 0.01%, teniendo una diferencia de 0.09g entre el peso mayor y

el menor. Al tener estos datos se calcularon los límites de tolerancia que tiene el proceso para determinar la concentración de estos, estos se muestran en la Figura 27 continuación.

Figura 27. Gráfica de control de procesos formato 1



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 51. Tolerancias de proceso formato 1

Tolerancias del proceso - formato 1	
T1+	180.04
T1-	180

Fuente: Elaboración propia

Para este formato se tuvo una tolerancia positiva de 180.04g y una tolerancia negativa de 180.00g (ver Cuadro 51). A partir de esto se observa en la gráfica tal que la gran mayoría de datos están centrados dentro de las tolerancias permitida por el proceso. Los datos que se encuentran por encima de estas tolerancias son 7, estando estos en un rango de 180.06g a 180.08g, mientras que el dato que está por debajo es 1 con un peso de 179.98g.

A pesar de que estos datos no estén dentro las tolerancias son aceptados ya que la fábrica de Nestlé tiene una norma de variación aceptable del $\pm 4\%$. Al igual que esta pequeña variación está dentro del límite tolerable establecido por el RTCA (ver Cuadro 192 de anexos), que para productos pre-empacados de menos de 180g es del $\pm 4.5\%$. Es decir que tienen una tolerancia adicional de 163g y 196g, por lo que la muestra aún está dentro de estas tolerancias. Se prosiguió con el análisis de capacidad del proceso, los resultados se presentan a continuación:

Cuadro 52. Índices de capacidad de proceso formato 1

Índice de capacidad del proceso - formato 1	
Cp	0.33
CpK	0.33
Porcentaje diferencia	-0.01%

Fuente: Elaboración propia

Para la producción del formato 1 se tiene un Cp y CpK del 0.33 (ver Cuadro 52). El tener ambos valores iguales nos indica que el proceso está centrado respecto a las especificaciones que requiere el producto. El valor está cercano a uno por lo que a pesar de que no llegue a este valor, aun se considera que el proceso puede cumplir con las especificaciones y con una buena calidad. Se tiene una variación de tan solo el -0.01%, es decir que el producto en promedio lleva 0.04g más de producto.

Como se explicó anteriormente, la balanza se tara antes del inicio de la producción para poder configurar está y que peso únicamente el producto (peso neto). A partir de las ocho muestras que se tomaron para realizar este proceso, se obtuvo el siguiente resultado.

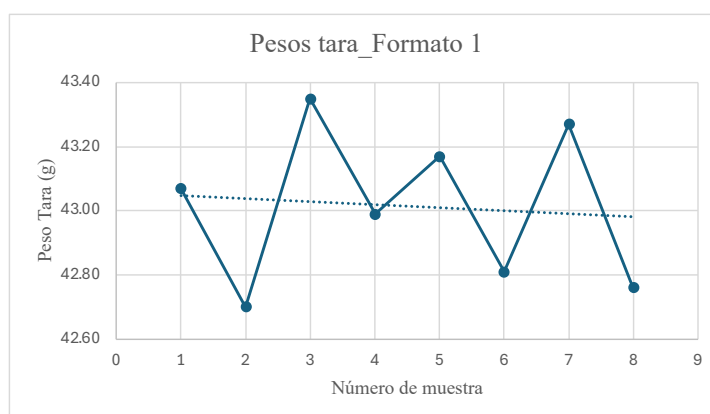
Cuadro 53.Resultado pesos tara formato 1

Pesos tara - formato 1	
Peso promedio (g)	43.02
Desviación estándar	0.24
Coefficiente de variación	0.56%
Rango	0.65

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el peso promedio del bote es de 43.02g con una desviación de 0.24g (ver Cuadro 53). Teniendo una diferencia en promedio de 1.21g con el peso nominal establecido. Por lo que para la tara de este formato se utilizó el peso de 43.3g (siempre se escoge el de mayor peso), considerando que la diferencia entre el peso mayor y menor es de tan solo 0.65. En la Figura 28 a continuación se presentan el comportamiento de la muestra de datos.

Figura 28. Gráfica de pesos tara formato 1



Fuente Elaboración propia

Por último, se tiene el peso bruto, para estos se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 54.Resultado pesos bruto formato 1

Pesos bruto - formato 1	
Peso promedio (g)	233.37
Desviación estándar	0.03
Coefficiente de variación	0.01%
Rango	0.12

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 54, se tiene que el promedio de peso bruto de la muestra fue de 223.37 con una desviación de 0.03g y una desviación del 0.01%. Teniendo una diferencia de 0.12g entre el peso bruto mayor y menor. A partir de la desviación se obtuvieron las tolerancias del proceso:

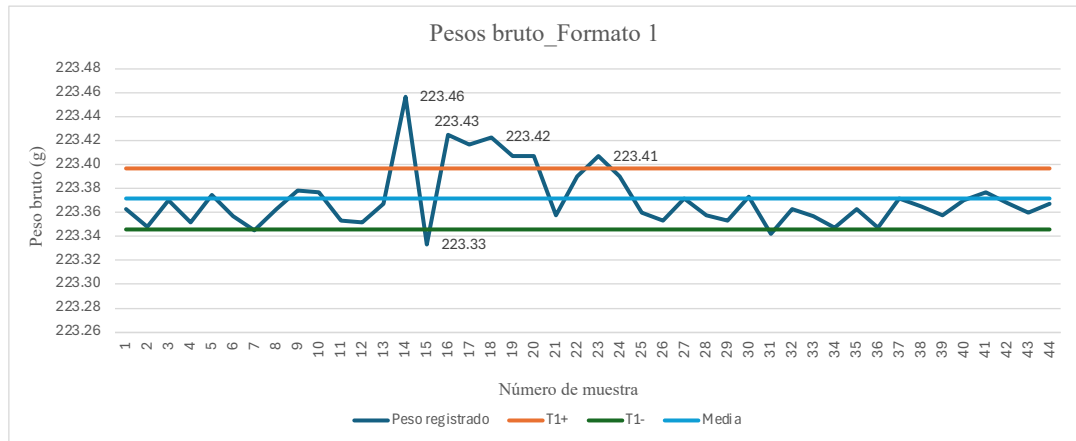
Cuadro 55.Tolerancias de peso bruto del proceso formato 1

Tolerancias del proceso - formato 2	
T1+	233.4
T1-	223.35
Porcentaje diferencia	-0.01%

Fuente: Elaboración propia

Para el peso bruto del formato 1 se tiene tolerancias de 223.40g y 223.35 (ver Cuadro 55). por lo que el comportamiento de la muestra es la siguiente:

Figura 29.Gráfica de control de procesos peso bruto formato 1



Fuente: Elaboración propia

Observando la Figura 29, el proceso cuenta con siete datos que están fuera de las tolerancias en un rango de 223.46g a 223.41. Mientras que se cuenta con un solo dato que está por debajo de la tolerancia con 223.33g. Por consiguiente, se obtuvo el Cp y Cpk para determinar la capacidad del proceso final, siendo está la siguiente:

Cuadro 56. Índices de capacidad de pesos brutos del proceso formato 1

Índice de capacidad del proceso - formato 1	
Cp	0.33
CpK	0.33

Fuente: Elaboración propia

Con el Cp y Cpk del Cuadro 56, se demuestra que el proceso es capaz de cumplir con los estándares del peso bruto del proceso y que aun así los datos que están por fuera de sus tolerancias aún están dentro de las tolerancias establecidas por Nestlé y la RTCA que para este producto es del 9% (18.2g y 21.8g) por lo que la muestra aún está dentro de las tolerancias del proceso. Continuando con los pesos netos para el formato 2 de 20g, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 57. Resultados pesos netos formato 2

Pesos netos - formato 2	
Peso promedio (g)	20.01
Desviación estándar	0.01
Coefficiente de variación	0.04%
Rango	0.04

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un peso promedio de 20.01g (ver Cuadro 57) con una desviación de 0.01g y un coeficiente de variación del 0.04%. Se tiene una diferencia de 0.04 entre el peso mayor y el menor. A partir de la desviación que presenta la muestra de datos, se obtuvieron las siguientes tolerancias para el proceso

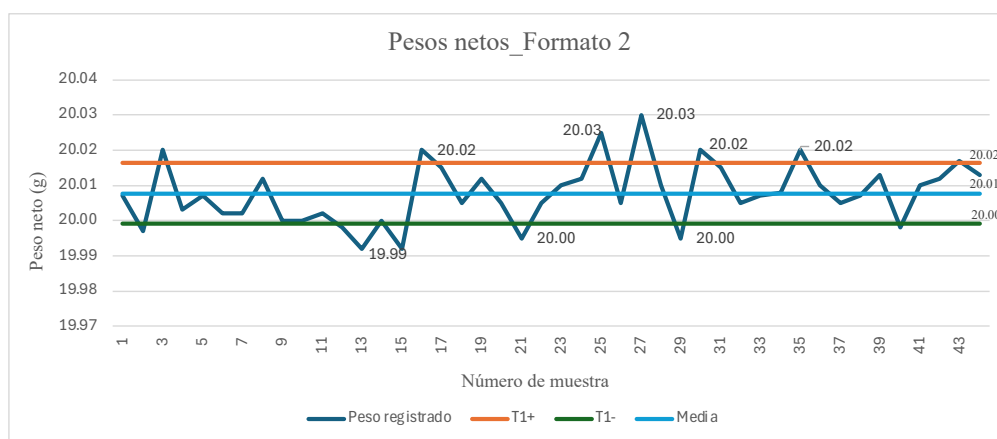
Cuadro 58. Tolerancias de peso neto del proceso formato 2

Tolerancias del proceso - formato 2	
T1+	20.02
T1-	20

Fuente: Elaboración propia

Las tolerancias para este proceso son de 20.02g y 20.00g, por lo que la concentración de los datos se presenta a continuación:

Figura 30. Gráfica de control del proceso formato 2



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 30 que existen cinco puntos que están por encima de la tolerancia permisible, estando estos en un rango de 20.02g a 20.03g. Mientras que hay cuatro que están por debajo en un rango de 19.99g a 20.00g. Al igual que en el formato anterior se manejan la norma de variación de Nestlé de $\pm 4\%$ y del 9% por el RTCA. Por lo que estos nuevos datos, son considerados aceptables para la producción. En cuanto a su capacidad se obtuvo el siguiente resultado:

Cuadro 59. Índices de capacidad de pesos netos del proceso formato 2

Índice de capacidad del proceso - formato 2	
Cp	0.33
CpK	0.33
Porcentaje diferencia	-0.04%

Fuente: Elaboración propia

Este formato al igual tiene un Cp y CpK del 0.33, por lo tanto, es un proceso capaz de cumplir con las especificaciones del producto (ver Cuadro 59). Al igual que se tiene una variación de tan solo -0.04%, este es una diferencia promedio de alrededor de 0.01g de producto. Continuando con el peso bruto de este producto, el cual en este caso es un sobre se tiene el siguiente resultado:

Cuadro 60. Resultados pesos tara formato 2

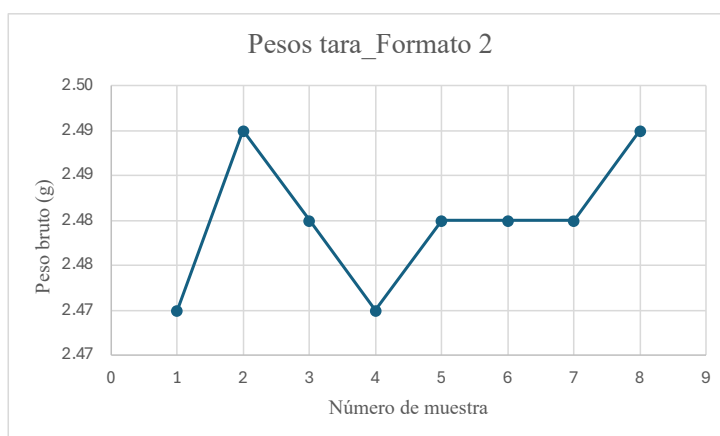
Pesos bruto - formato 2	
Peso promedio (g)	2.48
Desviación estándar	0.01
Coficiente de variación	0.30%
Rango	0.02

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el peso promedio del sobre es de 2.48g, que es tan solo 0.01g más pesado que el peso nominal (2.47g), ver Cuadro 60. En el caso de este formato el peso tara utilizado fue el de 2.49 registrado en la toma ocho con un peso de 2.49g. Considerando que la diferencia entre este peso es tan solo del 0.02 con el peso más

pequeño de 2.47g. En la Figura 31 a continuación se presentan el comportamiento de la muestra de datos.

Figura 31. Gráfica de peso tara formato 2



Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con los pesos, se obtuvieron los siguientes resultados para los pesos brutos de las 44 muestras del formato 2.

Cuadro 61. Resultados pesos bruto formato 2

Pesos brutos - formato 2	
Peso promedio (g)	22.48
Desviación estándar	0.01
Coefficiente de variación	0.04%
Rango	0.04

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un promedio de 22.48g con una desviación de tan solo el 0.01g y por ende un coeficiente de variación del 0.04%, Se tiene un peso de variación de 0.04g entre el peso más alto y bajo (ver Cuadro 61). Utilizando la desviación se determinaron las siguientes tolerancias:

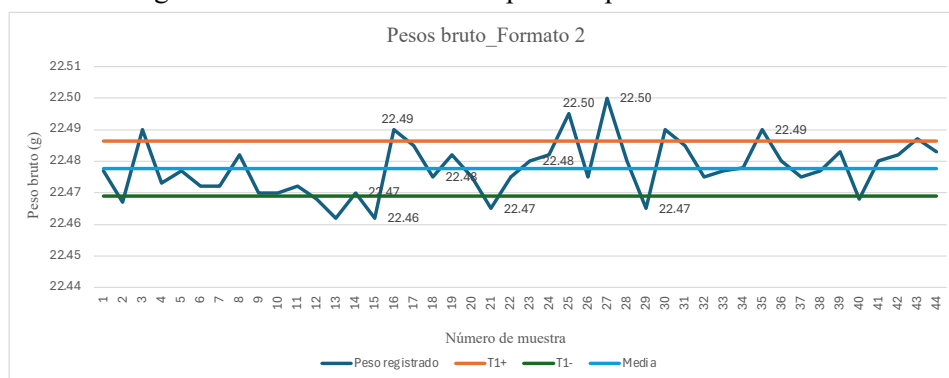
Cuadro 62. Tolerancias de peso tara del proceso formato 2

Tolerancias del proceso - formato 2	
T1+	22.49
T1-	22.47

Fuente: Elaboración propia

Para los pesos brutos se tiene una tolerancia de 22.49g y 22.47g (ver Cuadro 62), por lo que la concentración de datos es la siguiente:

Figura 32. Gráfica de control de proceso peso bruto formato 2



Fuente: Elaboración propia

A partir de la Figura 32, se identificaron que se tienen cinco muestras por encima de la tolerancia y cuatro por debajo. Entre estas muestras se tiene que dos de las que están por debajo tienen un peso de 22.47g y que dos que están por encima pesan 22.50g. De igual manera se calculó el índice de capacidad de proceso en el Cuadro 63:

Cuadro 63. Índices de capacidad de pesos bruto del proceso formato 2

Índice de capacidad del proceso - formato 2	
Cp	0.33
CpK	0.33

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el formato anterior el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones requeridas en proceso y aún se mantienen dentro de las tolerancias adicionales de Nestlé y el RTCA que para este gramo es de 1.5% (985g y 1015g). Para finalizar este análisis, se trabajó con el formato 3 de 1000g (1kg), obteniendo lo siguiente:

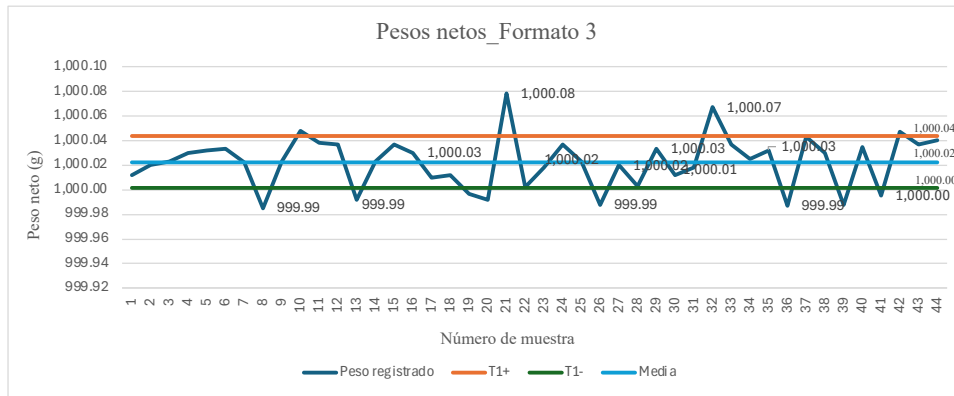
Cuadro 64. Resultados pesos netos formato 3.

Pesos netos - formato 3	
Peso promedio (g)	1,000.02
Desviación estándar	0.02
Coefficiente de variación	0.00%
Rango	0.09

Fuente: Elaboración propia

De la muestra de pesos netos del formato 3, se obtuvo un peso promedio de 1,000.02 teniendo una desviación de 0.02g (ver Cuadro 64). Por ende, se obtuvo una variación de tan solo el 0.002% siendo esta la variación más pequeña obtenida de los tres formatos. En cuanto a su rango este es 0.09, por lo que la muestra de datos se comporta de la siguiente manera:

Figura 33. Gráfica de control de procesos formato 3



Fuente Elaboración propia

Cuadro 65. Tolerancias de peso neto del proceso formato 3

Tolerancias del proceso - formato 3	
T1+	1,000.04
T1-	1,000.00

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta las tolerancias del Cuadro 65, el proceso cuenta dos datos que están por encima de la tolerancia que tienen un peso de 1,000.08g y 1,00.07g. Mientras que tiene ocho datos que están por debajo de la tolerancia, siendo estos seis de 999.9g y uno 1,000.00g. Por lo que para el proceso de pesos netos se tiene el siguiente índice de capacidad.

Cuadro 66. Índices de capacidad de pesos neto del proceso formato 3

Índice de capacidad del proceso - formato 3	
Cp	0.33
CpK	0.33
Porcentaje diferencia	-0.002%

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera que en los dos formatos anteriores se tiene un Cp y CpK de 0.33 que nos indica que este proceso puede cumplir con las especificaciones requerida (ver Cuadro 66). Continuando con el peso tara y considerando que el peso tara nominal es de 99.53g se obtuvieron los siguientes resultados:

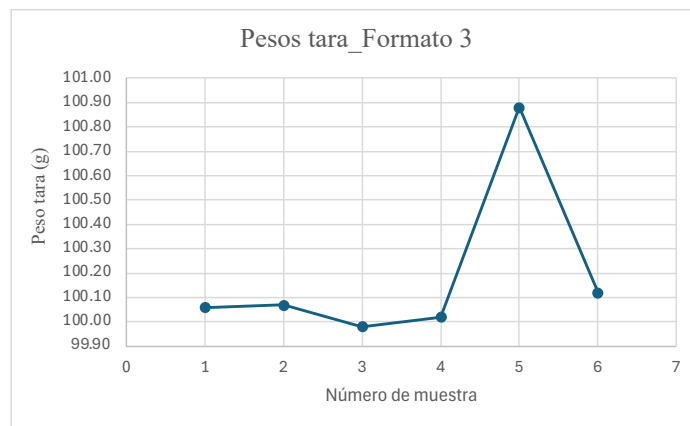
Cuadro 67.Resultados pesos tara formato 3

Pesos tara - formato 3	
Peso promedio (g)	100.19
Desviación estándar	0.34
Coefficiente de variación	0.34%
Rango	0.9

Fuente: Elaboración propia

Con un peso tara promedio de 100.19, se tiene un coeficiente de variación 0.34% con un rango de diferencia de 0.90g (ver Cuadro 67). Por lo que comprando con el resto de los pesos taras este es el que mayor diferencia presentan su muestra. La muestra utilizada es la siguiente, considerando que para este proceso solo utilizan una muestra de seis botes:

Figura 34. Gráfica pesos tara formato 3



Fuente: Elaboración propia

A partir de la gráfica de la Figura 34, se observa que el peso tara de la muestra 5 (100.88g) fue el utilizando para la configuración de la balanza. A partir del peso tara y peso neto, se obtuvieron los pesos brutos de las muestras.

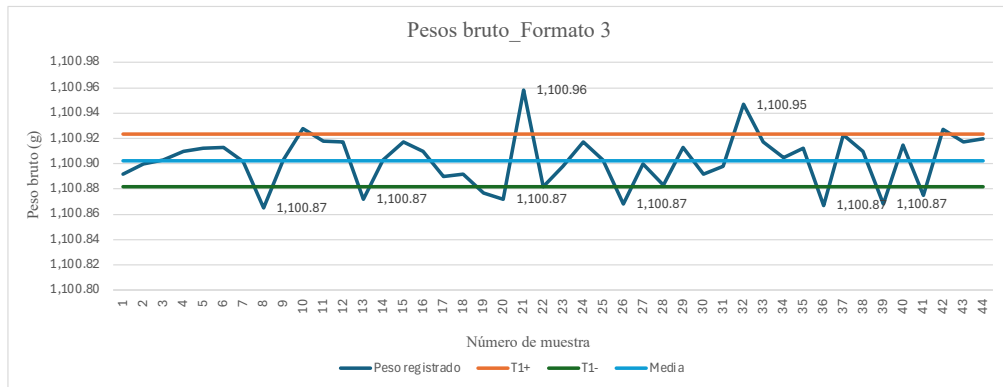
Cuadro 68.Resultados pesos brutos formato 3

Pesos bruto - formato 3	
Peso promedio (g)	1,100.90
Desviación estándar	0.02
Coefficiente de variación	0.00%
Rango	0.09

Fuente: Elaboración propia

El peso bruto promedio fue de 1,100.90g, con una desviación estándar de 0.02g y una variación de 0.002% (ver Cuadro 68). Por lo que la muestra de datos se comporta como se observa en la Figura 35, a continuación:

Figura 35. Gráfica de control de proceso pesos bruto formato 3



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 69. Tolerancias de bruto tara del proceso formato 3

Tolerancias del proceso - formato 3	
T1+	1,100.92
T1-	1,100.88

Fuente: Elaboración propia

Utilizando las tolerancias del Cuadro 69, se tiene dos muestras por encima de la tolerancia del proceso y siete por debajo de la tolerancia. Los datos que están fuera de las tolerancias sus pesos tienen una diferencia en promedio de 0.03g para los que están por debajo y de 0.05g para los datos que están por encima. A pesar de estos datos se observa que el proceso se mantiene muy constante, pero para comprobar esto se obtuvo el Cp y Cpk.

Cuadro 70. Índices de capacidad de pesos bruto del proceso formato 3

Índice de capacidad del proceso - formato 3	
Cp	0.33
CpK	0.33

Fuente: Elaboración propia

A partir del Cp y CpK nos indica que este proceso puede cumplir con las especificaciones requeridas. Es importante destacar que para cada uno de los formatos el Cp y Cpk fueron de 0.33 respectivamente (ver Cuadro 70). Por lo que se determina que el proceso de la línea es constante y está centrado, haciendo que el desempeño del proceso sea consistente entre los cambios de formato. Aunque estos pueden variar por distintos factores, si lo hacen siempre se mantendrán dentro de las tolerancias establecidas.

Como en cualquier tipo de producción se tienen pérdidas durante el proceso, en el caso de esta línea manual se tiene lo siguiente:

Cuadro 71. Pérdidas de la producción

Formato	Perdida (Q)	Perdida %	Perdida/unidad %
Formato 1 - 180 g	-799.92	-0.7	-1.26
Formato 2 - 20 g	-32.67	-1.2	-0.24
Formato 3 - 1 kg	-798.30	-1.1	-11

Fuente: Elaboración propia

Es decir que para el formato 1, se tiene que por unidad terminada se pierden alrededor de 1.26g de producto (ver Cuadro 71). Mientras que para el formato 2 esto es de 0.24g y para el formato 3 de 11g. Estas pérdidas anualmente se ven reflejadas como pérdidas de Q799.92, Q32.67 y Q798.30 respectivamente, aunque estas pérdidas sean bajas por ser un proceso manual se debería de tener más control.

El día de la visita se observó que estas mermas se generan por poner mal los utensilios, lo que hacía que producto callera a la mesa o al piso. Al igual en el caso del formato 2 que es un sobre, hubo dos ocasiones en donde la operaria colocaba los sobres de una manera incorrecta en el recipiente. Por lo que al momento en que la otra operaria tomaba uno de estos, el sobre se daba vuelta o botaba producto.

De igual forma se analizaron los costos de la producción para cada uno de los formatos, tomando en cuenta que para el formato 1 se tiene producción anual de 9028 cajas, para el formato 2 de 9574 cajas y para el formato 3 de 2649. A partir de la producción de cajas anuales y el estándar de producción (cajas/hora), se obtuvieron las horas máquinas totales para cada uno de los formatos.

Cuadro 72. Horas-máquina totales formatos

Horas-máquina totales			
Formato	Formato 1 - 180 g	Formato 2 - 20 g	Formato 3- 1 kg
Cajas totales	9028	9574	2649
Estándar cajas/horas	11.25	30	16.6
Horas-máquina totales	802.49	319.13	159.58

Fuente: Elaboración propia

El formato que mayor horas-máquina presentan es el formato 1 con 802.49 horas-máquina seguido del formato 2 con 319.13 horas-máquina y, por último, el formato tres con 159.68 horas-máquina (ver Cuadro 72). Se muestra una relación entre las cajas y estas horas, ya que mientras mayor sea la cantidad de cajas que se produzcan mayor serán las horas-máquina que se utilicen. A partir de las horas máquinas se encontraron los siguientes costos para cada uno de los formatos.

Cuadro 73. Costo total por caja

Formato	Costo materia prima y empaque/caja	Costo conversión/caja	Costo total/caja
Formato 1 - 180g	Q 155.38	Q 75.50	Q 230.88
Formato 2 - 20g	Q 279.79	Q 26.19	Q 305.98
Formato 3 - 1kg	Q 44.50	Q 60.15	Q 104.64

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 73 se tiene que el costo total de la caja se compone del costo de materia prima/empaque y el costo de conversión por caja. Iniciando con el costo de conversión para el formato 1 de Q75.50 para el formato 2 es de Q26.19 y Q60.15 para el formato 3. Tomando en cuenta que este costo está conformado por el costo de mano de obra por caja, la energía por caja, otros costos directos, gastos fijos y la depreciación. El desglose se muestra a continuación en el Cuadro 74:

Cuadro 74. Costos de conversión por formato

Costo de conversión/caja						
Formato	Mano de obra	Costo Energía/Caja	Otros costos directos	Gastos fijos	Depreciación	Costo de Conversión
Formato 1 - 180 g	Q 38.01	Q 0.47	Q 0.63	Q 24.54	Q 11.86	Q 75.50
Formato 2 - 20 g	Q 11.36	Q 0.08	Q 0.63	Q 9.68	Q 4.45	Q 26.19
Formato 1 - 1 kg	Q 27.36	Q 0.35	Q 0.33	Q 24.08	Q 8.04	Q 60.15

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los costos fijos, y otros costos directos se mantendrán fijos para el estudio por indicaciones de Nestlé. En el caso de la energía se manejan kW-Hr Directa, esta se basa en los equipos que, actualmente utilizando en la línea, estos se muestran a continuación:

Cuadro 75. Kw-Hr directa según formato

Formato	Formato 1 180g	Formato 2 20g	Formato 3 1kg
Balanza	0.1	0.2	0.1
Banda Transportadora	0.18	0.18	0.18
Sello Inducción	0.75	NA	0.75
KW-Hr Directa	1.03	0.38	1.03

Fuente: Elaboración propia

Para el formato 1 y formato 3, se utilizan los mismos equipos por lo que por la línea consumo 1.03kW-hora de energía directa. En el caso del formato 2 la única maquinaria que no se utiliza es el sello de inducción, por lo que su consumo de kW-Hr es de 0.38 (ver Cuadro 75). Al igual se maneja una tarifa en quetzales del kW-Hora que es de Q4.00, el costo de energía por caja es el siguiente.

Cuadro 76. Costo energía/caja según formato

Costo energía/caja			
Formato	Costo energía directa/caja	Costo energía indirecta/caja	Costo energía/caja
Formato 1 - 180 g	Q0.37	Q0.10	Q0.47
Formato 2 - 20 g	Q0.05	Q0.03	Q0.08
Formato 1 - 1 kg	Q0.25	Q0.10	Q0.35

Fuente: Elaboración propia

Considerando un costo de energía indirecta fija por caja (ver Cuadro 76) se tiene un costo de energía de Q0.47 para el formato 1, Q0.08 para el formato 2 y para el formato del Q0.35. En cuanto a la depreciación actual se tiene lo siguiente:

Cuadro 77. Depreciación por caja según formato

Formato	Horas máquina	Dep/hora mpaquina/caja (Q)
Formato 1 - 180 g	802.49	Q11.86
Formato 2 - 20 g	319.13	Q4.45
Formato 1 - 1 kg	159.58	Q8.04

Fuente: Elaboración propia

Nestlé utiliza una tarifa de depreciación sobre esta línea, por motivos de confidencialidad esta tarifa no fue compartido, pero si se tiene el costo de depreciación actual por formato. A partir de esta tarifa y las horas máquina que se producen en la línea se tiene que por caja se depreciaron Q11.86 para el formato 1, Q4.45 para el formato 2 y Q8.04 para el formato 3 (ver Cuadro 77). En el caso de la depreciación la mayor depreciación sucede en el formato 1 ya que se deprecian Q3.82 más que el formato tres y Q7.41 que el formato 2. Por último, se tiene el costo de mano de obra este se maneja en dos partes, las horas directas y las horas indirectas. En el caso de la mano de obra directa se maneja una tarifa que está estandarizada en las distintas líneas de producción de Nestlé.

La determinación de esta tarifa parte del volumen de actividad que tiene cada línea y del consumo del trabajo de estas. Al igual en esto se incluye los salarios de todo el personal de la planta. Por lo que la tarifa que está establecido por Nestlé para esta línea manual es de 50.79Q/hora. Como se mencionó anteriormente también en el costo de mano de obra incurren las horas de mano indirectas. Las horas indirectas están compuesta por el área de mezclado y de culinarios de la fábrica, según el tipo de formato estas horas varían.

Teniendo la tarifa, las horas directas de mano de obra y las horas indirectas se obtuvo el costo de mano de obra:

Cuadro 78. Costo de mano de obra/caja según formato

Formato	Horas MO Total	Costo MO/Q
Formato 1 - 180 g	343,188.86	Q 38.01
Formato 2 - 20 g	108,764.48	Q 11.36
Formato 1 - 1 kg	72,470.88	Q 27.36

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un costo de mano de obra de Q38.01 para el formato 1 siendo este el costo más alto seguido por el formato 3 con Q27.36 y por último formato dos con Q11.36 (ver cuadro 78). Al tener estos datos se obtuvo el costo de conversión por caja de cada formato mostrado anteriormente.

Continuando con el otro rubro que compone el costo total de la caja se tiene que este es el costo de materia prima y empaque, para este estudio estos costos se quedan como fijos por instrucciones de Nestlé. La razón de esto es que no se está modificando las unidades por caja que lleva cada formato o el gramaje de los formatos. Al analizar estos costos se identifica que la mejora principal que se puede realizar es reducir la mano de obra de la línea. La reducción se puede realizar a través de la implementación

de nueva maquinaria. Si se incluye una maquina el costo de energía y depreciación cambiar, pero como se estaría reduciendo mano de obra, los costos se compensan. Es importante considerar que si se realiza está mejora la tarifade Q/Hora de Mo se mantiene en Q50.70.

Para saber en cuáles de las operaciones se puede reducir la mano de obra o hacer uso de una maquinaria se analizaron los tiempos de producción obtenidos en el estudio de tiempos. Al igual que para los pesos y costos se tienen estándares en los cuales se basa Nestlé. En el caso de estas líneas manuales el indicador principal que utilizan es la velocidad a la que trabaja la línea la cual miden según las cajas que se producen por hora. A partir de este indicador se obtienen las unidades por minutos que deben de producir. A continuación, se presentan estos indicadores:

Cuadro 79.Estándares de producción Nestlé 2024

Formato	Unidades/Caja	Gramos/Unidad	Kg/Caja	Velocidad (Cajas/hora)	Rendimiento (%)	Mano de Obra	Unidad/min
Formato 1 - 180 g	24	180	4.32	11.25	100	5	4.50
Formato 2 - 20 g	24	20	0.48	30.00	100	5	12.00
Formato 1 - 1 kg	12	1000	12	16.6	92	5	3.32

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 79, cada uno de los formatos trabajan con la misma cantidad de mano de obra. Se tiene que para el formato 1 la línea debe de estar produciendo 11.25 cajas/hora, en el caso del formato 2 debería de ser de 30 cajas por hora y por último para el formato 3 la línea es capaz de producir 16.6 cajas en una hora. Por lo que para analizar si realmente se estaban cumpliendo con estos estándares, se compararon estos con la producción del día de la visita. Iniciando con la velocidad de la línea, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 80.Comparación velocidad de la línea (cajas/hora)

Velocidad (Cajas/hora)		
Formato	Estándar	Observado
Formato 1 - 180 g	11.25	12.45
Formato 2 - 20 g	30.00	25.50
Formato 3 - 1 kg	16.60	12.45

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 80 se muestra la velocidad de la línea en cajas/hora, empezando con el formato 3 se observa que en éste se presenta una velocidad mucho menor que la estándar. La línea únicamente utilizo el 75% de la velocidad a la que podría trabajar, haciendo que la producción disminuyera significativamente. Mientras que en la operación la línea trabajo al 85% de su velocidad, hacienda que la producción final quedará aun cercano a la del estándar. En el caso del formato 1 la línea trabajo un 10% más rápido que el estándar establecido.

Otra forma en que se puede evaluar la productividad que se tiene la línea es con las unidades que se producen por hora. Al comparar al igual que en el caso de las cajas el estándar con lo observado se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 81. Comparación velocidad de la línea (unidades/min)

Velocidad (Unidades/min)		
Formato	Estándar	Observado
Formato 1 - 180 g	4.50	4.98
Formato 2 - 20 g	12.00	10.20
Formato 3 - 1 kg	3.32	2.49

Fuente: Elaboración propia

A partir de las velocidades se determina que el proceso que más cumple con el estándar es el formato 1, teniendo un error del -11%. El formato 2 tiene una mayor diferencia siendo es de 1.8 sobres/min en comparación con su estándar. Mientras que el del formato 3 es de tan solo 0.83 botes/min (ver en el Cuadro 81). Para entender estas diferencias se muestran los datos en unidades a continuación:

Cuadro 82. Comparación velocidad de la línea (unidades/hora)

Unidades Producidas (Unidades/hora)		
Formato	Estándar	Observado
Formato 1 - 180 g	270	299
Formato 2 - 20 g	720	612
Formato 3 - 1 kg	199.2	149

Fuente: Elaboración propia

Empezando con el formato 3, se observa en el cuadro 82 que la producción no cumplió con el estándar por una diferencia de 50 unidades. Estas unidades faltantes si hubiesen sido producidas serán 4.15 cajas más para la producción del día. En el caso del formato 2, se tiene 108 sobres faltantes de producir reflejando en la producción la pérdida de 4.5 cajas. En el caso del formato uno se produjeron 29 botes más del estándar que sumaron a la producción 1.2 cajas más.

A partir de los indicadores de tiempo de producción que se manejan en la línea, se encontró que el formato que no cumple con los estándares es el formato 2 y 3. En el caso del formato 3 esto se puede deber a que fue el último formato en ser producido, por lo que la fatiga y monotonía del proceso afecta la productividad de este. En el caso del formato 2, puede ser por los fallos explicados previamente que ocurrieron el día de la producción, haciendo de este proceso menos efectivo.

Como se explicó anteriormente la velocidad o ritmo de trabajo (unidades/hora o cajas/hora) es dictado por la primera operación de llenado. Por lo que estas operaciones se determinaron como los cuellos de botellas ya que de ellas depende si se cumple o no con el estándar. Ya que, aunque las demás estaciones podrán tener la disponibilidad para trabajar a una velocidad mayor la operación de llenado les limita las unidades para producir.

Al igual se idéntico otro cuello de botella en el formato 2 en la operación-inspección 1. Ya que el ritmo de producción de esta operación es de tan solo 4.6 sobres por minuto mientras se tiene un ritmo de producción observado de 10 sobres/min y un estándar de 12 sobres/min. Por lo que en esta operación se debe de realizar una mejora ya que, si solo se mejora la operación 1, se tendrá un colapso en el proceso al llegar a esta operación. En el caso de los otros formatos todas las demás operaciones operan a un mayor ritmo que el de su primera operación, por lo que no se generara un cuello de botella al mejorar el proceso.

Con base en estos hallazgos, se identificaron distintas oportunidades de mejoras. La primera es que la velocidad de la línea alcance como mínimo la velocidad de las operaciones de limpieza y colocación de tapa para el formato 1 y formato 3. Y en el caso del formato 2 la velocidad de la operación de sellado. Realizando esta mejora se podrá aumentar el estándar de producción y permitirá que las estaciones con bajo porcentaje de ocupación aumenten.

Otra de las oportunidades que se identificaron es en la operación de limpieza ya que esta puede ser eliminada y que sea realizada en conjunto con otra operación como lo es en el caso del formato 3. Esta mejora permitiría una reducción en la mano de obra de línea lo cual influye en sus costos. De igual manera permitirá que una operación que no tenga un gran porcentaje de ocupación como lo es la operación 4 del formato 1 (61%) pueda aumentar esté. Junto a esta mejora también se tiene la oportunidad de balancear las actividades de la línea debido a la saturación que existe en la MO. Ya que hay operarias que podrían estar realizando otras actividades que realizan operarias que tienen mayor actividad en la línea.

Se identificó que la manera para balancear las actividades en la línea es a través de la automatización es automatizando o semiautomatizado en la operación de llenado. Al realizar esto hace posible que se pueda unificar la operación-inspección al llenado, mejorando por ende el segundo cuello de botella identificado en el formato 2. Al utilizar una máquina semiautomatizada o automatizada, hace posible que se eliminen las variaciones en los pesos presentados anteriormente haciendo del proceso más controlado.

Al finalizar esta fase se determinó que los pesos para el formato 1 y 3 se mantienen entre las tolerancias de peso determinado por Nestlé y la RTCA. Mientras que para el formato 2 los pesajes quedaron un poco por fuera del rango. Esto indica que el proceso si cumple con sus estándares de calidad. Por otro lado, se obtuvo el costo de conversión por caja siendo este de Q75.50 para el formato 1, Q26.19 para el formato 2 y Q60.15 para el formato 3. También el análisis de velocidad reveló que el formato 1 supera ligeramente su estándar, mientras que los formatos 2 y 3 tienen velocidades de línea por debajo del estándar.

8.3 Fase tres: Estrategias de mejora

A partir de las áreas de oportunidad identificadas, se trabajó en la mejora para la línea. Como se explicó previamente se identificó que el principal cuello de botella que se presenta en el proceso es en la operación de llenado. Por lo que se buscaron alternativas que hicieran de esta operación más rápida. Inicialmente se pensó en automatizar por completo la línea, pero para hacer esto se requería de una maquinaria en cada operación, por lo que la inversión tendría que ser mayor (ver Cuadro 83) haciendo que por esto se descartara la idea.

Cuadro 83. Inversión de automatización

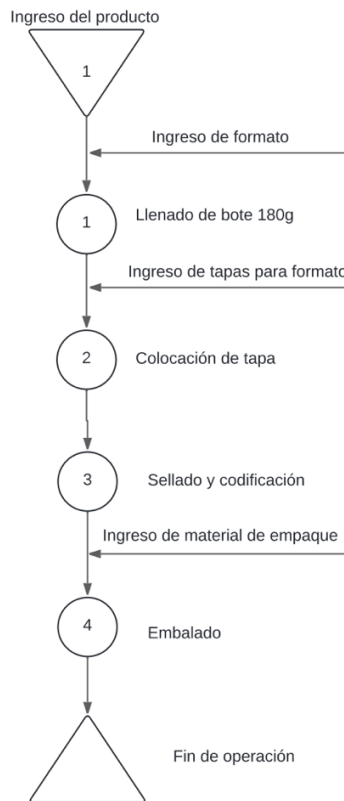
Inversión - Automatización	
Maquinaria	Costo
Llenadora	\$ 18,000.00
Estructura y tolva	\$ 75,000.00
Polipasto	\$ 30,000.00
Sellado de cajas	19,123.50
Máquina de tapado	\$ 6,500.00
Banda vibratoria	\$ 3,000.00
Selladora de pedal	\$ 420.00
Embalado de cajas	\$ 27,139.71
Lenadora doypack	\$ 50,531.32
Selladora automatica	\$ 833.78
Total	\$ 230,548.31

Fuente: Elaboración propia

Al igual si se hubiera automatizado la línea se necesitaría tener dos líneas, una que sea solo para formatos de botes y otras para formatos de sobre. Debido a que la máquina automática de llenado no se adapta para ambos formatos. Los precios de las maquinarias cotizadas fueron obtenidos de Alibaba de distintos proveedores. Por esto se decidió a trabajar a una mejora semi automatizada, a continuación, se presenta la mejora para esta línea de formatos. Para realizar esto se unificaron algunas operaciones para poder reducir la mano de obra y hacer de esta menos costosa. Para poder visualizar esta unificación de las operaciones, a continuación, se presenta el nuevo proceso para los formatos de bote (180g y 1kg).

Figura 36. Diagrama de recorrida - método propuesto (Formato 180g y 1kg)

Diagrama de Procesos de la Operación: Llenado y Embalado para formatos de bote
Método Propuesto
Fecha de elaboración; 15 de septiembre del 2024
Elaborado por: Ayda Sulecio Leal
Alcance: Desde que inicia el llenado hasta que es embalado a caja.



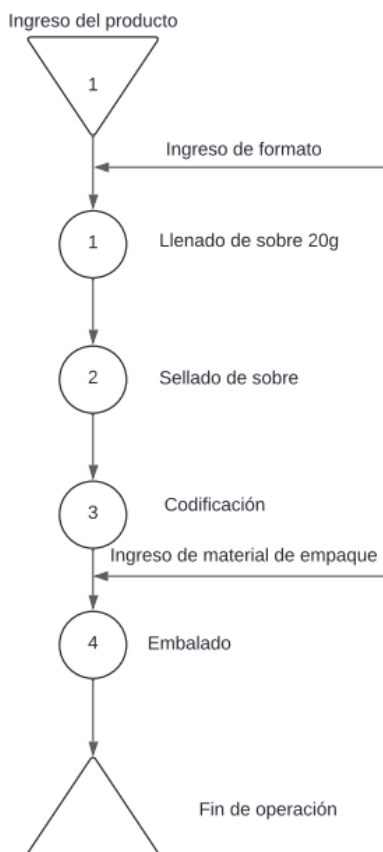
Fuente: Elaboración propia

Observando la Figura 36, se tiene para el caso del formato 1 de 180g se redujo la producción en dos operaciones y en el caso del formato 3 se redujo en una operación. Ambas con una disminución en la mano de obra que más adelante será explicada. En este caso la operación que fue eliminada del proceso fue la operación-inspección. Mientras que para la operación de limpieza se realizó una mejora en cuanto a la manera de realizarla, por lo que ya no se requiere de un operario. Por lo que el nuevo proceso cuenta cuatro operaciones, contando únicamente con dos operaciones manuales. Las operaciones que se quedaron siendo manuales fue la operación de la colocación de tapa, ya que la maquinaria para ejecutar esta operación es muy costosa por lo que no era apta para este proyecto.

Y la segunda operación que es manual es el embalado, ya que la única manera de automatizar esta operación es a través de brazos robóticos. Y estos equipos requieren de un mayor espacio de trabajo, programación y sobre todo sus precios son muy elevados. Por lo que las operaciones que se quedaron siendo automatizadas fue la operación de sellado y codificado ya que ya se cuenta en el equipo necesario. Y la nueva operación automatizada es la operación 1 de llenado. En el caso del formato 2 el proceso quedaría de la siguiente manera:

Figura 37. Diagrama de operaciones método propuesto - Formato 2 (20g)

Diagrama de Procesos de la Operación: Llenado y Embalado para formatos de sobre
Método Propuesto
Fecha de elaboración: 15 de septiembre del 2024
Elaborado por: Ayda Sulecio Leal
Alcance: Desde que inicia el llenado hasta que es embalado a caja.



Fuente: Elaboración propia

Observando la Figura 37, se tiene para el formato 2 de 20g se disminuyó en una operación el proceso al igual que hubo una disminución en la mano de obra. Al igual que en los formatos de bote la operación que fue eliminada fue la operación-inspección. Por lo que el nuevo proceso cuenta cuatro operaciones, contando con dos operaciones manuales. Siendo estas la operación de sellado del sobre y el embalado.

Como se observó en cada uno de los formatos la operación que se mejoró fue el llenado. La mejora que se determinó fue implementar una dosificadora semi manual de pie y una plataforma de pesado de alta precisión. Esta dosificadora trabaja con un tornillo sin fin que es un tornillo helicoidal que transporta el material a lo largo de un tubo. Según el diámetro de este tornillo está podrá transportar más o menos material por unidad de tiempo. Al igual que la dosificadora se alimenta de una tolva en donde está el producto y ya este luego se transporta a través del tornillo hasta que llega al formato.

Adicional a la dosificadora se determinó que es necesario que está cuente con una plataforma de pesaje. Esta balanza pesa automáticamente el producto y lleva un registro de los pesajes que se van obteniendo. Al igual que se hará uso de un sistema de enlace de conexión, que permite que la plataforma de pesaje envíe estos registros de peso a la

dosificadora. De esta manera se puede tener control si es necesario que se calibre la dosificadora si es que está llenado más o menos producto del deseado.

En conjunto con Nestlé se evaluaron distintas marcas de dosificadoras y a través de unos de sus proveedores se encontró que la mejor maquinaria para esta línea. Por razones de confidencialidad no se puede mencionar el nombre del proveedor. En el caso de la dosificadora, se optó por utilizar una dosificadora semiautomática de pie de la marca Fustec y una plataforma de pesaje marca Mettler Toledo de alta precisión.

Iniciando con la dosificadora está es una maquinaria semiautomática ya que se acciona a través de un pulsador de pedal. Por lo que la operaria tiene el control de cuando es que la maquina dosifica. Otra de las ventajas que tiene está maquinaria es que es adaptable para cada uno de los productos que se fabrican en la línea. A continuación, se presenta la información técnica más relevante de esta maquinaria:

Cuadro 84.Aspectos técnicos de la máquina dosificadora

Dosificadora de pie - Fustec	
Capacidad (g)	10 - 1000
Variación (g)	≤ 0.01
Accionamiento	Pulsador de pedal
Consumo Energía (KwH)	0,4
Velocidad (Unidad/min)	20
Material	AISI 304/316

Fuente: Elaboración propia

De los aspectos más importantes al momento de automatizar o semi automatizar una línea es tener en cuenta los consumos de energía de esta. Ya que no es beneficioso implementar una maquinaria que exceda en el consumo de energía ya que aumentaría los costos en vez de disminuirlos. Por lo que está maquinaria es eficiente energéticamente ya que su consumo es de tan solo 0.4KwH (ver Cuadro 84) incluyendo la tolva de alimentación. Más adelante se realizará una comparación más detallada sobre el consumo de energía. El que está maquinaria consume poca energía es muy importante, ya que se tienen más dispositivos en la línea que consumen energía por lo que el aumento en esta no se verá afectada.

En el mismo cuadro se encuentra también la velocidad que puede tener la maquinaria, siendo esta de 20 unidades por minuto, dependiendo estas de la dosificación que se desee y del desempeño de la persona que esté operando la máquina. También se puede observar que tiene una precisión muy alto y que su variación es menor a 0.01g. Por lo que se si consideran las variaciones que se tenían en el estado actual, la variación que da la maquinaria es menor. Al igual es importante considerar el material del que está elaborado la maquinaria por temas de mantenimiento y de cambios de productos.

En este caso la dosificadora y elevador están hechos de acero inoxidable, un material que es ideal para la línea. Ya que este es de alta durabilidad y de limpieza fácil. Por lo que en el caso de los mantenimientos se mantendrán los estándares de Nestlé y también se podrá emplear una sal de limpieza que hace que el residuo de los polvos baje y se puede limpiar de manera rápida y efectiva

Continuando con la plataforma de pesado, la mejor opción que se encontró fue la plataforma de Mettler Toledo, su información técnica se presenta a continuación.

Cuadro 85. Aspectos técnicos de la plataforma de pesado

Plataforma de pesado - Mettler Toledo	
Capacidad (Kg)	120
Variación (mg)	0.052 -1.6
Consumo Energía (KwH)	0.1
Material	AISI 304

Fuente: Elaboración propia

Esta plataforma tiene una medida de 40cmx50cm, por lo que no necesita de mucho espacio. Su consumo de energía sigue siendo igual al de la balanza con la que el proceso contaba (0.1KwH), esto es una ventaja ya que el consumo de energía por este equipo no aumentará. Al igual que la dosificadora esta plataforma de pesado está hecha de acero inoxidable (AISI 304) haciendo fácil su limpieza. Y lo más importante de este equipo es que la variación máxima de esta es de 0.0016g, por lo que el equipo tiene una precisión muy alta (ver Cuadro 85).

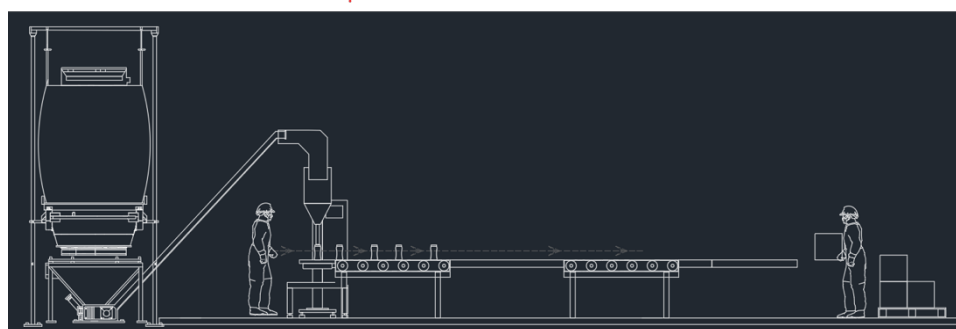
Así mismo como se explicó al inicio de la sección, la operación de limpieza de las orillas del bote ya no se efectuará de manera manual. La mejora que se realizará para esta operación es utilizar una banda vibratoria. En esta banda se colocará el producto que salga del área de dosificado, y las pequeñas vibraciones que transmite este sacudirá los residuos del producto que queden en las orillas del bote. Al salir de esta área ira directamente a la colocación de tapa y se continuara con el resto del flujo del proceso que se tiene.

Al cambiar la primera operación es necesario crear un sistema de alimentación para la dosificadora, a parte de la tolva con tornillo sin fin. Esto se debe a que el big bag ya no será utilizado en el piso porque la operaria ya no tendrá que llenar el formato manualmente. Este sistema de alimentación será utilizado únicamente para formatos en los cuales el producto llegue en el big bag (formato 1 y formato 3). En el caso del formato 2, el producto viene en una bolsa hermética por lo que se podrá poner el producto directamente en la tolva.

Para esto se hará uso de una estructura de carga de big bag a través de un polipasto. Es decir que entre los paros planeados que se tienen establecidos (método actual), la operaria tendrá que hacer uso del polipasto para colocar el big bag en la estructura de carga y ya así luego poder desamarrar el big bag y alimentar la tolva. Este método ya se utiliza en otras líneas de Nestlé, por lo que los tiempos de los paros no se verán afectados.

Como resultado de la mejora planteadas se obtuvo la nueva línea de producción para los formatos de 180g, 20g y 1Kg, está se muestra a continuación en la Figura 38:

Figura 38. Línea de producción propuesta



Fuente: Elaboración propia

Es importante considerar que la instalación de esta línea se hará en la misma área en la que actualmente se encuentra. Aunque Nestlé siempre que instala una nueva maquinaria evalúa el acomodamiento de los espacios para aprovechar este de la mejor manera. Por lo que puede ser que esta línea no esté exactamente en el mismo lugar en el que se encuentra ahora, pero sí en la misma área. Otro aspecto importante sobre esta mejora es conocer el costo – beneficios que ofrece, por lo que a continuación se presenta el costo de la inversión que tendrá que hacer Nestlé para implementar esta mejora propuesta:

Cuadro 86. Inversión total de propuesta formato 1 y 3

Inversión - Propuesta	
Maquinaria	Costo
Llenadora	\$ 15.000,00
Estructura y tolva	\$ 75.000,00
Polipasto	\$ 30.000,00
Balanza	\$ 25.000,00
Banda vibratoria	\$ 3.000,00
Selladora de pedal	\$ 420,00
Total	\$ 148.420,00

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el costo total de la inversión es de \$148,420,00 (ver Cuadro 86), tomando en consideración que estos costos ya incluyen la mano de obra de instalación y calibración de los equipos que lo requieren. Estos precios fueron proporcionados por parte de Nestlé, a partir de las cotizaciones compartidas por sus proveedores. El costo-beneficio de esta mejora se basa en los aumentos de producción, reducción de mano de obra y de costos, por lo que estas optimizaciones se muestran a continuación:

Como se explicó anteriormente una de las oportunidades que se identificaron fue hacer del ritmo de producción igual al de la estación que presentaba mayor velocidad. En el caso del formato 1 este ritmo era el de la colocación de tapa, a continuación, se presenta la producción con la que contaba el formato 1.

Cuadro 87. Producción método actual-formato 1

Método actual - formato 1					
Formato 1 - 180g	Llenado	Ajuste	Limpieza	Colocación Tapa	Embalado
	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
Unidades Medida (botes)	1	1	1	1	1
# Personas	1	1	1	1	1
Botes/Min	4,98	5,54	6,98	8,15	8,61
Ritmo Dosificación	4,98				
Unidades / Caja	24				
Cajas / Hora Brutas	12,5				
Rend Linea	100%				
Cajas / Horas Netas	12,5				
Cajas/Hora - Cada Estación	12,5	13,9	17,5	20,4	21,5
% Ocupación del Personal	100%	90%	71%	61%	58%

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 87, se tiene que para la colocación de tapa este trabaja a un ritmo de 8.15 botes/min y que su capacidad era tan solo del 61%. Por lo que se consideró un nuevo ritmo de trabajo de 12 botes/min, lo que hace que la operación 1 aumente su velocidad y permite que el resto de las operaciones aumente su porcentaje de ocupación. Este nuevo ritmo de producción propuesto se presenta a continuación.

Cuadro 88. Producción método propuesto-formato 1

Método propuesto			
Formato 1 - 180g	Llenado	Colocación Tapa	Embalado
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Unidades Medida (botes)	1	1	1
# Personas	1	2	1
Botes/Min	12	10	10
Ritmo Dosificación	12		
Unidades / Caja	24		
Cajas / Hora Brutas	30,0		
Rend Linea	100%		
Cajas / Horas Netas	30,0		
Cajas/Hora - Cada Estación	30,0	25,0	25,0
% Ocupación del Personal	100%	120%	120%

Fuente: Elaboración propia

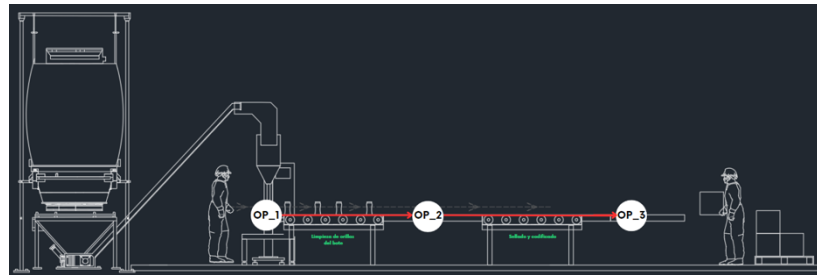
Se tiene un aumento de 17.6 cajas pasando de 12.5 cajas por hora a un nuevo estándar de 30 cajas por hora (ver Cuadro 88). Al igual se disminuyó una persona de la mano de obra por lo que ahora son necesarios únicamente 4 operarios. En cuanto a su ocupación se tiene en el caso de la estación 2 una ocupación del 120%, pero en esta operación habrá dos operarias. Por lo que verdaderamente una estará trabajando al 100% de su capacidad y la otra persona al 20%. Aunque haya una persona que está al 20% no significa que el resto de su tiempo no hará otra actividad si no que al contrario está persona es la que está disponible para las actividades auxiliares.

Es decir que apoyará tanto en la estación 1 de llenado, moviendo los botes a un alcance más cercano de la operaria como al igual podrá ayudar en el área de embalado.

En el caso del embalado que si tiene una ocupación del 120% esto es considerando netamente el embalado del producto, pero como se observó en el levantamiento de procesos está persona abandona seguidamente la estación por realizar alguna prueba de calidad o meter datos al sistema. Por lo que en los momentos que regresaba a la misma podía tener más producto para embalar. Pero no es que estuviera saturada ya que si estuviese todo el tiempo en la estación esté no se acumularía.

A fin de entender el funcionamiento de esta propuesta, se realizó el diagrama de recorrido para visualizar el flujo que tiene el producto en la nueva línea.

Figura 39. Diagrama de recorrido método propuesto – formato 1



Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Figura 39, el recorrido del proceso se simplificó y ahora es más directo ya que se logró eliminar operaciones que no agregaban valor a la producción. A partir de este diagrama de recorrido en la simulación del nuevo proceso en donde se obtuvieron los siguientes resultados;

Cuadro 89. Distribuciones formato 1 – propuesta

Distribuciones formato 1 - propuesta	
Operación	Distribución
Operación 1	Triangular (4.00,4.94,6.00)
Operación 2	Triangular (5.00,6.49,8.00)
Operación 3	Triangular (5.00,6.90,9.00)

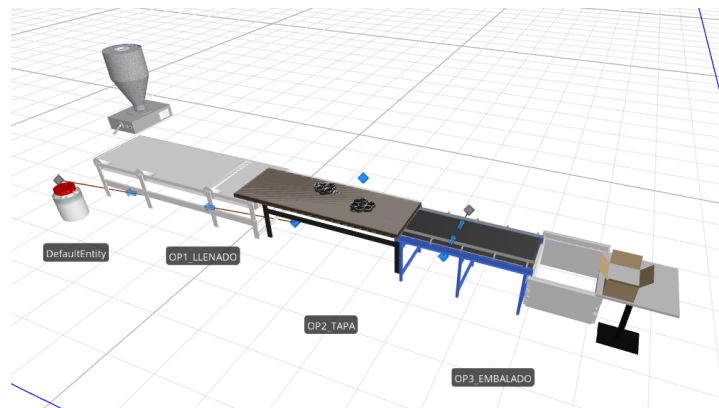
Fuente: Elaboración propia

Teniendo el nuevo estándar para la propuesta se realizó una simulación utilizando números creados aleatoriamente en Excel a partir de un rango. Esto se realizó ya que por ser una propuesta no se puede realizar una corrida de prueba. Por lo que a partir de estos datos obtenidos se trabajaron en sus distribuciones. Al igual como se tenía en el proceso actual se trabajaron con distribuciones triangulares, ya que son las que mejor simulan procesos manuales y de máquina (ver Cuadro 89).

En el caso de la operación 1 se tiene una distribución con un mínimo de 4 segundos, máximo de 6 segundos y un promedio de 4.94 segundos. En el caso de la operación 2 que es el tapado del bote se tiene un tiempo promedio de 6.49seg y un mínimo de 5 segundos y un máximo de 8 segundos. Y para la última operación que es el embalado se tiene un tiempo promedio de 6.90 segundos con un mínimo de 5 segundos y un máximo de 9 segundos.

Una de las principales diferencias que se tiene en esta simulación en comparación con la del proceso actual es que no se están tomando en cuenta el tiempo de sellado y codificado. Otra operación que no se tomó en cuenta fue el paso del producto por la banda vibratoria ya que por instrucciones de Nestlé no se tomó cuenta. Esto se debe a que las bandas y el sellado/codificado son independientes al proceso manual y cuentan con una mayor capacidad de adaptación. Por lo que estas maquinarias se pueden ajustar al nuevo ritmo de producción sin ningún problema. A partir de estas distribuciones se obtuvo la siguiente simulación.

Figura 40. Simulación formato 1 - mejora propuesta



Fuente: Elaboración propia

Con base en la simulación mostrada en la Figura 40, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 90. Resultados simio op1_formato 1 (método propuesto)

Operación 1 - Llenado manual de botes formato 1	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	734
Unidades que salieron	734

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo que la primera estación tiene la capacidad para producir 734 botes en una hora de producción es decir una producción de 30.5 cajas (ver Cuadro 90). Como se observa la simulación se apega mucho a al ritmo de producción proyectado anteriormente. Luego de esta operación se pasa al tapado en donde se obtuvo los siguientes resultados:

Cuadro 91. Resultados simio, tiempos de espera op2_formato 1 (método propuesto)

Operación 2 - Colocación de tapa formato 1		
Elemento	Medida	Valor (Segundos)
TiempoEstación	Promedio	0.1245
TiempoEstación	Máximo	0.2464
TiempoEstación	Mínimo	0.0000
TiempoProcesamiento	Promedio	0.0018
TiempoProcesamiento	Máximo	0.0022
TiempoProcesamiento	Mínimo	0.0014

Fuente: Elaboración propia

Iniciando con el tiempo de espera que espera el bote al llegar a la estación se tiene que en promedio es de 0.1245 y un máximo de 0.2464 min (ver Cuadro 91). Como se observa el tiempo de espera es menos de un segundo lo que hace que esté proceso sea más eficiente que el que actualmente se tiene. Por otro lado, se cuenta con un tiempo promedio de procesamiento 0.0018 min. En cuanto a las unidades que logra procesar estás se muestran a continuación.

Cuadro 92. Resultado de entidades de la simulación (método propuesto) - Op1 formato 1

Operación 2 - Colocación de tapa formato 1	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	734
Unidades que salieron	554
Unidades finales	511

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 92, se tiene que la estación de tapado llega las 734 unidades producidas en la operación anterior pero únicamente 554 unidades de estás pasan al área de tapado. Es importante tomar en cuenta que para la simulación solo se tomó una estación, para poder comparar el impacto de la propuesta con el proceso actual. Pero al considerar que hay otra persona en esté operación se tiene que el resto de las unidades que no se lograron procesar que es alrededor del 24% son las que están destinadas a este operario.

Por lo que con esto en mente se tiene que el operario en su estación tiene que 42 unidades que no produjo o que se quedaron en producción. Por lo que al finalizar este proceso se cuentan con 511 unidades producidas por el operario 1. Al igual se tiene que su porcentaje de utilización es del 100% (ver Cuadro 93) lo que concuerda con el cálculo del nuevo ritmo de producción. Que indica que del 120% que estará la operación ocupada, el 100% le pertenece a un operario y el otro 20% al segundo operario. Esta ocupación del 100% comprueba la necesidad que tiene la línea de añadir a una nueva persona la estación. Debido a esto es que no se cuentan con tiempo muertos.

Cuadro 93. Resultado del % de utilización Op1-formato 1

Operación 2 - Colocación de tapa formato 1	
% Utilización	
100.00%	

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la finalización del proceso se tiene la operación de embalado en donde se obtuvo el siguiente resultado.

Cuadro 94. Resultados simio (método propuesto) Op3 - formato 1

Operación 3 - Embalado formato 1		
Elemento	Medida	Valor (botes)
Fila entrada	Promedio	20.0
Fila entrada	Máximo	42
Fila entrada	Mínimo	0

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 94, se tiene que en promedio se tienen en espera 20 botes para ser embalado con un máximo de 42 botes en espera. El promedio de botes en esperan hace sentido con la cantidad de unidades que conforman la caja (24 botes). Por lo que nos indica que siempre hay disponible alrededor de 20 botes para ser embalados, es decir que siempre se cuenta con material para embalar. Y ya no se tendrá que esperar tanto tiempo para embalar una caja como sucedía en el método actual.

Cuadro 95. Resultados simio de espera (método propuesto) Op3- formato 1

Operación 3 - Embalado formato 1		
Elemento	Medida	Valor (segundos)
Tiempo de espera	Promedio	0.03608834
Tiempo de espera	Máximo	0.07499578
Tiempo de espera	Mínimo	0

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un tiempo promedio de espera de 0.036 min con un máximo de 0.07min, siendo estos tiempos bajo en comparación con el método actual (ver Cuadro 95). Otro aspecto importante para considerar en esta operación es que se tiene a un operario de la estación dos que podrá apoyar en el embalado si la persona de esta estación está realizando alguna otra actividad. De esta manera siempre se tendrá a alguien disponible para embalar y no dejar que las unidades se junten. Por último, se obtuvieron las unidades finales que se pasaron en el sistema:

Cuadro 96.Resultado simio unidades (método propuesto) Op3- formato 1

Operación 3 - embalado formato 1	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	511
Unidades que salieron	510

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 96 se tiene que 510 unidades cumplieron con el proceso, y que en la operación de embalado únicamente 1 unidad se quedó siendo procesada. Por lo que al compararlo con la simulación del proceso actual se tiene que se produjeron 249 unidades más.

Continuando con el formato 2, se tenía que en este proceso la operación con un mayor ritmo era la operación de sellado. Por lo que el nuevo ritmo de producción está proyectado a esta velocidad, a continuación, se presenta la producción que actualmente tiene este formato.

Cuadro 97. Producción método actual - formato 2

Método actual - formato 2				
Formato 3 - 1kg	Llenado	Ajuste	Sellado	Embalado
	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 5
Unidades Medida (botes)	1	1	1	1
# Personas	1	2	1	1
Sobres/min	10,2	4,6	12,84	78,93
Ritmo Dosificación	10,2			
Unidades / Caja	24			
Cajas / Hora Brutas	25,5			
Rend Linea	100%			
Cajas / Horas Netas	25,5			
Cajas/Hora - Cada Estación	25,5	11,5	32,1	197,3
% Ocupación del Personal	100%	222%	79%	13%

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 97, se tiene que la operación de sellado trabaja con ritmo de 12.84 sobres/min con una ocupación del 79%. Mientras que la operación de llenado trabaja dos sobres más lentos. Por lo que se determinó el nuevo ritmo de producción con una velocidad de 16 sobres por minutos. A partir de este ritmo se tiene que la nueva producción es la siguiente:

Cuadro 98. Producción método propuesto - formato 2

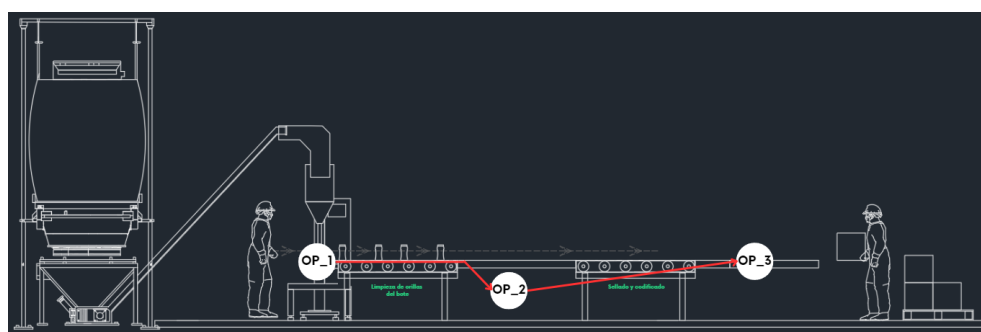
Método propuesto- formato 2			
Formato 2 - 20g	Llenado	Colocación Tapa	Embalado
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Unidades Medida (botes)	1	1	1
# Personas	1	1	1
Sobres/min	16	12.84	78,93
Ritmo Dosificación	16,00		
Unidades / Caja	24,00		
Cajas / Hora Brutas	40,00		
Rend Linea	100%		
Cajas / Horas Netas	40,0		
Cajas/Hora - Cada Estación	40,0	32,1	197,3
% Ocupación del Personal	100%	125%	20%

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 98, se tiene que las cajas horas que se podrán producir con este ritmo de producción son 14.5 más cajas de las que actualmente se producen. También se tiene que la mano de obra disminuyó de 5 personas a 3. Aunque se tenga una capacidad el 125% para la operación 2, se observó el día de la visita que está operación se puede agilizar. Ya que actualmente la persona sella un sobre a la vez, pero en algunas ocasiones la persona sellaba hasta cuatro sobres a la vez. Por lo que para esta operación es importante actualizar el procedimiento y hacer que este selle 3 sobres a la vez. Al igual como se observa la ocupación de la persona de embalado es de tan solo el 20% por lo que también puede apoyar en el 25% del sellado.

A fin de entender el funcionamiento de esta propuesta, se realizó el diagrama de recorrido para visualizar el flujo que tiene el producto en la nueva línea.

Figura 41. Diagrama de recorrido - formato 2



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 41, se muestra el recorrido del proceso para este formato como se observa no se utiliza la banda vibratoria. Al fin de entender el funcionamiento de esta propuesta, se realizó una simulación utilizando las siguientes distribuciones:

Cuadro 99. Distribuciones formato 2 - método propuesto

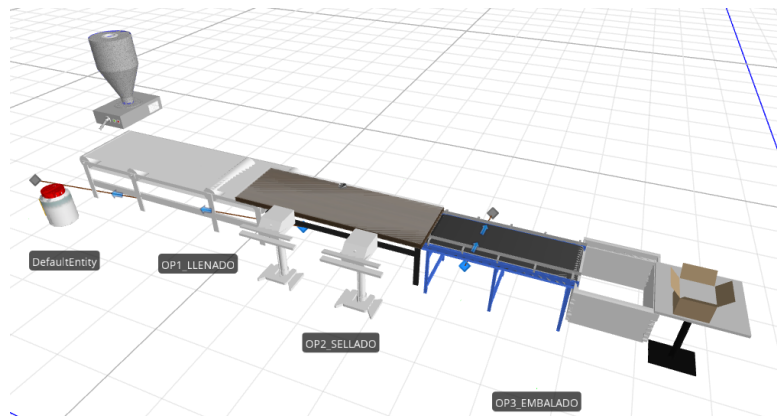
Distribuciones formato 2 - propuesta	
Operación	Distribución
Operación 1	Triangular (3,0,3,74,4,50)
Operación 2	Triangular (3.00,4.13,5.00)
Operación 3	Triangular (0,60,0,84,1.00)

Fuente: Elaboración propia

Estas distribuciones se obtuvieron a partir de una muestra aleatoria que se creó a partir de un rango de datos (ver Cuadro 99). Para cada una de las distribuciones se utilizaron distribuciones triangulares ya que son las que mejor se asemeja al proceso y por no tener muchos datos hacen de esta distribución la ideal. Observando en el caso de la operación 1 se tiene un tiempo promedio de 3.74 segundos con un mínimo de 3.03 segundos y un máximo de 4.50 segundo. En el caso de la operación dos su tiempo promedio es de 4.13 segundos, con un máximo de 5 y mínimo de 3 segundos.

Al igual que el formato anterior para esta simulación no se toma en cuenta el tiempo del codificado ya que este se establecerá al implementar el proceso. Otra diferencia que se tiene con el formato 1 es que en este formato no se utiliza la banda vibratoria ya que es un sobre. También es importante tomar en cuenta que el proceso se simula con un solo operario por operación, para verificar si se necesitan de más o menos operarios. A partir de estas distribuciones, se realizó la siguiente simulación:

Figura 42. Simulación formato 2 – mejora propuesta



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 100. Resultado simio método propuesto (Op1-formato 2)

Operación 1 - llenado manual de bote formato 2	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	965
Unidades que salieron	965

Fuente: Elaboración propia

Iniciando con la operación de llenado, se tiene a partir del cuadro tal que esté es capaz de producir 965 unidades en una hora (ver Cuadro 100). Y comparándolo con el

ritmo de producción proyectado que se tiene que es de 960 unidades, se tiene que estos se apegan. Continuando con la segunda operación que es el sellado de sobre se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 101. Resultado simio método propuesto Op2-formato 2

Operación 2 - sellado de sobre formato 2		
Elemento	Medida	Valor (min)
Tiempo estación	Promedio	0.2119
Tiempo estación	Máximo	0.4529
Tiempo estación	Mínimo	0.0000
Tiempo procesamiento	Promedio	0.0018
Tiempo procesamiento	Máximo	0.0022
Tiempo procesamiento	Mínimo	0.0014
Utilización	%	100

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el tiempo de espera en promedio de una unidad al llegar a esta operación es de 0.2119 minutos (ver Cuadro 101). Con un tiempo máximo de 0.4259 segundos y un mínimo de 0 segundos. Por lo que vemos que el operario si es eficiente en la realización de su operación. En cuenta su tiempo de procesamiento se tiene que en promedio de 0.0018 segundos con un mínimo de 0.0014 segundos. Y se tiene que su ocupación es del 100%, tomando esto en cuenta se encontraron las unidades que lograron ser producidas.

Cuadro 102. Resultado simio unidades método propuesto Op2- formato 2

Operación 2 - sellado de sobre formato 2	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	965
Unidades que salieron	554
Unidades finales	516

Fuente: Elaboración propia

De las 965 unidades que salen de la operación de llenado únicamente 554 unidades logran ser producidas (ver Cuadro 102). Es decir que 411 unidades se quedan en la estación en espera. Y de esas 554 que si logran ser producidas 37 de éstas se quedaron siendo procesadas. Las 411 unidades que no lograron ser procesadas representan el 45% de las unidades por lo que éstas unidades pueden ser procesadas por la persona del embalado.

La última estación que se tiene en este proceso es el embalado en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 103. Resultados simio método propuesto Op3-formato 2

Operación 2 - sellado de sobre formato 2		
Elemento	Medida	Valor (min)
Fila entrada	Promedio	19.5
Fila entrada	Máximo	39
Valor (min)		
Tiempo estación	Promedio	0.0019
Tiempo estación	Máximo	0.0025
Tiempo estación	Mínimo	0.0014

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la operación tres de embalado se obtuvo que la cantidad de sobres que quedan en espera para ser embalados es de 19.51 sobres con un máximo de 39 sobres (ver Cuadro 103). Para este formato tener en espera tantas unidades no está mal, ya que por caja van 24 sobres. Por lo que, si se tienen 39 sobres en espera, se pueden embalar una caja completa y un poco más de media caja. En cuanto a sus tiempos se tiene que en promedio el tiempo que permanecen en la estación es de 0.0019 minutos, siendo este un tiempo muy aceptable para el proceso.

Cuadro 104. Resultado unidades método propuesto Op3 - formato 2

Operación 3 - embalado sobre formato 2	
Elemento	Valor (sobres)
Unidades que entraron	516
Unidades que salieron	515

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar con la simulación, se tiene el total de las unidades producidas sientas estás de 515 unidades (ver Cuadro 104). Dejando solamente una unidad sin embalar, es importante considerar que no salieron las 965 unidades creadas ya que en la operación 2 no lograron ser procesadas y por ende una persona más será agregada al proceso. Continuado con el formato 3, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 105. Producción método actual - formato 3

Método actual - formato 3				
Formato 3 - 1kg	Llenado	Ajuste	Limpieza y tapa	Embalado
	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 5
Unidades Medida (botes)	1	1	1	1
# Personas	1	1	1	1
Botes/Min	2,49	8,98	11,12	13,56
Ritmo Dosificación	2,49			
Unidades / Caja	12			
Cajas / Hora Brutas	12,5			
Rend Linea	100%			
Cajas / Horas Netas	12,5			
Cajas/Hora - Cada Estación	12,5	22,5	27,8	33,9
% Ocupación del Personal	100%	55%	45%	37%

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 105, se tiene que para la colocación de tapa este trabaja a un ritmo de 11.12botes/min y que su ocupación era tan solo del 45%. Esto se debía al bajo ritmo de producción de la operación 1 de tan solo 2.49 botes/min. Por lo que se consideró un nuevo ritmo de trabajo de 10 botes/min, aumentando la velocidad en 8 botes más por minuto y haciendo que el resto de las operaciones aprovechen de ocupación. El ritmo de producción propuesto se presenta a continuación:

Cuadro 106. Producción método propuesto - formato 3

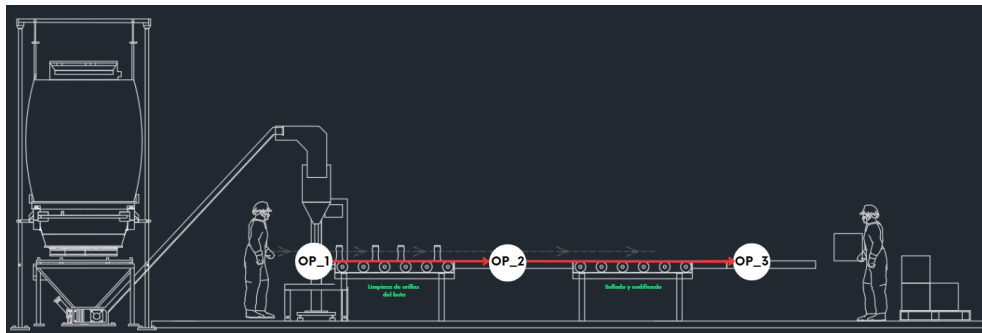
Método propuesto - formato 3			
Formato 3 - 1kg	Llenado	Colocación Tapa	Embalado
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Unidades Medida (botes)	1	1	1
# Personas	1	1	1
Botes/Min	10	11,12	13,56
Ritmo Dosificación	10		
Unidades / Caja	12		
Cajas / Hora Brutas	50,0		
Rend Linea	100%		
Cajas / Horas Netas	50,0		
Cajas/Hora - Cada Estación	50,0	55,6	67,8
% Ocupación del Personal	100%	90%	74%

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 106, se muestra que la nueva producción sería de 50 cajas/hora aumentando alrededor de 37.6 cajas nuevas por hora. En cuanto a la mano de obra de la línea está se reduce de 5 personas a 3. Ya que si se observan los porcentajes de ocupación se tiene que para la estación 2 es del 90% y para la estación 3 es del 74%. Por lo que ambas operaciones tienen la disponibilidad para realizar actividades de apoyo en la estación 1, como es el acercamiento de botes para esta operación.

A fin de entender el funcionamiento de esta propuesta, se realizó el diagrama de recorrido para visualizar el flujo que tiene el producto en la nueva línea.

Figura 43. Diagrama de recorrido formato 3 - mejora propuesta



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 43, se muestra el recorrido del proceso como se observa éste es el mismo que del formato 3. De modo de demostrar estos nuevos cambios, se simuló el nuevo proceso en el que trabajaría la línea. Se determinaron las siguientes distribuciones para llevar a cabo la simulación:

Cuadro 107. Distribuciones formato 3 - método propuesto

Distribuciones formato 3 - propuesta	
Operación	Distribución
Operación 1	Triangular (5.00,5.87,7.00)
Operación 2	Triangular (4.00,5.08,6.00)
Operación 3	Triangular (3.00,3.94,5.00)

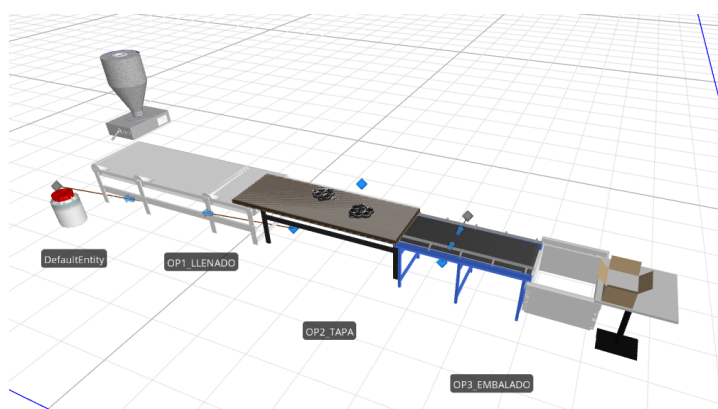
Fuente: Elaboración propia

Se realizó una simulación utilizando números creados aleatoriamente en Excel a partir de un rango que este cerca de la proyección de producción propuesta para este formato. Al igual como se tenía en el proceso actual se trabajaron con distribuciones triangulares, ya que son las que mejor simulan procesos manuales y de máquina.

En el caso de la operación 1 se tiene una distribución con un mínimo de 5 segundos, máximo de 7 segundos y un promedio de 5.87 segundos. En el caso de la operación 2 que es el tapado del bote se tiene un tiempo promedio de 5.08seg y un mínimo de 4 segundos y un máximo de 6 segundos. Y para la última operación que es el embalado se tiene un tiempo promedio de 3.94 segundos con un mínimo de 3 segundos y un máximo de 5 segundos (ver Cuadro 107).

Al igual que en la simulación para la propuesta del formato 1 es que no se están tomando en cuenta el tiempo de sellado y codificado. Al igual que la operación de la banda vibratoria, esto se realizó por instrucciones de Nestlé. Ya que estas bandas cuentan con una mayor capacidad de adaptación. Por lo que estas maquinarias se pueden ajustar al nuevo ritmo de producción. A partir de estas distribuciones se obtuvo la siguiente simulación.

Figura 44. Simulación formato 3 - mejora propuesta



Fuente: Elaboración propia

A partir de la simulación mostrada en la Figura 44, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 108. Resultado simio método propuesto Op1 - formato 3

Operación 1 - llenado de bote formato 3	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	604
Unidades que salieron	604

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 108, se obtuvo que de la primera operación que es el llenado está es capaz de producir 604 botes de 1kg. Tomando este dato y comparándolo con el ritmo proyectado de la nueva producción se tiene una diferencia de tan 0.3 unidades. Continuando con la segunda operación que es la colocación de tapadera el bote, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 109. Resultados simio tiempos de espera método propuesto Op2- formato 3

Operación 2 - sellado de tapa formato 3		
Elemento	Medida	Valor (seg)
Tiempo estación	Promedio	0.0000003
Tiempo estación	Máximo	0.0000939
Tiempo estación	Mínimo	0.0000
Tiempo procesamiento	Promedio	0.001382595
Tiempo procesamiento	Máximo	0.001662056
Tiempo procesamiento	Mínimo	0.001129008

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 109, se tiene que el tiempo de espera de los botes para la colocación de tapadera es casi cero. Esto indica que el proceso si está siendo productivo y que siempre tiene unidades para entender por ende sus tiempos de procesamiento son rápidos. En cuanto a las unidades que logra producir está estación se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 110. Resultados simio unidades método propuesto Op2-formato 3

Operación 2 - colocación de tapa formato 3	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	604
Unidades que salieron	603

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que, de las 604 unidades creadas, únicamente una de estas estaciones no fue procesada o se quedó en ese proceso por lo que las unidades finales que pasaron esta estación fueron 603 unidades (ver Cuadro 110). Según la simulación se obtuvieron los siguientes tiempos perdidos y porcentaje de utilización.

Cuadro 111. Resultados simio % de ocupación Op2-formato 3

Operación 2 - colocación de tapa formato 3	
Elemento	%
Tiempo muerto	16.5
Utilización	83.5

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo que al rededor del 16% del tiempo de la operación es tiempo perdido y que el 83% es el porcentaje de utilización para la operación. Tomando en cuenta que la utilización que tiene la operaria es realmente del 100%, este tiempo perdido que se obtuvo en la operación es tiempo que la operaria toma para realizar alguna actividad necesaria de su operación que no es netamente el llenado (ver Cuadro 111). Para finalizar este proceso se cuenta con los siguientes resultados de la operación de embalado:

Cuadro 112. Resultado simio tiempos de espera, método propuesto Op3- formato 3

Operación 3 - embalado de bote formato 3		
Elemento	Medida	Valor (seg)
Tiempo estación	Promedio	0.001120455
Tiempo estación	Máximo	0.001376585
Tiempo estación	Mínimo	0.0009

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 113. Resultados simio unidades método propuesto Op3 - formato 3

Operación 3 - embalado de bote formato 3		
Elemento	Medida	Valor (botes)
Número estación	Promedio	1
Número estación	Máximo	2
Número estación	Mínimo	0.0000

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 112 se encuentra que los tiempos de espera para que los botes sean embalados son casi cero, por lo que en promedio conforme llegan los botes al área de embalado estos son colocados en la caja. En el 113 se tiene que en promedio en espera hay un bote para ser embalado y el máximo que se tiene es de dos botes. Por

lo que, al terminar el proceso de producción, se obtuvieron las siguientes unidades productivas:

Cuadro 114. Resultados simio unidades método propuesto Op3- formato 3

Operación 3 - embalado de bote formato 3	
Elemento	Valor (botes)
Unidades que entraron	603
Unidades que salieron	603

Fuente: Elaboración propia

En total se tienen que fueron las 603 unidades que salieron del área de tapado, y si se toman los porcentajes de utilización se tiene que para la operación del embalado su ocupación es del 74% (ver Cuadro 114). Por lo que la operaria cuenta con tiempo suficiente para embalar cada una de las unidades que llegan al sistema sin dejar alguno en el proceso.

Al momento de implementar un nuevo sistema producción se debe de tomar en cuenta los peligros nuevos que se crean para llevar a cabo las distintas operaciones. Por lo que a continuación se presenta el nivel de riesgo para cinco riesgos más importantes identificados para este nuevo proceso.

Cuadro 115. Nivel de riesgos método propuesto - formato 1,2 y 3

Riesgo	Probabilidad	Gravedad	Valor de riesgo	Nivel de riesgo
Atrapamiento por cambio de tornillo sin fin	2	4	8	Importante
Colocación incorrecta del tornillo sin fin en compartamiento	3	5	15	Importante
Aplastamiento por big bag	1	5	5	Importante
Caída de tornillo sin fin o otros materiales.	3	5	15	Importante
Falta de ergonomía	4	3	12	Importante

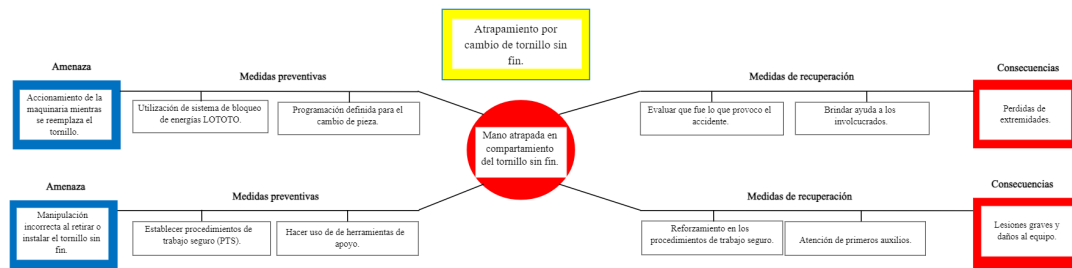
Fuente: Elaboración propia

Tomando en consideración la tabla de ponderación trabajada (ver Cuadro 191 de anexos) se tiene que para los cinco riesgos identificados estos tienen un nivel de riesgo importante. Por lo que es necesario tomar medidas preventivas para hacer del inicio de producción la más segura para todos los involucrados y poder tener un control de este. De los cinco peligros que se identificaron, a los que se le debe de poner más atención es la colocación incorrecta del tornillo sin fin en comportamiento y la caída de tornillo sin fin o otros materiales. Ya que éstos son los que más probabilidad de que suceda y que su gravedad es alta (ver Cuadro 115) teniendo un valor de riesgo 15.

Seguido por el peligro 5 que es el de la falta de ergonomía con una puntuación de 12, después sigue el atrapamiento por cambio de tornillo sin fin con un valor de riesgo de 8 y por último está el peligro de aplastamiento por big bag con un valor de riesgo de 5. Aunque es importante destacar que los cinco peligros son considerados importantes.

Iniciando con el primer riesgo este se identificó que es el riesgo al atrapamiento (extremidades) por cambio del tornillo sin fin. Este riesgo está asociado a los paros planeados que se realizan para hacer cambio de producción formato. Ya que será necesario retirar el tornillo sin fin de la dosificadora y colocar el nuevo tornillo sin fin según el formato que se realizará. Esta actividad representa un riesgo en la operación, ya que si se realiza de manera incorrecta o rápida las extremidades superiores de las personas pueden quedar atoradas o aplastadas. Para visualizar mejor este peligro, se muestra a continuación el análisis realizado.

Figura 45. Análisis Bow Tie - atrapamiento por cambio de tornillo sin fin



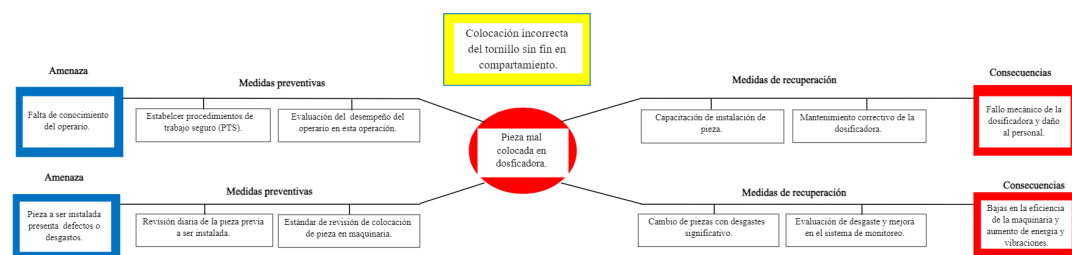
Fuente: Elaboración propia

A partir de la Figura 45 se observa que este peligro puede causar que alguna mano quede atrapada en el compartimiento en donde se cambia el formato. Y lo que amenazca a que este evento se lleve a cabo, es principalmente el accionamiento de la maquinaria mientras se está cambiando el tornillo. Esto podría tener consecuencias desde lesiones graves hasta pérdidas de extremidades. Otras de las amenazas de este riesgo es que se tenga una manipulación incorrecta al momento de retirar el tornillo. Ya que algún movimiento en falso o distracción puede hacer que la persona coloque su mano o brazo en alguna área peligrosa de la máquina si esta está encendida.

La manera de mitigar este riesgo se puede hacer a través del establecimiento de procedimientos de trabajo seguro, en donde se les informe y enseñe a los operarios a como llevar a cabo esta operación de manera segura. Al igual se podría implementar un sistema de bloqueo de energía LOTOTO, en donde se desenergice la maquinaria. E inclusive se podría bloquear el pedal de accionamiento o retirar este para que no suceda algún accidente inesperado. Otra de las barreras que se pueden tener para evitar este peligro es la programación del cambio. Es decir que se establezca en qué momento se llevará a cabo esta operación. Puede ser incluso dentro del tiempo de algún paro planeado que se tenga, de esta manera las personas estarán informadas que esta actividad sucederá. Por otra parte, se podría hacer uso de algún tipo de herramientas auxiliar que permita que el operario no esté expuesto a que alguna extremidad quede atrapada.

Las principales consecuencias que presenta este peligro son lesiones graves, pérdidas de extremidades y daños al equipo. Por lo que esto es a lo que está expuesto el trabajador. Si llegase a ocurrir esto lo primero que se debe de hacer es brindarle primeros auxilios a la persona involucrada en el accidente. Luego de que esto se pudo proseguir a estudiar qué fue lo que sucedió e identificar que barrera falló. Al hacer esto se pueden reforzar los PTS que se manejan y adecuarlos para que este accidente no vuelva a suceder. Al igual que se debe de brindar ayuda a las personas involucradas en el accidente para que no tener repercusiones en el resto de las operaciones.

Figura 46. Análisis Bow Tie - colocación incorrecta de tornillo sin fin en compartimiento



Fuente: Elaboración propia

El siguiente peligro que se identificó fue la colocación incorrecta del tornillo sin fin en el compartimiento (ver Figura 46). Este peligro se refiere a cuando la persona instala el tornillo y lo coloca de manera incorrecta poniendo en peligro la producción y operarios. Por lo que el evento máximo se identificó que es cuando se coloca la pieza mal y se inicia la operación. Las principales amenazas para este peligro es la falta de concentración del operario y la utilización de piezas con defectos o desgastes. Por lo que una de las medidas preventivas es establecer PTS, en donde la operaria aprenda a como realizar esta operación y las actividades cables que con lleva realizarlo.

Por otra parte, se debe mantener una evaluación del desempeño de la operaria para poder darles retroalimentación si es necesario y así poder mejorar. En cuanto a las piezas se deben de realizar una inspección diaria previa a colocar la pieza en la dosificadora. Y por ende otra de las medidas es que se debe de tener un estándar y registro para las inspecciones de la pieza de esta manera todos los involucrado están enterados. Si llega a suceder este evento las principales consecuencias para la primera amenaza se tiene es la presencia de un fallo mecánico y lesiones en el personal. Mientras que para la segunda amenaza es una baja en la eficiencia de la maquinaria y aumentos en el consumo de energía.

Como medidas de recuperación se tiene la capacitación del personal para la correcta instalación de la pieza y un mantenimiento correctiva. Al igual que sería necesaria reemplazar la pieza que causo el accidente y evaluar porque se presentó el desgaste. Para este peligro es importante considerar que no solo corre riesgos las personas, sino que también la maquinaria. Ya que al instalar la pieza de manera incorrecta esta puede provocar mucha vibración, des calibración, ruido entre otros. Que pueden hacer que la producción baje y su desempeño al igual.

Figura 47. Análisis Bow Tie - aplastamiento por big bag



Fuente: Elaboración propia

El tercer peligro que se identificó fue el aplastamiento por caída del big bag (ver Figura 47). Este peligro significa que durante la instalación del big este sea mal efectuado y el big bag caiga de su estructura durante el montaje, producción o desmontaje. Tomando en consideración que para el método propuesto el big bag se encuentra colocado en una estructura a través de la utilización de un polipasto.

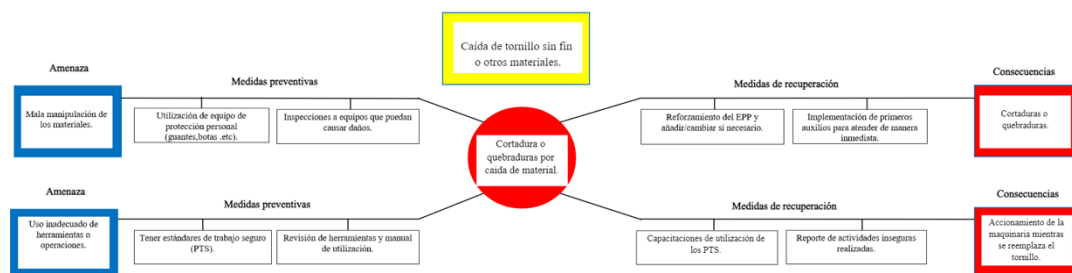
La segunda amenaza que se identificó es una deficiencia en el mantenimiento de la estructura. Iniciando con las medidas preventivas, al igual que en el resto de las operaciones se tiene que es establecer PTS. Actualmente Nestlé trabaja con una norma de que el big bag es trasladado a través del polipasto por un control a más de 2 m de donde está el big bag. Por lo que este mismo procedimiento se debe de realizar con esta operación. Otra barrera que se puede implementar es la utilización de alarmas o sensores que permitan saber si existe una sobrecarga de peso o si hay alguna falla con la

estructura. Por otro lado, estas alarmas pueden alertar al resto de los operarios que un big bag está siendo trasladado para no pasar por esas áreas.

En cuanto al mantenimiento la medida preventiva que se debe tomar es establecer un procedimiento de mantenimientos periódicos y el monitoreo de la estructura para identificar algún imperfecto. Entre las principales consecuencias para ambas amenazas se tiene la fatalidad o lesiones de algún operario, daño a la infraestructura y repercusiones legales/regulatorias. Esta última consecuencia nace ya que se deben de cumplir con tener un ambiente seguro para los trabajadores. Las medidas de recuperación que se establecieron si llega a suceder este accidente, es primero contar con un sistema de respuestas a emergencias de esta manera se puede brindar ayuda a la persona afectada de la manera más rápida y segura.

Lo segundo es que se deben de mejorar los PTS establecidos, para tener a la persona más capacitada y hacer del proceso seguro. Al igual se deben de señalar y delimitar las zonas de peligros (áreas de traslado de big bags) para que los operarios sepan en donde están pasando. Por último, también es importante que se realice un cambio a la estructura o componente de big bag que fallo y analizar porque fue que sucedió.

Figura 48. Análisis Bow Tie - caída de tornillo sin fin o otros materiales



Fuente: Elaboración propia

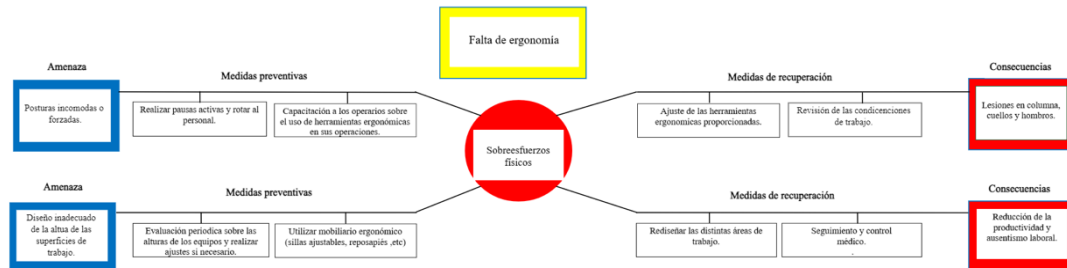
El cuarto peligro que se idéntico es la caída del tornillo sin fin u otros materiales (ver Figura 48), teniendo como evento máximo la cortadura o quebradura por la caída de material. Este peligro se refiere a la exposición que tiene el operario a que alguna pieza utilizada en el proceso le cause daño ya se por la mala utilización de esta o por error humano. Este peligro se ve amenazado por la mala manipulación de los materiales y por el uso inadecuado de herramientas u operaciones. Se identificaron como medidas preventivas para la primera amenaza el uso de equipo personal como guantes y botas que le permitan al operario tener una protección mayor.

Al igual que tener un sistema de inspección diaria a equipos que puedan causar daños es necesaria para retirar cualquier material que este mal estado y que sea una amenaza para la persona durante la operación. En el caso de la segunda amenaza las medidas preventivas que se deben tomar es establecer los PTS de las operaciones y que los operarios lo conozcan. Al igual se debe de realizar revisiones a las herramientas y sus manuales de utilización. Estas revisiones también ayudan. Estas revisiones también ayudan para establecer los PTS para la operación.

Entre las consecuencias identificadas se tienen cortaduras o quebraduras y lesiones a personas externas a la operación. Está ultima consecuencia se identificó ya que si está haciendo mal uso de la herramienta se expone e a los demás operarios que no estas involucrado en la operación a la posibilidad de salir lastimados. Por lo que las medidas de recuperación que se identificaron fue el reforzamiento del uso correcto del EPP y las

evaluaciones de este para evaluar si necesitan algún reemplazo. Al igual que la implementación de primeros auxilios para la atención inmediata de la persona lastimada. En cuando a la segunda amenaza se debe de tener capacitaciones sobre los procedimientos de trabajo seguro y la aplicación de estos. Y el reporte de actividades inseguras, de esta manera se puede identificar si algún operario no está cumpliendo con los procedimientos o se está exponiendo a tener un accidente.

Figura 49. Análisis Bow Tie - falta de ergonomía



Fuente: Elaboración propia

Y el último peligro que se identificó fue la falta de ergonomía (ver Figura 49), aunque en el método propuesto se tomaron en consideración estos puntos siempre es importante llevar un control sobre como poder mejorar las áreas de trabajo para los operarios por lo que se identificó que el evento máximo para este peligro es realizar sobre esfuerzos físicos. Lo que amenaza a este peligro es que las personas estén en posturas incómodas o forzadas por periodos largos de tiempo y un diseño inadecuado de las estaciones de trabajo (altura como, por ejemplo). Por lo que las medidas preventivas que se deben de tomar es enseñarlos a los operarios sobre las pausas activas que pueden realizar durante la operación y capacitar a estos sobre herramientas ergonómicas que pueden utilizar para hacer de sus actividades más amigables.

Al igual que se deben de realizar evaluaciones periódicas a los equipos y mobiliario utilizados en el proceso y verificar que estén a la altura correcta para los operarios. Y la última medida que se debe de implementar es utilizar mobiliario ergonómico que permita que las operaciones se adapten a los operarios. Las consecuencias principales de no utilizar medidas de prevención es que se podrán presentar lesiones en la columna, cuello, hombros y otras partes del cuerpo.

También se tendrá un baja en la productividad y se hará presente el ausentismo laboral. Si se llegase a presentar alguno de estos problemas las medidas de recuperación que se deben de tomar es primero brindar ayuda y seguimiento médico a la persona que muestra lesión. Luego de este se debe de revisar las condiciones de trabajo a la que estaba expuesto la persona y así poder rediseñar el área y ajustar las herramientas económicas proporcionadas.

De manera de resumir las mejoras realizadas en la producción se presentan las variaciones que se tienen con el estado actual, iniciando con el formato 1:

Cuadro 116. Variación de producción formato 1

Resultados formato 1 - método actual vs método propuesto			
Aspecto	Estado actual	Propuesta	Variación
Ritmo dosificación	4.98	12	141%
# Personas	5	4	-20%
Cajas/horas brutas	12.5	30	141%

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la mano de obra está se redujo en un 20%, por lo que el formato 1 ahora puede producir más unidades con menos mano de obra (ver Cuadro 116). Al igual se obtuvo un aumento en la productividad de más del doble (141%). Por lo que el estándar aumento en 7.02 botes más que lo que se tenía. En el caso del formato 2, se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 117. Variación de producción formato 2

Resultados formato 2 - método actual vs método propuesto			
Aspecto	Estado actual	Propuesta	Variación
Ritmo dosificación	10.2	16	57%
# Personas	5	3	-40%
Cajas/horas brutas	25.2	40	57%

Fuente: Elaboración propia

Para el formato 2, se tiene una disminución del 30% en la mano de obra, por lo que ahora solamente son necesarios 3 operarios (ver Cuadro 117). En el caso de la productividad se aumentó un 57%. Por lo que ahora pueden producir 5.8 sobres más de lo que tenían capacidad anteriormente y 14.5 cajas más. Para el formato 3, se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 118. Variación de producción formato 3

Resultados formato 3 - método actual vs método propuesto			
Aspecto	Estado actual	Propuesta	Variación
Ritmo dosificación	2.49	10	302%
# Personas	5	3	-40%
Cajas/horas brutas	12.5	50	302%

Fuente: Elaboración propia

Observando el Cuadro 118 se tiene que para el formato 3, la mano de obra se redujo en un 40% pasando de 5 operarios a tan solo 3. Y la productividad se aumentó más de tres veces de lo que se produce actualmente. Este aumento fue de 302% tanto para el ritmo de producción como para las cajas producida por hora. Al tener los beneficios en producción que se obtienen de implementar esta mejora se debe conocer como esto se refleja en los costos. Estos resultados se presentan a continuación:

Cuadro 119. Variación horas-máquina

Horas-maquina totales		
Formato	Método actual	Método propuesto
Formato 1 - 180 g	802.49	300.93
Formato 2 - 20 g	319.13	239.35
Formato 1 - 1 kg	159.58	52.9

Fuente: Elaboración propia

La optimización de los costos se da a partir de las horas maquinas que se trabajan según cada formato. Por lo que observando el cuadro tal, se tiene que con esta mejora el formato 1 necesitara únicamente de 300.93 horas-máquina, es decir que se redujo 501.56 horas. En el caso del formato se redujeron 79.78 horas-máquina teniendo un nuevo total de 239.35 horas (ver Cuadro 119). En el caso del formato 3, la reducción en horas fue 106.68 horas, teniendo un total de horas con el método propuesto de tan solo 52.9 horas-máquina.

Cuadro 120. Variación de costo totales de cajas anuales

Costo total de cajas anuales		
Formato	Costo total/caja (Propuesta)	Costo total/caja (Propuesta)
Formato 1 - 180 g	Q2,084,367.78	Q1,949,785.66
Formato 2 - 20 g	Q2,929,477.75	Q2,896,877.63
Formato 1 - 1 kg	Q277,198.06	Q248,699.21

Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 120, se tiene que hay un ahorro del 6.98% para el formato 1, del 1.20% para el formato 2 y del 15.12% del formato 3. Entre estos formatos en el que mayor ahorro presenta es en el formato 3, para este formato anualmente se produce 2649 cajas es decir 31,788 botes. Aunque este formato y el formato 1 utilizan los mismos equipos la gran diferencia que hay entre ellos es que el formato 3 únicamente requiere de 3 operarios. No como en el caso del formato 1 que si necesita de 4 personas.

En el caso del formato 2, este fue el que menos ahorro tuvo ya que es el formato que mayor maquinaria utiliza y por ende el consumo de su energía aumento comparado al que tenía actualmente. Aunque su ahorro no haya sido mayor sigue siendo significativo ya que el consumo de mano de obra disminuyo. A continuación, se presentan los costos totales por caja:

Cuadro 121. Variación de costo unitario

Costo unitario de cajas		
Formato	Costo total/caja (Propuesta)	Costo total/caja (Propuesta)
Formato 1 - 180 g	Q230.88	Q215.97
Formato 2 - 20 g	Q305.98	Q302.58
Formato 1 - 1 kg	Q104.64	Q93.88

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 121, se tiene que para cada uno de los formatos disminuyó el precio. Tomando el formato 1 se tiene que el costo se redujo en Q14.91, para el formato 2 es de Q3.4 y para el formato 3 es de Q10.76. Es decir que al implementar esta mejora se tiene un beneficio, ya que se logró optimizar tanto la productividad como los costos. Haciendo que distintas áreas de la línea se mejoran a través de optimización de la mano de obra de adquisición de maquinaria.

De manera de resumen en esta fase se determinó que la mejor propuesta de mejora del proceso fue un sistema semi-automatizado. Para esto se unificaron algunas operaciones para reducir la mano de obra y hacer el proceso más eficiente. Se eliminó la operación de inspección y se modificó la de limpieza para integrarla en una banda vibratoria. La operación de llenado se mejoró utilizando una dosificadora semiautomática de pie y una plataforma de pesaje precisa, permitiendo mayor control de peso y velocidad en el llenado. Los nuevos sistemas permitieron un aumento en el estándar de producción para cada formato, siendo esto de 30 cajas/hora para el formato 1, 40 cajas/hora para el formato 2, 50 cajas/hora para el formato 3. La propuesta muestra un ahorro significativo en horas-máquina, y la reducción de costos por caja para cada formato varía entre el 1.2% y el 15.12%, dependiendo del formato. Además, el aumento de la productividad y la reducción de variabilidad mejoraron la eficiencia general de la producción.

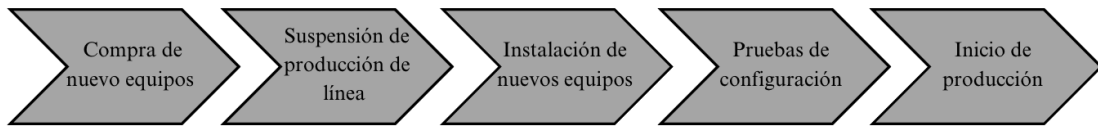
8.4 Fase cuatro: Plan de implementación y costos

A partir de encontrar que la mejora propuesta es viable, se prosiguió a trabajar un plan de implementación que Nestlé podrá poner en práctica cuando desee implementar esta mejora en la planta. Es importante definir que este plan de implementación se enfoca principalmente en la instalación de la nueva línea semi automatizada.

Por ende, el entregable de este plan, es la instalación y arranque en esta nueva línea. Al igual que el ciclo de vida que tiene este proyecto es híbrido, ya que puede ser que en algún momento ciertos requisitos como el tiempo cambie por alguna demora. El plan de implementación se muestra a continuación:

Figura 50. Fases de implementación de mejora

Fases de implementación - Mejora propuesta

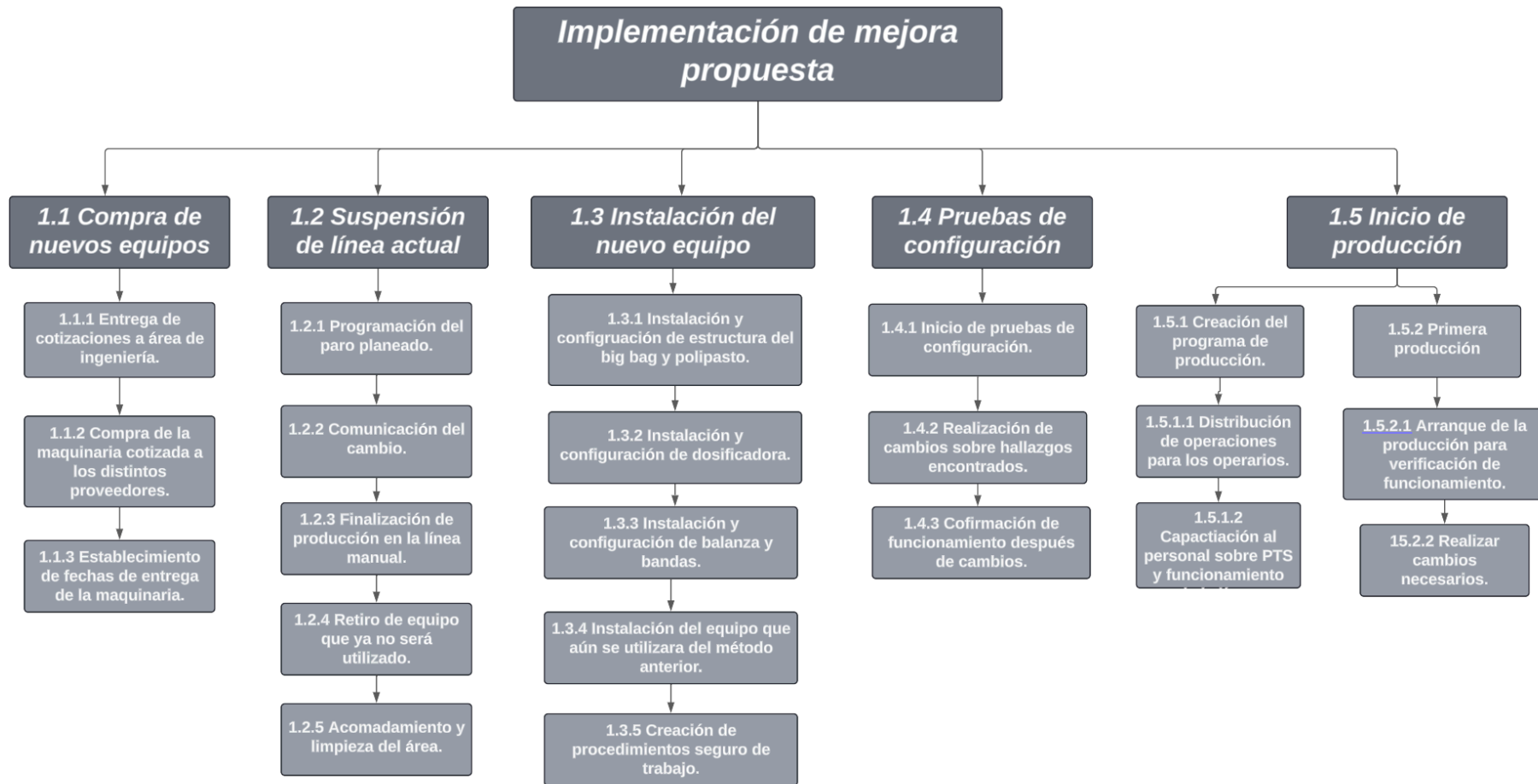


Fuente: Elaboración propia

Observando la Figura 50, se identificaron 5 fases principales para la implementación de esta mejora. Es importante considerar que para cada uno de estas fases se tiene un entregable con el que se debe de cumplir. En el caso de la primera fase el entregable es la compra y recibo de los nuevos equipos. Para la fase dos, es la entrega del plan de suspensión de la línea. En la fase tres se debe de entregar ya la línea instalada y configurada según estándares de Nestlé y del nuevo proceso. La cuarta fase, se tiene como entregable las pruebas de configuraciones para asegurar que el equipo esté funcionando como solicitado. Y para la última fase se tiene como entregable la primera producción de cada uno de los formatos.

De manera de identificar cuáles son aquellas tareas indispensables, se realizó el desglose de trabajo para cada una de las fases identificadas. Este se muestra a continuación:

Figura 51. Plan de implementación de mejora



Fuente: Elaboración propia

Iniciando con la compra de los nuevos equipos, la primera tarea que se debe de realizar es entregar las cotizaciones al área de ingeniería. Ya que es este departamento quienes se encargan de realizar estas compras. Es importante recordar que para esta mejora ya se cuentan con las cotizaciones para las maquinarias que se necesitan por lo que esto ya no es una tarea. Por lo que luego de entregar estas cotizaciones la tarea que sigue es que el departamento de ingeniería realice la compra a los distintos proveedores.

Al realizar la compra de las maquinarias, el área de ingeniería tiene la última tarea que es establecer las fechas en las que se recibió el producto. Según las cotizaciones proporcionadas por el proveedor, las distintas maquinarias toman entre 18 a 20 semanas para llegar. Por lo que se debe de acordar el plazo máximo de entrega con el proveedor y así poder preparar el área de instalación. La respuesta que se obtenga para esta última tarea es necesaria que el área de ingeniería se la comunique al área de producción para así ellos poder realizar las distintas tareas.

En esta etapa el principal hito que se tiene es la compra de la maquinaria, ya que al tener adquirida esta máquina se puede confirmar que el proyecto está avanzando. Al igual si este hito no se llegase a cumplir es definitivo que el proyecto tendrá un atraso significativo. Continuando con la segunda fase del plan se tiene que está es la suspensión de la línea actual. Esta fase es de suma importancia que se lleve a cabo de manera correcta ya que se debe de tener el área lista para la instalación de la maquinaria de la línea. Para esta fase las personas involucradas son el área de producción.

Por lo que la primera tarea que se debe de llevar a cabo es la programación del paro planeado. Este paro se define a partir de la información que brinde el departamento de ingeniería en cuanto a las fechas de entrega. Ya que de esta manera el área de producción puede programar un paro planeado en donde se suspenderá la producción en esta línea. Este paro puede durar un máximo de dos semanas, por lo que es necesario que se tenga una comunicación activa con el área de ingeniería. Ya que, si llegase a haber algún atraso con la maquinaria, el área de producción aún tiene tiempo de atrasar el paro planeado.

La segunda tarea que se debe de realizar es la comunicación de la suspensión de la línea a los operarios. De esta manera las personas estarán enteradas de lo que estará sucediendo, es importante considerar de que la manera en que se les explique lo que pasara influir en cómo se tomen este cambio. La tercera tarea que se debe de llevar a cabo es la finalización de producción, esta tarea se debe de llevar a cabo dos días antes que inicien las instalaciones.

Al tener la producción suspendida se puede continuar a realizar la tarea cuatro que consiste en el retiro del equipo que ya no será utilizado. Y la última tarea que se debe de realizar en esta fase es el acomodamiento de los equipos que serán aún utilizados en la producción. Estos equipos se pueden quedar cerca de donde serán instaladas las nuevas máquinas, pero no deben de estropear el paso. Al igual que se deben de dejar el área limpia y ordenada para que el momento en que se termine las instalaciones esté lo más ordenada posible.

Para esta segunda fase se tienen dos hitos importantes, siendo estos la programación del paro ya que de esta tarea depende el tiempo que tendrán disponible para instalar la maquinaria. Y el segundo hito es la finalización de la productividad, ya que el que la línea no esté produciendo significa que las instalaciones ya iniciaran. Siguiendo con la tercera fase la cual es la instalación del equipo nuevo, en esta etapa los departamentos que trabajan en conjunto es el de producción, ingeniería y el proveedor. Ya que son los proveedores quienes se encargan de realizar las configuraciones e instalaciones de los productos siempre en base a los requerimientos de Nestlé.

La primera tarea por realizar es la instalación y configuración de la estructura para el big bag y el polipasto. En cada una de las instalaciones que se realizarán éstas serán probadas para asegurar su funcionamiento y seguridad. Al tener instalado la estructura del big se continuará con la tarea dos que es la instalación y configuración de la dosificadora, en el caso de esta instalación se debe de probar el funcionamiento de la dosificadora para cada uno de los tornillos.

La tercera tarea para realizar es la instalación y configuración de las balanzas y las bandas transportadoras. Y la cuarta tarea que se tiene es regresar e instalar el equipo de la línea vieja que aún será utilizado. Durante esta fase es de suma importancia que se establezcan los estándares de los procedimientos seguros de trabajo, por lo que está es la quinta tarea que se lleva a cabo. En esta fase cada una de las actividades son hitos, ya que miden el avance que se está teniendo. La cuarta fase que se tiene son las pruebas de configuración, durante esta etapa se realizarán pruebas de cada una de las maquinarias. Para asegurar que éstas estén trabajando al ritmo establecido en los nuevos estándares. Las tareas para esta fase son realizar estas pruebas y determinar hallazgos que puedan afectar la futura producción. Se debe de asegurar que las maquinarias estén elaborando su tarea de manera correcta e ir ajustando los parámetros que sean necesarios. Por otra parte, se debe de tomar en cuanto cualquier cambio que se deba de hacer a la distribución de la línea para asegurar que está sea la mejor.

La última fase que se tiene es el inicio de la producción, esta se divide en dos partes. La primera es la creación del programa de producción del cual se desglosan dos tareas más siendo está la distribución de los operarios en las distintas estaciones y la capacitación del personal. En estas capacitaciones se le debe de brindar información sobre los procedimientos de trabajo seguro que deberán de poner en práctica y explicarles el funcionamiento de la línea. La segunda parte es el arranque de la primera producción, por lo que se deberá de iniciar la producción y verificar que está esté funcionando de la manera correcta (tarea 1). Al realizar la primera producción se debe de evaluar si se debe de realizar algún cambio en las configuraciones de la maquinaria o en las estaciones (tarea 2).

En esta última fase se tienen dos hitos importantes, el primero es la capacitación del personal ya que significa que la producción está a punto de iniciar. Y el segundo hito es el arranque de la primera producción, ya que aquí se comprueba el funcionamiento de esta mejora.

Al tener este plan de implementación, se trabajó el siguiente diagrama de Gantt

En la Figura 52 se presenta un borrador para el cronograma de la implementación, aunque se debe de considerar que los tiempos pueden variar según la fecha en que se decida realizar la implementación. Al igual se tiene que la gran mayoría de actividades suceden en las últimas dos semanas, esto no significa que solo una persona los lleve a cabo. Para este tipo de proyecto se cuenta con bastante personal del área de producción y de ingeniería que podrán participar en esta implementación. Por lo que el tiempo se consideró teniendo a más de una persona trabajando en la actividad.

Es importante considerar que el cronograma presentado anteriormente es para una situación ideal, es decir que todas las fases e hitos serán completados dentro del tiempo estipulado. Por lo que se deben de realizar un análisis para un escenario pesimista que pueden llegar a suceder como por ejemplo si se atrasa la entrega de algún equipo nuevo o hay un atraso en la instalación. Al igual que se debe de realizar lo mismo para un escenario optimistas como la entrega temprana de alguna maquinaria que pueda adelantar los tiempos de instalación.

Para ir finalizando es importante que se conozcan como que fue que se logró optimizar los costos, por lo que a continuación se presentan los costos desglosados para los costos nuevos obtenido (ver Cuadro 120) Iniciando con los nuevos costos de conversión para los tres formatos, estos se muestran a continuación:

Cuadro 122. Costos de variación mejora propuesta

Costo de conversión/caja						
Formato	Mano de obra	Costo energía /caja	Otros costos directos	Gastos fijos	Depreciación	Costo de conversión
Formato 1 - 180 g	Q22.21	Q0.43	Q0.63	Q24.54	Q12.78	Q60.59
Formato 2 - 20 g	Q6.71	Q0.17	Q0.63	Q9.68	Q5.60	Q22.79
Formato 1 - 1 kg	Q15.11	Q0.30	Q0.63	Q24.08	Q9.57	Q49.69

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los costos directos y gastos fijos estos se mantuvieron igual al procedimiento actual por lo que los datos que se optimizaron fue el costo de energía, mano de obra y depreciación. Se tiene que para el formato 1 su costo de conversión es de Q60.59, para el formato 2 es de Q22.79 y para el formato 3 es de Q49.38 (ver Cuadro 122). La implementación de las distintas maquinarias se vio reflejado de la siguiente manera en el consumo de energía por caja:

Cuadro 123. Variación de energía - mejora propuesta

Formato	Formato 1 180g	Formato 2 20g	Formato 3 1Kg
Llenadora	0.4	0.4	0.4
Polipasto	0.8	0.8	0.8
Balanza	0.045	0.045	0.045
Banda vibratoria	0.28	0	0.28
Sello de Inducción	0.75	0	0.75
Banda	0.18	0.18	0.18
KW-Hr Directa	2.5	1.4	2.5

Fuente: Elaboración propia

En el caso del formato 1 y del formato 3 se tiene que ahora por caja se consumen 2.5 kWh más. Comparándolos con la energía que consumía con el método actual (1.03 kWh) se tuvo un incremento de 1.47 kWh Mientras que para el formato 2 el incremento fue de 1.02 kWh, consumiendo con la mejora propuesta 1.4 kWh (ver Cuadro 123). Cabe resaltar que a pesar de que se implementaron distintas maquinarias el aumento que se presentó no fue tan significativo. Esto es bueno ya que significa que los costos totales de energía no se aumentaron tanto, aportando al objetivo de la optimización de los costos.

Es importante considerar que, aunque se hayan implementado distintas maquinarias la mayoría de estas consumen muy poca energía. Como lo es en el caso de la balanza la que se propuso tiene un consumo de 0.045kWh mientras que la balanza que se utiliza en el método actual consumo 0.1kWh. Específicamente en el formato 2, se utilizaban dos balanzas por lo que su consumo total era de 0.2kWh pero ahora se utiliza 1 con consumo de 0.045kWh. Al igual que en el método actual se mantuvo la tarifa de Q4.00 por cada kWh. por lo que el costo de energía por caja quedo de la siguiente manera:

Cuadro 124. Costos de energía/caja - mejora propuesta

Costo energía/caja - mejor propuesta			
Formato	Costo energía directa/caja	Costo energía indirecta/caja	Costo energía/caja
Formato 1 - 180 g	Q0.33	Q0.10	Q0.43
Formato 2 - 20 g	Q0.14	Q0.03	Q0.17
Formato 1 - 1 kg	Q0.20	Q0.10	Q0.30

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que el costo de energía indirecta se mantuvo fija (ver Cuadro 124) se tiene que para el formato 1 el costo de energía por caja es de Q.043, para el formato 2 es de Q0.17 y para el formato 2 es de Q0.30. En cuanto a la depreciación está también cambio debido a la compra de las nuevas maquinarias. Por lo que se obtuvo una nueva depreciación, está se muestra a continuación:

Cuadro 125. Tarifa de depreciación extra

Tarifa depreciación hora extra	
Costo de inversión	Q1,154,707.60
Años	10
Depreciación anual	Q115,470.76
Horas máquina total	2519.25
Tarifa depreciación/hora	Q45.84

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en el Cuadro 125 se obtuvo una nueva tarifa de depreciación por hora para la nueva inversión, esta tarifa es de Q45.84. Como ya se tiene equipo que actualmente se está depreciando en esa línea, no se puede eliminar ese monto de los costos. Por lo que se obtuvo la depreciación adicional que se tiene por caja por esta mejora. Está se muestra a continuación:

Cuadro 126. Depreciación actual y mejora

Formato	Valor depreciación anual	Depreciación adicional por caja
Formato 1 -180g	Q 2,428.36	Q 0.92
Formato 2 - 20g	Q 10,977.57	Q 1.15
Formato 3 - 1Kg	Q 13,793.24	Q 1.53

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 126, se muestra que el costo anual de depreciación que se tiene para cada tipo de formato y se obtuvo el costo adicional de depreciación por caja. Siendo el costo mayor el del formato tres con Q1.53, seguido por el formato 2 con Q1.15 y por último el formato 1 con Q0.92. A continuación se presenta el costo total de depreciación por caja con esta nueva inversión:

Cuadro 127. Depreciación por caja - mejora

Formato	Depreciación actual/caja	Nueva depreciación/caja	Costo depreciación/caja
Formato 1 -180g	Q 11.86	Q 0.92	Q 12.78
Formato 2 - 20g	Q 4.45	Q 1.15	Q 5.60
Formato 3 - 1Kg	Q 8.04	Q 1.53	Q 9.57

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el costo de depreciación por caja para el formato 1 fue de Q12.78, para el formato 2 de Q5.60 y para el formato 3 de Q9.57 (ver Cuadro 127). La depreciación del formato tres fue la que tuvo un mayor incremento, este siendo de Q1.53. En el caso del formato 2 el aumento fue de Q1.15 y para el formato 1 fue de Q0.92. Se puede notar que estos aumentos no fueron significativos considerando que se estaba tomando en cuenta la depreciación con la que ya cuenta la línea.

Por último, se tiene la mano de obra, como se mencionó previamente se tuvo una reducción en la mano de obra por lo que ahora todas las líneas utilizan entre 3 o 4 operarios en vez de 5 operarios. También se debe de considerar que para la obtención de este costo se mantuvo fija la tarifa de mano de obra siendo está de Q50.79Q/hora. Al igual que las horas indirectas de mano de obra se mantuvieron fijas, por lo que el nuevo costo de mano de obra se muestra continuación:

Cuadro 128. Costo de mano de obra - mejora

Formato	Horas MO Total	Costo MO/Q
Formato 1 - 180 g	200,544.46	Q22.21
Formato 2 - 20 g	64,194.32	Q6.71
Formato 1 - 1 kg	40,020.52	Q15.11

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un costo de mano de obra de Q22.21 para el formato 1, siendo este el costo de mano de obra más tiene (ver Cuadro 128). Y si se recuerda la nueva producción establecida este formato es en el que más operarios trabajan (4) por lo que su mano de obra va a ser más costosa. En el caso del formato 2 y 3 ambas trabajan con tan solo 3 operarios en la línea, por lo que el costo de mano de obra para el formato 2 es de Q6.71 y para el formato 3 de Q15.11.

A partir de los costos de conversión nuevos se obtuvo el costo total por caja de la mejora propuesta, se debe de considerar que el costo de materia prima y empaque se mantuvo fijo.

Cuadro 129. Costos nuevo total – mejora

Formato	Costo materia prima y empaque/caja	Costo conversión/caja	Costo total/caja (propuesta)
Formato 1 - 180g	Q 155.38	Q 60.59	Q 215.97
Formato 2 - 20g	Q 279.79	Q 22.79	Q 302.58
Formato 3 - 1kg	Q 44.50	Q 49.38	Q 93.88

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 129 que el costo total para el formato 1 es de Q215.97 por lo que el costo se optimizó un 6.46%. En el caso del formato 2 se tiene un nuevo costo de Q302.58 teniendo una optimización de 1.11%, siendo este el formato en el que sus costos fueron menos optimizados. Y por último se tiene el formato 3 con una optimización del 10.28% teniendo un nuevo costo de Q93.88.

El tener el costo de materia prima y empaque fijo no permite ver realmente la optimización que se obtuvo en el proceso. Por lo que a continuación se presenta los resultados de la mejora en base al costo de conversión. Iniciando con el formato 1, su optimización se muestra a continuación.

Cuadro 130. Resumen de costos formato 1

Formato 1 - 180g	Actual	Propuesta	Optimización
Cajas/Hr	11.25	30.00	167%
# Personas	5.00	4.00	-20%
Horas-Persona/Caja	2.25	7.50	233%
Costo MO / Caja (Q)	38.01	22.21	-42%
Costo Elect / Caja (Q)	0.47	0.43	-9%
Costo Fijo / Caja (Q)	24.50	24.50	0%
Costo Depreciación / Caja (Q)	11.86	12.78	8%
Costo Conversión (Q)	75.50	60.59	-20%

Fuente: Elaboración propia

Iniciando con la mano de obra se tuvo una reducción del 42%, pasando de Q38.01 a Q22.21 (ver Cuadro 130). Esta disminución en la mano de obra es significativa ya permitió que en los costos de energía y depreciación que no pudieron tener una mayor optimización se compensaran en el de mano de obra. En cuanto la energía a pesar de que se incluyeran nuevas maquinarias se logró disminuir en un 9%, en el caso de la depreciación está aumento en un 8%. Por lo que la optimización del costo de conversión

fue del 20%, pasando de Q75.50 a Q60.59 por caja. Y esto se debe a que casi se triplico las cajas por horas que puede producir la línea por ende disminuyeron sus horas-máquinas haciendo más eficiente la producción y menos costosa.

Continuando con el formato 2, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 131. Resumen mejora formato 2

Formato 2 - 20g	Actual	Propuesta	Optimización
Cajas/Hr	30.00	40.00	33%
# Personas	5.00	3.00	-40%
Horas-Persona/Caja	6.00	13.33	122%
Costo MO / Caja (Q)	11.36	6.71	-41%
Costo Elect / Caja (Q)	0.08	0.17	113%
Costo Fijo / Caja (Q)	9.68	9.68	0%
Costo Depreciación / Caja (Q)	4.45	5.60	26%
Costo Conversión (Q)	26.19	22.79	-13%

Fuente: Elaboración propia

Para este formato se obtuvo una reducción del 41% en la mano de obra pasando de un costo de Q11.36 a Q6.71 (ver Cuadro 131). En este caso la energía de la línea si aumento en un 113%, pero de igual manera el costo sigue siendo bajo (Q0.17). Como también se puede observar la cantidad de cajas por hora que se producen aumento un solo 33%, viendo esté aumento en la depreciación del 26%. A pesar de que en este formato no se pudieron disminuir tanto los costos, el hecho de que la mano de obra fuera el que mayor reducción presento permito que se optimizara el costo del formato. Pasando de Q26.19 A Q22.79, siendo está una reducción del 13%.

Con los resultados de este formato se pude comprobar la estrecha relación que se tiene en cuanto a la productividad y su efecto en los costos. Es decir que mientras mayor productividad halla, los costos serán menores. Continuando con el último formato se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 132. Resumen de mejora formato 3

Formato 3 - 1Kg	Actual	Propuesta	Optimización
Cajas/Hr	16.60	50.00	201%
# Personas	5.00	3.00	-40%
Horas-Persona/Caja	3.32	16.67	402%
Costo MO / Caja (Q)	27.36	15.12	-45%
Costo Elect / Caja (Q)	0.35	0.30	-14%
Costo Fijo / Caja (Q)	24.08	24.08	0%
Costo Depreciación / Caja (Q)	8.04	9.57	19%
Costo Conversión (Q)	60.15	49.38	-18%

Fuente: Elaboración propia

Se presenta una disminución del 45% en mano de obra, pasando de un costo de Q27.36 a Q15.11 (ver Cuadro 132). Aumentando de igual manera más del triple la producción, este aumento fue del 201% es decir 33.4 cajas más. Con el costo de electricidad se obtuvo una disminución del 14%, teniendo la electricidad a un costo de tan solo Q0.30 por caja. En el caso de la depreciación esta tuvo un aumento del 19%. De igual forma se obtuvo una optimización del 18% en el costo de conversión, pasando de Q60.15 a Q49.38 por caja.

Se comprobó que el semi automatizar la línea si trae beneficios en cuanto a sus costos de producción y productividad. Teniendo que el formato en donde más se optimizaron los costos fue el formato 1 con el 20%, seguido por el formato 3 con un 18% y por último el formato 2 con un 13%. No queda duda de que la mejora propuesta es la mejor para implementar en esta línea de producción ya que permite optimizar los costos a través del aumento en la productividad.

Para resumir esta etapa final, se obtuvo el plan de implementación que parte de cuatro fases principales: compra de equipos, suspensión de línea, instalación de equipo nuevo y arranque de producción. Se tiene que la mayor reducción de costos se logró mediante una reducción en la mano de obra, así como optimización en costos de energía y depreciación. La semi-automatización mostró una reducción de entre el 13% y el 18% en los costos de conversión de cada formato, con el mayor beneficio en el formato 1.

IX. Conclusiones

- A partir del levantamiento de proceso se encontró que actualmente la línea presentaba mucha deficiencia en cuanto a la utilización de su mano de obra. Por lo que había algunas operaciones en donde está no se estaba utilizando de la mejor manera, haciendo que se perdiera tiempo de producción. Por otra parte, se encontró que existían operaciones que estaban sobre utilizadas, haciendo que se crearon cuellos de botella.
- Con base en el levantamiento de procesos, se encontró que actualmente el proceso presentaba una variación del 0.02% en sus pesos, por lo que a pesar de que el proceso fuera manual este no presentaba mucha variación. Al igual se identificaron que en el formato 1 y formato 3 el cuello de botella se encontraba en la primera operación mientras que en el formato 2 se tenían dos cuellos de botella la operación-inspección y la operación 1. De igual manera se identificaron los costos de conversión para cada formato siendo el más costoso el formato 1 Q65.88, luego el formato 3 con Q51.76 y por último el formato 2 con Q13.53.
- Se identificó que semi automatizar la línea era la mejor propuesta ya que se logró aumentar el ritmo de producción tomando en cuando los aspectos técnicos y económicos que influían. Se tiene que ahora la variación para el proceso de 0.01% y los ritmos de producción de producción aumentaron a 12botes/min para el formato 1, 16 sobres/min para el formato 2 y a 10 botes/min para el formato 3. Al igual que se redujeron los costos totales/cajas, siendo ahora de Q215.97 para el formato 1, Q302.58 para el formato 2 y Q93.88 para el formato 3.
- Al trabajar el plan de implementación se tiene que este puede durar alrededor de 6 meses en completarse debido a los tiempos de entrega de maquinaria. Debido a estos tiempos de espera más largo se debe de mantener una comunicación activa entre todas las partes interesadas, para hacer de esta implementación lo más eficiente.
- En cuanto a sus costos de conversión se tuvo una reducción del 20% para el formato 1 con una reducción del 42% en su mano de obra. En el formato 2 la reducción fue del 13% con un 41% reducción en su mano de obra y para el formato 3 se obtuvo una reducción del 18% con una reducción en la mano de obra del 40%. En cuanto a la depreciación esta causo una disminución del 3% para el formato 3, del 2% para el formato 2 y del 12% para el formato 1. Por lo que se comprueba que a pesar de que se instalara nueva maquinaria el hecho de

que se aumentara la producción hace que los costos se disuelven entre las unidades producidas.

- Por último, este trabajo de graduación aporta a optimización de los costos de Nestlé Guatemala a través del aumento en la productividad. Y este puede ser un punto de partido para que Nestlé siga mejorando las distintas líneas de producción y poder tener un impacto en la reducción de costos mayores.

X. Recomendaciones

Tras finalizar este trabajo de graduación se identificaron algunos elementos que Nestlé Guatemala aún puede mejorar. De esta manera podrán generar un mayor impacto al momento de implementar la mejora propuesta.

Lo primero que se recomienda es que se realice este mismo estudio con el resto de los productos y formatos que se fabrican en esta línea. Ya que para este trabajo de graduación únicamente se utilizaron 3 por instrucciones de Nestlé para ver si tenía algún impacto. Y como si tuvo un impacto positivo, es recomendable que se realice lo mismo para los diferentes productos y formatos, ya que de esta manera se podrá tener un impacto mayor en la productividad y por ende en los costos.

Lo segundo que se les recomienda es buscar la manera de reducir los costos de materia prima y empaque, ya que para este estudio se mantuvieron fijos. Por lo que, si se puede llegar a reducir estos costos, los costos totales presentarán una mayor disminución. Al igual que se deben de evaluar si los costos directos, gastos fijos y costos de energía indirecta siguen siendo los mismos. Ya que nuevamente para este estudio se mantuvieron fijos, pero puede ser que se hayan disminuido. Por lo que no está de más realizar una evaluación general a todos los costos para mejorar el impacto.

Por último, se les recomienda que los estándares de trabajo seguro que sean establecidos sean bien comunicados a los operarios. De esta manera se pueden prevenir cualquier peligro al que puedan estar expuestos en esta nueva línea. Al igual que es de suma importancia que se mantengan un monitoreo y control activo los primeros meses de producción en la nueva línea, para realizar cualquier cambio o mejora que sea necesaria. Se debe de tomar muy en cuenta que el proceso con el que actualmente trabajan tiene mullas fallas ergonómicas por lo que se debe de tratar de mitigar esto lo más posible en esta línea.

Junto con esto Nestlé puede tomar la oportunidad de realizar un manual de seguridad para la línea para que estén por escrito y a disposición de los operarios los estándares seguros de trabajo, temas específicos de mantenimientos entre otros. De esta manera se puede asegurar un buen funcionamiento de la línea con beneficio tanto para la empresa como para el operario. Al realizar estas recomendaciones permite que se le puede agregar más valor al proyecto ya que se tendrá un impacto mayor en sus costos y se estará aprovechando aún más los nuevos estándares de la productividad.

XI. Bibliografía

Artesap. (20 marzo de 2024). Tasa de utilización de la capacidad, qué es y cómo calcularla. Obtenido de Artesap. https://www.artesap.com/tasa-de-utilizacion-de-lacapacidad/#%C2%BFQue_es_la_tasa_de_utilizacion_de_la_capacidad

Asana, T. (6 enero de 2024). ¿Qué es un plan de implementación? Descubre cómo crear uno en tan solo 6 pasos. Obtenido de Asana. <https://asana.com/es/resources/implementationplan>

Atlassian. (3 de agosto de 2021). Cronogramas de proyecto: mejora tu gestión de proyectos. Obtenido de Atlassian. <https://www.atlassian.com/es/work-management/projectmanagement/project-planning/timeline>

Básculas REVUELTA. (15 septiembre de 2023). Peso bruto, tara y neto. Obtenido Básculas REVUELTA. <https://www.revuelta.com.mx/basculas-y-soluciones-de-pesaje/centro-deinformacion/peso-bruto-tara-y-neto>

Bergholz, S.P. (1 de junio de 2011). Levantamiento y descripción de los procesos. Obtenido de Medwave. <https://www.medwave.cl/2001-2011/5057.html#:~:text=El%20levantamiento%20y%20descripci%C3%B3n%20de,un%20determinado%20resultado%20o%20producto>

Conduce Tu Empresa. (9 de octubre de 2023). Diagrama de Operaciones del Proceso - Objetivos y simbología. Obtenido de Conduce Tu Empresa. <https://blog.conducetuempresa.com/2016/05/dop.html>

C. Camisón, Sonia Cruz, Tomás González. (2006). Gestión de la calidad : conceptos, enfoques, modelos y sistemas.

De Comercio Exterior, C. R. M., De Salud Pública, C. R. M., De Ambiente y Energía, C. R. M., & De Economía, I. y. C. C. R. M. (2006). Modificación al Reglamento Técnico Centroamericano No. RTCA 75.01.15.04 Productos de Petróleo. Aceites Lubricantes para Motores a Gasolina o Motores a Diesel, Especificaciones. *Reglamento Técnico Centroamericano*. <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/2662>

Euroinnova Business School. (14 octubre de 2022). Obtenido de Euroinnova Business School . <https://www.euroinnova.co/blog/que-son-los-therbligs#que-son-los-therbligs>

Equipo editorial de IONOS. (12 septiembre de 2023). Cómo se elabora una estructura de desglose de trabajo. Obtenido de IONOS Startup Guide. <https://www.ionos.mx/startupguide/productividad/estructura-de-desglose-de-trabajo/>

Escuela Europea de Excelencia. (6 octubre de 2023). ¿Es necesario un manual de seguridad y salud en la gestión SST? Obtenido de Escuela Europea de Excelencia. <https://www.escuelaeuropeaexcelencia.com/2023/10/es-necesario-un-manual-de-seguridad-y-salud-en-la-gestion-sst/>

Escalante A. y Domingo J.(2015). Ingeniería Industrial: Métodos y tiempos con manufactura ágil.1ª ed. México. Alfaomega Grupo Editor, S.A.. 640 p

FasterCapital. (21 marzo de 2024). Tasa de defectos reduciendo las tasas de defectos utilizando tres límites de sigma. Obtenido de FasterCapital. <https://fastercapital.com/es/contenido/Tasa-de-defectos--reduciendo-las-tasas-de-defectosutilizando-tres-limites-de-sigma.html#:~:text=La%20tasa%20de%20defectos%20es%20la%20proporci%C3%B3n%20de%20productos%20producidos,de%20defectos%20ser%C3%ADa%20del%202.5%25>

Fernandez, J. A. (4 enero de 2024). KPI de producción, ¿Por qué son tan importantes?. Obtenido de Overtel. <https://overtel.com/blog-3/kpi-de-produccion-cuales-son-los-mascomunes-y-por-que-son-tan-importantes>

Formación para la Industria. (30 mayo de 2023). Qué es la simulación de procesos industriales y cómo se realiza. Obtenido de Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-simulacion-de-procesos-industriales/>

Gouveia. R, (4 enero de 2024). . How do you use Arena's Input Analyzer to fit distributions to your data. Obtenido de LinkedIn. <https://www.linkedin.com/advice/1/how-do-you-usearenas-input-analyze>

GoCardless. (13 diciembre de 2021). Cómo calcular el PRI. Obtenido de GoCardless. <https://gocardless.com/es/guias/consejos/como-calcularelpri/#:~:text=de%20inversi%C3%B3n%20futuros.-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20periodo%20de%20recuperaci%C3%B3n%20de%20la%20inversi%C3%B3n%3F,neto%20es%20igual%20a%20cero.>

Godoy, F. (27 abril de 2023). Aprende cómo usar un análisis comparativo en tu proyecto. Tesis y Másters Colombia. <https://tesisymasters.com.co/analisis-comparativo/>

Horngren, C. T., Datar, S. M., & Foster, G. (2007). Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial. <http://190.57.147.202:90/jspui/handle/123456789/989>

Jacobs, F. Robert. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros / R.B. Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano. - 12a ed. - México, D.F : McGraw-Hill, c2009.

Lauri, K. H. (13 diciembre de 2022). Costeo de productos en 7 sencillos pasos. Obtenido de MRPeasy.. <https://www.mrpeasy.com/blog/es/costeo-deproductos/#:~:text=El%20costeo%20de%20productos%20es%20el%20proceso%20de%20calcular%20los,asignados%20a%20una%20%C3%BAnica%20unidad>

Latam, T. (4 febrero de 2022). Conoce los principales indicadores de producción industrial. Obtenido de TOTVS. <https://es.totvs.com/blog/gestion-industrial/conoce->

los-principalesindicadores-de-
produccionindustrial/#:~:text=Los%20indicadores%20de%20producci%C3%B3n%20
sirve n, factores% 20que%20comprometen%20la%20productividad

Licari, S. (20 enero de 2023). ¿Qué es una lluvia de ideas? Ejemplos y técnicas eficaces. Obtenido de HubSpot. <https://blog.hubspot.es/marketing/tecnicas-lluvia-de-ideas-creativas>

Lucidchart. (12 de mayo de 2018). Qué es un plano de planta. Obtenido de Lucidchart. <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-plano-de-planta>

López, C. (1 octubre de 2020). El estudio de tiempos y movimientos. Obtenido de Gestipolis. <https://gestipolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos>

Meardon, D. E. (15 febrero de 2024). Diagramas de Gantt . Obtenido de Atlassian. Atlassian. <https://www.atlassian.com/es/agile/project-management/gantt-chart>

Niebel W., Freivald A. (2009). Ingeniería Industrial Métodos Estándares y Diseño del Trabajo.

Nestlé. (4 marzo de 2013). . Nestlé encabeza el ranking mundial de empresas más admiradas del sector alimentario. (4 marzo de 2013). Obtenido de Nestlé. [Nestlé encabeza el ranking de empresas más admiradas | Nestlé \(nestle.es\)](https://www.nestle.es/encabeza-el-ranking-de-empresas-mas-admiradas)

Nestlé (18 junio 2019). Nestlé año a año: 1866-Actualidad. Nestlé. <https://www.nestle-centroamerica.com/aboutus/historia/nestletimeline>

Nina, Y. S. G. (7 septiembre 2019). DOP del proceso del papel. Obtenido de Scribd. <https://es.scribd.com/document/424679749/DOP-Del-Proceso-Del-Papel>

Periódico Digital Centroamericano y del Caribe. (25 noviembre 2022). Nestlé impulsa y consolida sus inversiones en Guatemala. Obtenido de Periódico Digital Centroamericano y del Caribe. <https://newsinamerica.com/pdcc/gerenciales/2022/nestle-impulsa-y-consolidasus-inversiones-en-guatemala/>

ProTime Estimation Overview. (2 julio de 2010). Obtenido de ProTime Estimation Overview. <https://www.proplanner.com/support/videos/protime-estimation-overview>

PS&M. (1 abril de 2019). BOW-TIE. Obtenido de PS&M <https://psymingenieria.com/seguridad-procesos/analisis-riesgo-procesos-pha/bow-tie>

Quiroa, M. (28 febrero de 2024). Producción: Qué es, tipos y ejemplos. Obtenido de Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/produccion.html>

Quispe, I. (1 septiembre de 2020). ¿Qué es AutoCAD y para qué sirve? Obtenido de Arcux. <https://arcux.net/blog/que-es-autocad-y-para-que-sirve/>

Rodrigues, N. (24 marzo de 2024). Diagrama de flujo de proceso: qué es, cómo se hace y ejemplos. Obtenido de HubSpot. [Diagrama de flujo de proceso: cómo hacerlo y ejemplos \(hubspot.es\)](#)

SafetyCulture. (15 enero de 2024). Ingeniería de valor. Obtenido de SafetyCulture. <https://safetyculture.com/es/temas/ingenieria-de-valor/>

Safety Culture.(15 enero 2024). Gestión de riesgos: Qué es y por qué es importante. Obtenido de SafetyCulture. <https://safetyculture.com/es/temas/gestion-de-riesgos/>

Simio Simulation Partner. (12 agosto de 2012). Simio Simulación - software de simulación de procesos. Obtenido de Simio Simulación. <https://www.simio-simulacion.es/>

Siigo, Software Contable y Administrativo. (23 de septiembre de 2019.). ¿Cuáles son los indicadores de rentabilidad? Obtenido de Siigo. <https://www.siigo.com/blog/indicadores-de-rentabilidad/#:~:text=Los%20indicadores%20de%20rentabilidad%20permiten,ventas%20se%20convierten%20en%20utilidades>

Supered. (5 septiembre de 2023). Alternativa de solución: Descubre su significado - Supered. Obtenido de Supered. https://supered.es/alternativa-de-solucion-descubre-susignificado/?user_commen

Subvenciones publicas. (29 abril de 2020). Justificación Técnica-Económica de Proyectos de ayudas publicas. Obtenido de Subvenciones Publicas. <https://subvencionespublicas.com/justificacion-tecnica-economica/>

SYDLE. (13 marzo de 2024). Indicadores de proceso: ¿cuáles son los 17 tipos principales? ¿Cómo se controlan? . Obtenido de SYDLE. <https://www.sydle.com/es/blog/indicadores-deproceso-62042a46e45de05ff61b6e55>

Swissinfo.Ch. (24 enero de 2024). Nestlé compra empresa guatemalteca de alimentos. Obtenido de SWI swissinfo.ch. 36 <https://www.swissinfo.ch/spa/finanzas/nestl%C3%A9compra-empresa-guatemalteca-de-alimentos/22107886>

Tapia. (20 febrero de 2023). Costos indirectos fijos. Obtenido de Contabilidad Basica. <https://contabilidadbasica.com/costos-indirectos-fijos/>

Tapia. (20 febrero de 2023). Costos indirecto variables. Contabilidad Basica. <https://contabilidadbasica.com/costos-indirecto-variables/>

TextileProAdmin. (15 de febrero de 2022). Lote mínimo. Obtenido de Textile Pro. <https://pro-textile.com/es/lote-minimo/>

Torres A. (17 julio de 2023). Control de la merma en producción: todas las claves. Obtenido de MESbook. [Control de la merma en producción: Todas las claves \(mesbook.com\)](#)

Tutorela. (24 febrero de 2022). Posibles resultados y su probabilidad. Obtenido de Tutorela. <https://www.tutorela.es/matematicas/posibles-resultados-y-su-probabilidad>

Turriago, I., Patiño, Y., Cortés, L., Gutiérrez, M., Dueñas, J. S., Gómez, C., & Vásquez, A. (4 julio de 2023). ¿Cómo calcular el costo unitario?. Obtenido de Loggro. <https://loggro.com/blog/articulo/como-calcular-el-costo-unitario-loggro/>

UNIR México.(20 marzo de 2024). Tipos de diagramas: cuáles existen y sus principales usos. Obtenido de UNIR México. [Tipos de diagramas: cuáles existen y sus principales usos | UNIR México](#)

Unifikas. (8 mayo de 2023). Indicadores de Calidad: Todo lo que tienes que saber. Obtenido de Unikikas. [Indicadores de Calidad: Todo lo que tienes que saber \(unifikas.com\)](#)

Vuela Guadalinfo. (19 de agosto de 2013). Cómo describir tu idea. Obtenido de Guadalinfo. <https://blog.guadalinfo.es/como-describir-tu-idea/>

Wolters Kluwer. (2024). ¿Qué es bowTieXP?. Obtenido de Wolters Kluwer. [D_BwE. BowTieXP | Wolters Kluwer](#)

Yepes V. (29 marzo de 2022). Diagrama de recorrido como herramienta de estudio de métodos. Obtenido de El blog de Víctor Yepes Universidad Politécnica de Valencia.<https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/03/29/diagrama-de-recorridocomoherramienta-de-estudio-de-metodos/>

XII. Anexos

Cuadro 133. Estudio de tiempos formato Op1- formato 1

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: formato 1 - 180g	# Operación:	1
Estudio No.	1	Actividad	Llenado	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	21%	Calificación operario:	106%
Observación		Tiempo acumulado		Tiempo individual	
	1		0.00		7.40
	2		7.40		7.43
	3		14.83		7.46
	4		22.29		7.51
	5		29.80		7.61
	6		37.41		7.61
	7		45.02		7.68
	8		52.70		7.68
	9		60.38		7.70
	10		68.08		7.73
	11		75.81		7.82
	12		83.63		7.85
	13		91.48		7.86
	14		99.34		7.91
	15		107.25		7.93
	16		115.18		7.96
	17		123.14		7.98
	18		131.12		7.98
	19		139.10		8.00
	20		147.10		8.01
	21		155.11		8.01
	22		163.12		8.15
	23		171.27		8.15
	24		179.42		8.18
	25		187.60		8.19
	26		195.79		8.20
	27		203.99		8.23
	28		212.22		8.26
	29		220.48		8.35
	30		228.83		8.35
	31		237.18		8.35
	32		245.53		8.36
	33		253.89		8.38
	34		262.27		8.46
	35		270.73		8.48
	36		279.21		8.51
	37		287.72		8.51

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
38	296.23	8.55
39	304.78	8.55
40	313.33	8.60
41	321.93	8.60
42	330.53	8.61
43	339.14	8.63
44	347.77	8.63
45	356.40	8.73
46	365.13	8.75
47	373.88	8.86
48	382.74	8.88
49	391.62	8.95
50	400.57	9.00
51	409.57	9.03
52	418.60	9.05
53	427.65	9.05
54	436.70	9.06
55	445.76	9.18
56	454.94	9.23
57	464.17	9.25
58	473.42	9.28
59	482.70	9.35
60	492.05	9.36
61	501.41	9.58
62	510.99	9.81
63	520.80	9.98
64	530.78	10.05
65	540.83	10.06
66	550.89	10.06
67	560.95	10.11
68	571.06	10.45
69	581.51	12.03
70	593.54	12.90
71	606.44	13.16
72	619.60	13.93
73	633.53	14.16
74	647.69	14.31
75	662.00	15.21
76	677.21	23.17
77	700.38	23.58
Resultados estudio de tiempos	Total (seg)	723.96
	Total. Obs.	77.00
	Promedio (seg)	9.40
	Calificación	106%
	TN (seg)	9.97
	TN Holguras (seg)	12.06
	Botes/mins	4.98

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 134. Estudio de tiempos formato Op-Ins1- formato 1

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: formato 1 - 180g	# Operación e inspección:	1
Estudio No.	1	Actividad	Ajuste y Verificación	# Operario:	1
Hoja No.	2	Holguras:	21%	Calificación operario:	106%
Observación		Tiempo acumulado		Tiempo individual	
1		0.00		9.63	
2		9.63		6.76	
3		16.39		12.05	
4		28.44		6.46	
5		34.90		7.81	
6		42.71		5.28	
7		47.99		6.23	
8		54.22		6.58	
9		60.80		7.26	
10		68.06		9.16	
11		77.22		8.81	
12		86.03		6.41	
13		92.44		10.25	
14		102.69		6.60	
15		109.29		8.83	
16		118.12		6.20	
17		124.32		7.40	
18		131.72		10.91	
19		142.63		9.33	
20		151.96		6.11	
21		158.07		7.41	
22		165.48		8.98	
23		174.46		10.60	
24		185.06		7.36	
25		192.42		8.78	
26		201.20		10.00	
27		211.20		8.43	
28		219.63		7.21	
29		226.84		11.38	
30		238.22		9.85	
31		248.07		8.35	
32		256.42		7.16	
33		263.58		9.03	
34		272.61		6.63	
35		279.24		10.10	
36		289.34		7.08	

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
37	296.42	11.60
38	308.02	9.33
39	317.35	11.96
40	329.31	7.55
41	336.86	7.03
42	343.89	7.88
43	351.77	8.40
44	360.17	9.65
45	369.82	7.60
46	377.42	8.78
47	386.20	5.23
48	391.43	8.10
49	399.53	7.40
50	406.93	11.25
51	418.18	8.31
52	426.49	7.05
53	433.54	8.56
54	442.10	6.70
55	448.80	11.01
56	459.81	9.21
57	469.02	7.86
58	476.88	9.13
59	486.01	11.60
60	497.61	5.90
61	503.51	6.98
62	510.49	8.51
63	519.00	5.98
64	524.98	9.63
65	534.61	8.28
66	542.89	9.75
67	552.64	4.50
68	557.14	13.06
69	570.20	7.50
70	577.70	6.25
71	583.95	4.40
72	588.35	11.91
73	600.26	7.88
74	608.14	12.88
75	621.02	12.28
76	633.30	9.75
77	643.05	9.58
78	652.63	5.61
79	658.24	8.31
80	666.55	9.66
81	676.21	6.93
82	683.14	12.66

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
83	695.80	12.96
84	708.76	5.51
85	714.27	9.80
86	724.07	12.73
87	736.80	7.68
88	744.48	5.83
89	750.31	7.33
90	757.64	9.85
91	767.49	7.55
92	775.04	8.48
93	783.52	6.93
94	790.45	5.10
95	795.55	5.41
96	800.96	9.51
97	810.47	7.71
98	818.18	9.23
Resultados estudio de tiempos	Total (seg)	827.41
	Total. Obs.	98.00
	Promedio (seg)	8.44
	Calificación	106%
	TN (seg)	8.95
	TN Holguras (seg)	10.83
	Botes/mins	5.54

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 135. Estudio de tiempos formato Op2- formato 1

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: formato 1 - 180g	# Operación:	2
Estudio No.	3	Actividad	Limpieza	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	19%	Calificación operario:	100%
Observación		Tiempo acumulado		Tiempo individual	
1		0.00		4.50	
2		4.50		4.01	
3		8.51		4.03	
4		12.54		6.20	
5		18.74		6.71	
6		25.45		6.45	
7		31.90		6.10	
8		38.00		6.80	
9		44.80		7.10	
10		51.90		6.85	
11		58.75		7.10	
12		65.85		8.55	
13		74.40		6.95	
14		81.35		5.56	
15		86.91		7.51	
16		94.42		6.23	
17		100.65		5.73	
18		106.38		4.60	
19		110.98		5.76	
20		116.74		5.21	
21		121.95		4.60	
22		126.55		6.65	
23		133.20		5.36	
24		138.56		5.86	
25		144.42		5.44	
26		149.86		5.12	
27		154.98		5.96	
28		160.94		5.65	
29		166.59		6.55	
30		173.14		6.38	
31		179.52		6.28	
32		185.80		5.63	
33		191.43		11.08	
34		202.51		3.48	
35		205.99		6.63	
36		212.62		8.43	
37		221.05		10.33	
38		231.38		7.35	

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
39	238.73	6.11
40	244.84	5.41
41	250.25	10.33
42	260.58	8.66
43	269.24	5.86
44	275.10	7.20
45	282.30	9.53
46	291.83	10.53
47	302.36	6.60
48	308.96	8.08
49	317.04	6.61
50	323.65	14.05
51	337.70	5.56
52	343.26	11.81
53	355.07	4.58
54	359.65	4.88
55	364.53	9.33
56	373.86	4.80
57	378.66	7.30
58	385.96	12.45
59	398.41	12.91
60	411.32	13.98
61	425.30	4.88
62	430.18	8.63
63	438.81	5.51
64	444.32	6.08
65	450.40	6.45
66	456.85	6.71
67	463.56	5.25
68	468.81	4.61
69	473.42	14.00
70	487.42	6.33
71	493.75	7.88
72	501.63	9.75
73	511.38	8.71
74	520.09	8.96
75	529.05	7.60
76	536.65	7.35
77	544.00	9.98
78	553.98	8.11
79	562.09	8.76
80	570.85	8.48
81	579.33	6.63
82	585.96	6.60

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
83	592.56	8.40
84	600.96	6.14
85	607.10	5.68
86	612.78	6.58
87	619.36	9.38
88	628.74	7.26
Resultados estudio de tiempos	Total (seg)	636.00
	Total. Obs.	88.00
	Promedio (seg)	7.23
	Calificación	100%
	TN (seg)	7.23
	TN Holguras (seg)	8.60
	Botes/mins	6.98

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 136. Estudio de tiempos formato Op3- formato 1

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: formato 1 - 180g	# Operación:	3
Estudio No.	1	Actividad	Colocación tapa	# Operario:	1
Hoja No.	4	Holguras:	19%	Calificación operario:	94%
Observación		Tiempo acumulado		Tiempo individual	
1		0.00		4.63	
2		4.63		6.15	
3		10.78		4.36	
4		15.14		7.38	
5		22.52		7.58	
6		30.10		4.58	
7		34.68		6.20	
8		40.88		4.61	
9		45.49		5.01	
10		50.50		4.85	
11		55.35		4.75	
12		60.10		6.38	
13		66.48		5.00	
14		71.48		8.23	
15		79.71		6.85	
16		86.56		5.40	
17		91.96		7.18	
18		99.14		12.41	
19		111.55		4.45	
20		116.00		5.26	
21		121.26		5.58	
22		126.84		5.23	
23		132.07		11.43	
24		143.50		5.15	
25		148.65		4.65	
26		153.30		4.46	
27		157.76		4.33	
28		162.09		4.48	
29		166.57		3.95	

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
30	170.52	8.38
31	178.90	3.60
32	182.50	17.68
33	200.18	4.28
34	204.46	5.61
35	210.07	5.73
36	215.80	4.46
37	220.26	4.76
38	225.02	4.68
39	229.70	5.26
40	234.96	7.26
41	242.22	5.31
42	247.53	7.40
43	254.93	6.43
44	261.36	4.40
45	265.76	6.56
46	272.32	5.48
47	277.80	4.13
48	281.93	5.90
49	287.83	4.40
50	292.23	6.35
51	298.58	5.31
52	303.89	3.88
53	307.77	7.66
54	315.43	3.91
55	319.34	5.53
56	324.87	5.78
57	330.65	5.80
58	336.45	5.83
59	342.28	5.20
60	347.48	6.68
61	354.16	13.85
62	368.01	11.13
63	379.14	5.76
64	384.90	5.30
65	390.20	6.83

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
66	397.03	17.42
67	414.45	7.26
68	421.71	5.85
69	427.56	16.95
70	444.51	8.40
71	452.91	9.30
72	462.21	4.15
73	466.36	4.05
74	470.41	12.70
75	483.11	6.41
76	489.52	6.88
77	496.40	13.91
78	510.31	8.03
79	518.34	4.83
80	523.17	4.48
81	527.65	4.88
82	532.53	15.26
83	547.79	4.80
84	552.59	9.21
85	561.80	6.20
86	568.00	7.21
87	575.21	8.16
88	583.37	5.80
89	589.17	2.31
90	591.48	3.56
91	595.04	4.38
92	599.42	6.53
93	605.95	4.28
94	610.23	4.88
95	615.11	5.38
96	620.49	11.43
Resultados estudio de tiempos	Total (seg)	631.92
	Total. Obs.	96.00
	Promedio (seg)	6.58
	Calificación	94%
	TN (seg)	6.19
	TN Holguras (seg)	7.36
	Botes/mins	8.15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 137. Estudio de tiempos formato Op4- formato 1

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: formato 1 - 180g	# Operación:	4
Estudio No.	1	Actividad	Sellado y Codificado	# Operario:	0
Hoja No.	5	Holguras:	NA	Calificación operario:	NA
Observación		Tiempo acumulado		Tiempo individual	
1		0.00		6.75	
2		6.75		6.87	
3		13.62		6.68	
4		20.30		6.87	
5		27.17		7.07	
6		34.24		6.85	
7		41.09		6.58	
8		47.67		6.63	
Resultados estudio de tiempos		Total (seg)		54.3	
		Total. Obs.		8.00	
		Promedio (seg)		6.79	
		Botes/min		8.84	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 138. Estudio de tiempos formato Op5- formato 1

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: Formato 1 - 180g	# Operación:	5
Estudio No.	1	Actividad	Embalado	# Operario:	1
Hoja No.	6	Holguras:	21%	Calificación Operario:	96%
Observación		Tiempo acumulado		Tiempo individual	
1		0.00		11.28	
2		11.28		10.20	
3		21.48		8.10	
4		29.58		2.43	
5		32.00		3.70	
6		35.70		10.70	
7		46.40		2.58	
8		48.98		2.55	
9		51.53		2.47	
Resultados estudio de tiempos		Total (seg)		53.99	
		Total. Obs.		9.00	

Promedio (seg)	6.00
Calificación	96%
TN (seg)	5.76
TN Holguras (seg)	6.97
Botes/min	8.61

Elaboración propia

Cuadro 139. Estudio de tiempos formato Op1- formato 2

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: Formato 2 - 20g	# Operación:	1
Estudio No.	1	Actividad	Llenado y embalado	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	21%	Calificación Operario:	99%
Observación		Tiempo Acumulado		Tiempo Individual	
1		0.00		3.10	
2		3.10		3.78	
3		6.88		5.36	
4		12.24		4.18	
5		16.42		10.31	
6		26.73		6.11	
7		32.84		4.58	
8		37.42		5.00	
9		42.42		6.50	
10		48.92		5.80	
11		54.72		4.88	
12		59.60		5.16	
13		64.76		5.21	
14		69.97		4.83	
15		74.80		3.90	
16		78.70		4.91	
17		83.61		5.38	
18		88.99		4.38	
19		93.37		4.53	
20		97.90		4.41	
21		102.31		5.35	
22		107.66		4.80	
23		112.46		4.90	
24		117.36		4.43	
25		121.79		4.66	
26		126.45		5.23	
27		131.68		6.00	

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
28	137.68	4.80
29	142.48	4.91
30	147.39	4.51
31	151.90	4.73
32	156.63	13.96
33	170.59	3.46
34	174.05	5.50
35	179.55	4.38
36	183.93	4.18
37	188.11	4.26
38	192.37	8.71
39	201.08	4.25
40	205.33	4.13
41	209.46	5.33
42	214.79	8.13
43	222.92	13.93
44	236.85	6.06
45	242.91	6.50
46	249.41	4.48
47	253.89	3.86
48	257.75	4.61
49	262.36	4.28
50	266.64	3.48
51	270.12	5.13
52	275.25	5.63
53	280.88	4.28
54	285.16	4.96
55	290.12	4.55
56	294.67	5.65
57	300.32	4.31
58	304.63	4.30
59	308.93	5.10
60	314.03	4.45
61	318.48	3.98
62	322.46	5.20
63	327.66	4.86
64	332.52	6.13
65	338.65	4.43
66	343.08	4.38
67	347.46	3.90
68	351.36	4.25

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
69	355.61	4.85
70	360.46	4.68
71	365.14	4.70
72	369.84	5.56
73	375.40	14.28
74	389.68	5.48
75	395.16	4.93
76	400.09	6.66
77	406.75	4.63
78	411.38	3.74
79	415.12	3.33
80	418.45	4.81
81	423.26	4.96
82	428.22	3.71
83	431.93	2.93
84	434.86	6.31
85	441.17	4.23
86	445.40	4.60
87	450.00	5.03
88	455.03	4.46
89	459.49	4.36
90	463.85	3.50
91	467.35	4.30
92	471.65	3.88
93	475.53	4.30
94	479.83	4.33
95	484.16	3.85
96	488.01	4.68
97	492.69	4.38
98	497.07	6.08
99	503.15	4.90
100	508.05	4.36
101	512.41	4.86
102	517.27	5.75
103	523.02	4.88
104	527.90	3.26
105	531.16	4.93
106	536.09	5.18
107	541.27	10.36
108	551.63	4.90

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
109	556.53	4.71
110	561.24	3.93
111	565.17	6.21
112	571.38	3.65
113	575.03	3.98
114	579.01	4.55
115	583.56	4.60
116	588.16	4.06
117	592.22	4.15
118	596.37	4.15
119	600.52	4.10
120	604.62	4.38
121	609.00	4.80
122	613.80	4.36
123	618.16	4.91
124	623.07	4.96
125	628.03	4.68
126	632.71	4.48
127	637.19	5.25
128	642.44	4.68
129	647.12	4.88
130	652.00	5.41
131	657.41	4.50
132	661.91	4.61
133	666.52	5.88
134	672.40	4.15
135	676.55	5.38
136	681.93	5.15
137	687.08	4.10
138	691.18	5.83
139	697.01	4.11
140	701.12	5.98
141	707.10	4.78
142	711.88	4.35
143	716.23	4.45
144	720.68	3.71
145	724.39	4.03
146	728.42	4.46
147	732.88	6.33
148	739.21	4.06
149	743.27	4.53
150	747.80	3.96

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
151	751.76	3.86
152	755.62	4.00
153	759.62	5.75
154	765.37	6.98
155	772.35	5.11
156	777.46	4.06
157	781.52	5.98
158	787.50	6.80
159	794.30	4.71
160	799.01	4.25
161	803.26	4.38
162	807.64	4.95
163	812.59	4.40
164	816.99	4.45
165	821.44	4.90
166	826.34	4.80
167	831.14	4.60
168	835.74	4.55
169	840.29	4.75
170	845.04	5.18
171	850.22	3.90
172	854.12	6.73
173	860.85	3.28
174	864.13	5.11
175	869.24	3.93
176	873.17	3.75
177	876.92	4.20
178	881.12	4.20
179	885.32	3.93
180	889.25	4.20
181	893.45	6.00
182	899.45	3.53
183	902.98	4.63
184	907.61	3.53
185	911.14	3.76
186	914.90	5.00
187	919.90	5.40
188	925.30	6.08
189	931.38	4.71
190	936.09	6.50
191	942.59	5.66
192	948.25	4.90

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
193	953.15	4.88
194	958.03	4.78
195	962.81	5.46
196	968.27	4.40
197	972.67	4.81
198	977.48	4.73
199	982.21	4.73
200	986.94	3.75
201	990.69	4.58
202	995.27	4.23
203	999.50	5.25
204	1004.75	4.53
205	1009.28	4.08
206	1013.36	3.91
207	1017.27	3.65
208	1020.92	4.55
209	1025.47	4.56
Z<X	1030.03	4.20
211	1034.23	4.53
212	1038.76	4.08
213	1042.84	4.48
214	1047.32	5.26
215	1052.58	4.60
216	1057.18	3.91
217	1061.09	5.38
218	1066.47	9.45
219	1075.92	7.93
220	1083.85	4.13
221	1087.98	3.61
222	1091.59	5.35
223	1096.94	3.83
224	1100.77	4.01
225	1104.78	4.40
226	1109.18	4.75
227	1113.93	4.15
228	1118.08	4.68
229	1122.76	4.96
230	1127.72	6.11
231	1133.83	4.18
232	1138.01	3.73
233	1141.74	4.61

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
234	1146.35	3.68
235	1150.03	4.41
236	1154.44	4.18
237	1158.62	4.41
238	1163.03	4.25
239	1167.28	4.08
240	1171.36	4.45
241	1175.81	3.88
242	1179.69	4.48
243	1184.17	6.50
244	1190.67	4.26
245	1194.93	5.91
246	1200.84	6.75
247	1207.59	5.15
Resultados estudio de tiempos	Total	1212.74
	Total. Obs.	247.00
	Promedio	4.91
	Calificación	99%
	TN	4.86
	TN Holguras	5.88
	Sobres/mins	10.20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 140. Estudio de tiempos formato OpIns1- formato 2

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: formato 2 - 20g	# Operación e inspección:	1
Estudio No.	1	Actividad	Llenado y embalado	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	19%	Calificación operario:	103%
Observación	Tiempo acumulado		Tiempo individual		
1	0.00		10.66		
2	10.66		7.23		
3	17.89		7.60		
4	25.49		14.46		
5	39.95		9.58		
6	49.53		21.30		
7	70.83		10.96		
8	81.79		14.05		
9	95.84		12.11		
10	107.95		17.84		
11	125.79		24.70		
12	150.49		6.90		
13	157.39		15.01		
14	172.40		10.20		

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
15	182.60	10.36
16	192.96	10.45
17	203.41	12.61
18	216.02	10.45
19	226.47	8.58
20	235.05	9.88
21	244.93	16.08
22	261.01	12.23
23	273.24	9.88
24	283.12	8.88
25	292.00	12.75
26	304.75	13.92
27	318.67	11.70
28	330.37	16.25
29	346.62	7.50
30	354.12	5.47
31	359.59	14.43
32	374.02	13.16
33	387.18	10.15
34	397.33	10.76
35	408.09	10.71
36	418.80	20.42
37	439.22	9.46
38	448.68	10.80
39	459.48	8.51
40	467.99	11.63
41	479.62	9.48
42	489.10	9.41
43	498.51	8.31
44	506.82	15.50
45	522.32	11.35
46	533.67	13.86
47	547.53	8.98
48	556.51	8.61
49	565.12	7.06
50	572.18	11.23
51	583.41	14.11
52	597.52	9.27
53	606.79	5.62
54	612.41	10.66
55	623.07	8.95
56	632.02	9.46
57	641.48	7.75
58	649.23	7.57
59	656.80	10.46
60	667.26	9.31
61	676.57	13.61
62	690.18	12.78

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
63	702.96	14.33
64	717.29	6.30
65	723.59	8.20
66	731.79	8.36
67	740.15	11.30
68	751.45	9.56
69	761.01	7.21
70	768.22	14.43
71	782.65	10.10
72	792.75	17.73
73	810.48	18.05
74	828.53	6.58
75	835.11	10.17
76	845.28	14.28
77	859.56	8.03
78	867.59	12.03
79	879.62	15.41
80	895.03	8.13
81	903.16	9.53
82	912.69	7.65
83	920.34	12.23
84	932.57	22.40
85	954.97	5.21
86	960.18	5.31
87	965.49	8.51
88	974.00	5.48
89	979.48	7.76
90	987.24	7.03
91	994.27	7.91
92	1002.18	6.96
93	1009.14	6.96
94	1016.10	6.13
95	1022.23	6.71
96	1028.94	9.25
97	1038.19	10.90
98	1049.09	7.56
99	1056.65	7.96
100	1064.61	6.38
101	1070.99	9.15
102	1080.14	4.61
Resultados	Total	1084.75
	Total. Obs.	102.00
	Promedio	10.63
	Calificación	103%
Resultados estudio de tiempos	TN	10.95
	TN Holguras	13.04
	Sobres/mins	4.60

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 141..Estudio de tiempos formato Op2- formato 2

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: Formato 2 - 20g	# Operación:	2
Estudio No.	1	Actividad	Sellado	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	19%	Calificación Operario:	100%
Observación		Tiempo acumulado		Tiempo individual	
1		0.00		4.96	
2		4.96		4.96	
3		9.92		4.86	
4		14.78		5.07	
5		19.85		3.90	
6		23.75		5.06	
7		28.81		7.53	
8		36.34		4.81	
9		41.15		4.41	
10		45.56		3.86	
11		49.42		5.03	
12		54.45		4.48	
13		58.93		6.54	
14		65.47		4.63	
15		70.10		6.31	
16		76.41		4.42	
17		80.83		4.31	
18		85.14		5.08	
19		90.22		4.26	
20		94.48		4.63	
21		99.11		5.73	
22		104.84		5.31	
23		110.15		0.65	
24		110.80		5.83	
25		116.63		4.68	
26		121.31		6.41	
27		127.72		5.53	
28		133.25		5.18	
29		138.43		5.63	
30		144.06		5.51	
31		149.57		5.13	
32		154.70		5.66	
33		160.36		5.61	
34		165.97		5.31	
35		171.28		6.83	
36		178.11		5.88	
37		183.99		6.55	

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
38	190.54	6.50
39	197.04	4.55
40	201.59	4.37
41	205.96	5.75
42	211.71	4.27
43	215.98	4.62
44	220.60	5.16
45	225.76	6.20
46	231.96	5.56
47	237.52	8.06
48	245.58	3.13
49	248.71	3.60
50	252.31	3.92
51	256.23	3.94
52	260.17	3.60
53	263.77	4.75
54	268.52	4.45
55	272.97	6.71
56	279.68	5.58
57	285.26	3.74
58	289.00	4.56
59	293.56	4.11
60	297.67	4.07
61	301.74	2.92
62	304.66	3.78
63	308.44	4.22
64	312.66	5.20
65	317.86	3.48
66	321.34	8.81
67	330.15	3.13
68	333.28	2.70
69	335.98	2.60
70	338.58	2.52
71	341.10	2.51
72	343.61	2.28
73	345.89	4.38
74	350.27	4.23
75	354.50	5.40
76	359.90	5.95
77	365.85	3.50
78	369.35	4.27
79	373.62	2.85
80	376.47	3.36
81	379.83	6.16
82	385.99	7.86
83	393.85	3.57
84	397.42	4.96

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
85	402.38	4.26
86	406.64	3.11
87	409.75	9.01
88	418.76	2.93
89	421.69	6.65
90	428.34	8.08
91	436.42	4.17
92	440.59	4.06
93	444.65	3.96
94	448.61	4.07
95	452.68	3.49
96	456.17	3.15
97	459.32	2.96
98	462.28	5.23
99	467.51	2.36
100	469.87	1.98
101	471.85	2.23
102	474.08	2.00
103	476.08	3.86
104	479.94	4.43
105	484.37	3.31
106	487.68	3.76
107	491.44	3.16
108	494.60	2.95
109	497.55	2.63
110	500.18	2.26
111	502.44	2.76
112	505.20	2.65
113	507.85	2.40
114	510.25	4.01
115	514.26	4.00
116	518.26	2.28
117	520.54	2.45
118	522.99	3.15
119	526.14	4.33
120	530.47	2.50
121	532.97	3.38
122	536.35	2.25
123	538.60	3.63
124	542.23	3.20
125	545.43	2.28
126	547.71	3.38
127	551.09	3.56
128	554.65	5.53
129	560.18	3.18
130	563.36	4.83
131	568.19	3.96

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
132	572.15	2.31
133	574.46	3.61
134	578.07	3.70
135	581.77	3.31
136	585.08	3.10
137	588.18	6.53
138	594.71	2.41
139	597.12	2.18
140	599.30	2.80
141	602.10	2.78
142	604.88	2.03
143	606.91	2.10
144	609.01	2.21
145	611.22	2.43
146	613.65	4.22
147	617.87	4.22
148	622.09	1.75
149	623.84	7.10
150	630.94	3.13
151	634.07	2.65
152	636.72	2.56
153	639.28	4.21
154	643.49	4.73
155	648.22	2.70
156	650.92	2.45
157	653.37	2.41
158	655.78	2.73
159	658.51	2.38
160	660.89	3.70
161	664.59	2.85
162	667.44	3.65
163	671.09	3.76
164	674.85	1.58
165	676.43	2.70
166	679.13	6.51
167	685.64	2.60
168	688.24	4.91
169	693.15	4.71
170	697.86	3.91
171	701.77	2.41
172	704.18	3.70
173	707.88	7.10
174	714.98	2.83
175	717.81	2.93
176	720.74	2.98
177	723.72	2.41
178	726.13	3.76

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
179	729.89	2.43
180	732.32	5.10
181	737.42	2.28
182	739.70	2.75
183	742.45	2.85
184	745.30	2.53
185	747.83	4.86
186	752.69	3.03
187	755.72	2.23
188	757.95	4.28
189	762.23	2.43
190	764.66	3.04
191	767.70	2.65
192	770.35	2.85
193	773.20	2.51
194	775.71	2.60
195	778.31	2.46
196	780.77	2.65
197	783.42	2.45
198	785.87	3.96
199	789.83	3.96
200	793.79	2.13
201	795.92	2.61
202	798.53	2.81
203	801.34	2.41
204	803.75	2.31
205	806.06	2.45
206	808.51	2.35
207	810.86	2.98
208	813.84	3.08
Resultados estudio de tiempos	Total	816.92
	Total. Obs.	208.00
	Promedio	3.93
	Calificación	100%
	TN	3.93
	TN Holguras	4.67
	Sobres/mins	12.84

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 142. Estudio de tiempos formato Op3- formato 2

Fecha de realización:		29/08/24	Producto: formato 1 - 180g	# Operación:	3
Estudio No.	1	Actividad	Codificado	# Operario:	0
Hoja No.	1	Holguras:	NA	Calificación operario:	NA
Observación	Tiempo acumulado		Tiempo individual		
1	0.00		3.36		
2	3.36		3.46		
3	6.82		3.44		
4	10.26		3.39		
5	13.65		3.39		
6	17.04		3.37		
7	20.41		3.37		
8	23.78		3.39		
9	27.17		3.41		
Resultados estudio de tiempos	Total (seg)		30.58		
	Total. Obs.		9.00		
	Promedio (seg)		3.40		
	Botes/min		17.66		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 143..Estudio de tiempos formato Op4- formato 2

Fecha de realización:	29/08/2024	Producto: formato 2 - 20g	# Operación:	4
Estudio No.	Actividad	Llenado y embalado	# Operario:	1
Hoja No.	Holguras:	21%	Calificación operario:	93%
Observación	Tiempo acumulado		Tiempo individual	
1	0,00		0,535	
2	0,54		0,604	
3	1,14		0,647	
4	1,79		0,653	
5	2,44		0,655	
6	3,09		0,715	
7	3,81		0,730	
8	4,54		0,766	
9	5,31		0,774	
10	6,08		0,792	
11	6,87		0,801	
12	7,67		0,840	

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
13	8,51	0,847
Resultados estudio de tiempos	Total	6,08
	Total. Obs.	9,00
	Promedio	0,68
	Calificación	93%
	TN	0,63
	TN Holguras	0,76
	Sobres/mins	78,93

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 144. Estudio de tiempos formato Op1- formato 3

Fecha de realización:		29/08/2024	Producto: formato 3 - 20g	# Operación:	1
Estudio No.	3	Actividad	Llenado y embalado	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	21%	Calificación operario:	103%
Observación	Tiempo acumulado		Tiempo individual		
1	0		22.48		
2	22.48		21.65		
3	44.13		23.73		
4	67.86		22.43		
5	90.29		19.62		
6	109.91		21.77		
7	131.68		18.92		
8	150.60		20.30		
9	170.90		16.92		
10	187.82		18.58		
11	206.40		19.70		
12	226.10		20.10		
13	246.20		18.68		
14	264.88		18.55		
15	283.43		19.30		
16	302.73		19.03		
17	321.76		22.57		
18	344.33		15.91		
19	360.24		16.72		
20	376.96		20.62		
21	397.58		20.52		
22	418.10		18.25		

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
23	436.35	20.05
24	456.40	16.55
25	472.95	16.35
26	489.30	18.90
27	508.20	20.55
28	528.75	16.78
29	545.53	20.12
30	565.65	18.12
31	583.77	17.65
32	601.42	28.23
33	629.65	19.38
34	649.03	16.73
35	665.76	16.45
36	682.21	14.26
37	696.47	17.88
38	714.35	17.80
39	732.15	19.70
40	751.85	17.60
41	769.45	24.58
42	794.03	18.03
43	812.06	16.60
44	828.66	15.33
45	843.99	15.97
46	859.96	15.11
47	875.07	18.20
48	893.27	16.43
49	909.70	27.47
50	937.17	22.97
51	960.14	20.68
52	980.82	20.95
53	1001.77	22.00
54	1023.77	18.18
55	1041.95	21.67
Resultados estudio de tiempos	Total	1063.62
	Total. Obs.	55.00
	Promedio	19.34
	Calificación	103%
	TN	19.92
	TN Holguras	24.10
	Botes/mins	2.49

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 145..Estudio de tiempos formato OpIns1- formato 3

Fecha de realización:		29/08/2024	Producto: formato 3 - 20g	# Operación:	1
Estudio No.	3	Actividad	Llenado y embalado	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	19%	Calificación operario:	106%
Observación		Tiempo acumulado		Tiempo individual	
1		0		7.90	
2		7.90		19.38	
3		27.28		13.88	
4		41.16		10.68	
5		51.84		11.78	
6		63.62		8.46	
7		72.08		11.26	
8		83.34		20.43	
9		103.77		11.15	
10		114.92		14.23	
11		129.15		12.78	
12		141.93		8.31	
13		150.24		13.51	
14		163.75		11.46	
15		175.21		8.58	
16		183.79		7.45	
17		191.24		7.31	
18		198.55		7.88	
19		206.43		11.66	
20		218.09		19.72	
21		237.81		6.46	
22		244.27		10.68	
23		254.95		9.51	
24		264.46		12.73	
25		277.19		16.75	
26		293.94		10.85	
27		304.79		17.38	
28		322.17		6.45	
29		328.62		15.96	
30		344.58		9.60	
31		354.18		15.73	
32		369.91		19.18	
33		389.09		5.76	
34		394.85		12.21	
35		407.06		12.50	

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
36	419.56	13.50
37	433.06	12.76
38	445.82	9.01
39	454.83	9.61
40	464.44	12.76
41	477.20	11.76
42	488.96	7.80
43	496.76	10.51
44	507.27	10.90
45	518.17	10.38
46	528.55	6.40
47	534.95	15.62
48	550.57	12.41
49	562.98	15.95
50	578.93	13.18
51	592.11	8.50
52	600.61	13.38
53	613.99	13.46
54	627.45	16.53
55	643.98	8.76
56	652.74	11.25
57	663.99	10.23
58	674.22	10.33
59	684.55	8.35
60	692.90	10.73
61	703.63	4.03
62	707.66	11.35
63	719.01	12.56
64	731.57	11.56
65	743.13	6.01
66	749.14	8.43
67	757.57	9.18
68	766.75	10.08
69	776.83	7.75
70	784.58	10.01
71	794.59	14.20
72	808.79	10.30
73	819.09	9.46
74	828.55	9.40
75	837.95	9.33
76	847.28	4.86
77	852.14	11.81
78	863.95	16.15

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
79	880.10	11.65
80	891.75	7.35
81	899.10	13.11
82	912.21	8.71
83	920.92	8.03
84	928.95	13.06
85	942.01	11.20
86	953.21	12.40
87	965.61	4.08
88	969.69	8.16
89	977.85	9.18
90	987.03	14.11
91	1001.14	11.43
92	1012.57	9.48
93	1022.05	8.01
94	1030.06	12.78
95	1042.84	14.96
96	1057.80	17.90
97	1075.70	16.40
98	1092.10	12.41
99	1104.51	9.66
100	1114.17	12.78
101	1126.95	10.95
102	1137.90	14.18
103	1152.08	17.27
104	1169.35	10.48
105	1179.83	14.35
106	1194.18	11.56
107	1205.74	10.11
108	1215.85	14.08
109	1229.93	13.81
110	1243.74	7.58
111	1251.32	9.18
112	1260.50	16.77
113	1277.27	5.8
Resultados estudio de tiempos	Total	598.52
	Total. Obs.	113.00
	Promedio	5.30
	Calificación	106%
	TN	5.61
	TN Holguras	6.68
	Botes/mins	8.98

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 146. Estudio de tiempos formato Op2- formato 3

Fecha de realización:		29/08/2024	Producto: formato 3 - 20g	# Operación:	2
Estudio No.	3	Actividad	Llenado y embalado	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	19%	Calificación operario:	97%
Observación		Tiempo acumulado		Tiempo individual	
1		0		9.10	
2		9.10		9.43	
3		18.53		15.43	
4		33.96		10.05	
5		44.01		12.63	
6		56.64		16.46	
7		73.10		9.41	
8		82.51		10.41	
9		92.92		10.81	
10		103.73		11.85	
11		115.58		11.53	
12		127.11		10.01	
13		137.12		15.31	
14		152.43		10.68	
15		163.11		9.41	
16		172.52		15.61	
17		188.13		13.13	
18		201.26		11.26	
19		212.52		11.50	
20		224.02		9.88	
21		233.90		8.46	
22		242.36		9.05	
23		251.41		11.94	
24		263.35		11.03	
25		274.38		16.01	
26		290.39		12.02	
27		302.41		11.59	
28		314.00		11.63	
29		325.63		12.82	
30		338.45		4.41	
31		342.86		10.56	
32		353.42		12.18	
33		365.60		16.30	
34		381.90		13.95	
35		395.85		14.03	

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
36	409.88	15.11
37	424.99	11.48
38	436.47	13.56
39	450.03	12.67
40	462.70	10.38
41	473.08	11.38
42	484.46	10.58
43	495.04	11.20
44	506.24	9.21
45	515.45	12.95
46	528.40	10.83
47	539.23	8.73
48	547.96	12.31
49	560.27	11.48
50	571.75	11.05
51	582.80	7.30
52	590.10	11.96
53	602.06	7.90
54	609.96	6.95
55	616.91	8.48
56	625.39	8.56
57	633.95	14.10
58	648.05	9.75
59	657.80	9.36
60	667.16	8.80
61	675.96	7.78
62	683.74	10.08
63	693.82	7.05
64	700.87	6.85
65	707.72	11.31
66	719.03	15.86
67	734.89	8.51
68	743.40	6.08
69	749.48	7.21
70	756.69	7.40
71	764.09	7.45
72	771.54	8.30
73	779.84	10.15
74	789.99	9.23
75	799.22	8.43
76	807.65	13.96
77	821.61	6.38

Observación	Tiempo acumulado	Tiempo individual
78	827.99	5.11
79	833.10	8.61
80	841.71	8.46
81	850.17	6.56
82	856.73	8.11
83	864.84	11.26
84	876.10	5.91
85	882.01	6.18
86	888.19	13.25
87	901.44	9.45
88	910.89	5.98
89	916.87	13.83
90	930.70	5.36
91	936.06	11.10
92	947.16	6.28
93	953.44	5.83
94	959.27	7.25
95	966.52	8.33
96	974.85	11.91
97	986.76	9.65
98	996.41	9.7
99	1006.11	10.66
100	1016.77	8.45
101	1025.22	7.51
102	1032.73	9.85
103	1042.58	15.1
104	1057.68	14.46
105	1072.14	9.1
106	1081.24	16.95
107	1098.19	7.13
108	1105.32	9.21
109	1114.53	8.4
110	1122.93	9.5
111	1132.43	9.55
112	1141.98	6.93
Resultados estudio de tiempos	Total	500.86
	Total. Obs.	112.00
	Promedio	4.47
	Calificación	97%
	TN	4.34
	TN Holguras	5.16
	Botes/mins	11.62

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 147. Estudio de tiempos formato Op3- formato 3

Fecha de realización:		29/08/2024	Producto: formato 3 - 20g	# Operación:	3
Estudio No.	3	Actividad	Llenado y embalado	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	NA	Calificación operario:	NA
Observación	Tiempo acumulado		Tiempo individual		
1	0		6.75		
2	6.75		6.87		
3	13.62		6.68		
4	20.3		6.87		
5	27.17		7.07		
6	34.24		6.85		
7	41.09		6.58		
8	47.67		6.63		
Resultados estudio de tiempos	Total		54.30		
	Total. Obs.		8.00		
	Promedio		6.79		
	Botes/mins		8.84		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 148. Estudio de tiempos formato Op4- formato 3

Fecha de realización:		29/08/2024	Producto: Formato 3 - 20g	# Operación:	4
Estudio No.	3	Actividad	Llenado y embalado	# Operario:	1
Hoja No.	1	Holguras:	21%	Calificación Operario:	93%
Observación	Tiempo acumulado		Tiempo individual		
1	0		3.92		
2	3.92		4.36		
3	8.29		3.77		
4	12.06		3.65		
5	15.70		4.55		
6	20.25		3.41		
7	23.66		4.24		
8	27.90		3.55		
Resultados estudio de tiempos	Total		31.45		
	Total. Obs.		8.00		
	Promedio		3.93		

	Calificación	93%
	TN	3.66
	TN Holguras	4.42
	Botes/mins	13.56

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 149. Rubrica de calificación de desempeño

Rubrica	90%	100%	110%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma pausas cortas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 150. Holguras OpIns1 – formato 1

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por estar parado	2%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
	Total	21%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 151. Holguras Op2 - formato 1

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por posición anormal	0%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
	Total	19%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 152.Holguras Op3 - formato 1

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por posición anormal	0%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
	Total	19%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 153. Holguras Op5 - formato 1

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por estar parado	2%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
	Total	21%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 154.Holguras Op1 - formato 2

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por estar parado	2%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
	Total	21%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 155.Holguras OpIns1 - formato 2

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por posición anormal	0%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
Total		19%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 156.Holguras Op2 - formato 2

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por posición anormal	0%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
Total		19%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 157.Holguras Op4 - formato 2

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por estar parado	2%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
Total		21%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 158. Holguras Op1 - formato 3

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por estar parado	2%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
	Total	21%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 159. Holguras OpIns1 - formato 3

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por posición anormal	0%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
	Total	19%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 160. Holguras Op2 - formato 3

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por posición anormal	0%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
	Total	19%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 161.Holguras Op4 - formato 3

	Holguras	Peso
Constantes	Personal	5%
	Básica	4%
Variables	Por estar parado	2%
	Atención cercana	2%
	Nivel de ruido	2%
	Monotonía	4%
	Tedio	2%
Total		21%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 162. Desempeño Op1 - formato 1

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma pausas cortas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 163.Desempeño OpIns1 - formato 1

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma pausas cortas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 164.Desempeño Op2 - formato 1

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma pausas cortas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 165.Desempeño Op3 - formato 1

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma pausas cortas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 166.Desempeño Op5 - formato 1

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma pausas cortas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 167.Desempeño Op1 - formato 2

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma cortas pausas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 168.Desempeño OpIns1 - formato 2

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma cortas pausas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 169.Desempeño Op2 - formato 2

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma cortas pausas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 170.Desempeño Op4 - formato 2

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma cortas pausas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 171.Desempeño Op1 - formato 3

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma cortas pausas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 172.Desempeño OpIns1 - formato 3

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma cortas pausas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 173.Desempeño Op2 - formato 3

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma cortas pausas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 174.Desempeño Op5- formato 3

Rubrica	80%	90%	100%	PESO
Velocidad	Puede aumentar el ritmo de trabajo.	Ritmo de trabajo lo puede mantener en 8 horas de trabajo	Ritmo de trabajo muy alto y no lo va a mantener todo el día de trabajo	0.4
Pausas	Toma muchas pausas durante su proceso.	Toma cortas pausas para acomodar el equipo.	No toma ninguna pausa larga.	0.3
Coordinación	Tuvo más de dos movimiento en falso	Tuvo un movimiento en falso	No tuvo ningún movimiento en falso	0.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 175. Listado de therblig

Tabla 4.5 Therbligs de los Gilbreth

Therbligs eficientes (Avanza el progreso del trabajo directamente. Puede reducirse, pero es difícil eliminarlo completamente).		
Therblig	Símbolo	Descripción
Alcanzar	RE	“Mover” la mano vacía hacia o desde el objeto; el tiempo depende de la distancia recorrida; por lo general es precedido por “Liberar” y seguido por “Sujetar”.
Mover	M	“Mover” la mano cargada; el tiempo depende de la distancia, el peso y el tipo de movimiento; por lo general es precedido por “Sujetar” y seguido por “Liberar” o “Posicionar”.
Sujetar o tomar	G	“Cerrar” los dedos alrededor de un objeto; comienza a medida que los dedos tocan el objeto y termina cuando se ha ganado el control; depende del tipo de sujeción; por lo general, es precedido por “Alcanzar” y seguido por “Mover”.
Liberar	RL	“Soltar” el control de un objeto, típicamente el más corto de los therbligs.
Preposicionar	PP	“Posicionar” un objeto en una ubicación predeterminada para su uso posterior; por lo general ocurre en conjunto con “Mover”, como cuando se orienta una pluma para escribir.
Utilizar	U	“Manipular” una herramienta para el uso para el que fue diseñada; fácilmente detectable, a medida que avanza el progreso del trabajo.
Ensamblar	A	“Unir” dos partes que embonan; por lo general es precedido por “Posicionar” o “Mover” y seguido por “Liberar”.
Desensamblar	DA	Es lo opuesto a “Ensamblar”, pues separa partes que embonan; por lo general es precedido por “Sujetar” y seguido por “Liberar”.
Therbligs ineficientes (No avanza el progreso del trabajo. Si es posible, debe eliminarse)		
Therblig	Símbolo	Descripción
Buscar	S	Ojos o manos buscan un objeto; comienza a medida que los ojos se mueven para localizar un objeto.
Seleccionar	SE	“Seleccionar” un artículo de varios; por lo general es seguido por “Buscar”.
Posicionar	P	“Orientar” un objeto durante el trabajo, por lo general precedido por “Mover” y seguido por “Liberar” (en oposición a <i>durante</i> en Preposicionar).
Inspeccionar	I	“Comparar” un objeto con el estándar, típicamente a la vista, pero podría ser también con los demás sentidos.
Planear	PL	“Pausar” para determinar la acción siguiente; por lo general se lo detecta como un titubeo que precede a “Mover”.
Retraso inevitable	UD	Más allá del control del operario debido a la naturaleza de la operación, por ejemplo, la mano izquierda espera mientras la derecha termina una búsqueda prolongada.
Retraso evitable	AD	El operario es el único responsable del tiempo ocioso, por ejemplo, toser.
Descanso para contrarrestar la fatiga	R	Aparece periódicamente, no en cada ciclo; depende de la carga de trabajo física.
Parar	H	Una mano soporta el objeto mientras la otra realiza trabajo útil.

Fuente: Niebel W., Freivald A. (2009).

Cuadro 176. Holguras recomendadas por ILO

Tabla 11.9 Holguras recomendadas por ILO

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal.	5
2. Holgura por fatiga básica	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado.	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda.	0
b) Incómoda (flexionado).	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado).	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado.	0
b) Bastante abajo de lo recomendado.	2
c) Muy inadecuada.	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable.	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino	0
b) Trabajo fino o exacto	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto.	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo	0
b) Intermitente: fuerte	2
c) Intermitente: muy fuerte	5
d) De tono alto: fuerte	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo.	1
b) Espacio de atención compleja o amplia.	4
c) Muy complejo	8
9. Monotonía:	
a) Baja	0
b) Media	1
c) Alta	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso.	0
b) Tedioso.	2
c) Muy tedioso.	5

Fuente: Niebel W., Freivald A. (2009).

Cuadro 177. Bimanual Op1 - formato 1

BIMANUAL - FORMATO 1 (180g)					
Operación: Llenado manual del bote de 180g.			Resumen	Mano derecha	Mano Izquierda
Número de Operador: 1		Operación: 1	Movimientos Efectivo	6	6
Analista: Ayda Sulecio Leal		Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	2	2
Metodo:	Presente	Propuesto			
Bosquejo:					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE a posición 1	E	1	R en posición 0	NE
2	G bote en posición 1	E	2	R en posición 0	NE
3	M de posición 1 a 2 con bote en mano	E	3	M de posición 0 a 2	E
4	RL el bote a la mano izquierda en posición 2	E	4	G el bote en posición 2	E
5	G cucharón en posición 2	E	5	H en posición 2	E
6	U cucharón en posición 2	E	6	H en posición 2	E
7	R en posición 2 sosteniendo cucharón.	NE	7	M de posición 2 a 3	E
8	R en posición 2 sosteniendo cucharón.	NE	8	RL bote en posición 3	E

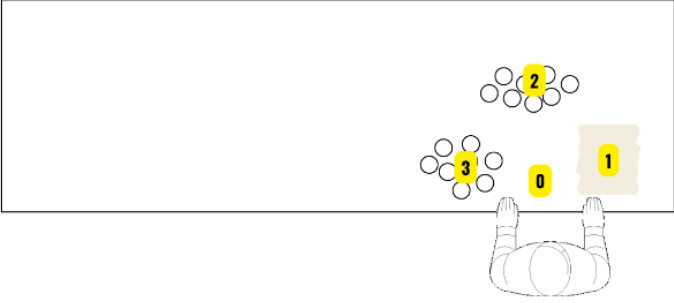
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 178. Bimanual OpIns1- formato 1

BIMANUAL - FORMATO 1 (180g)					
Operación/Inspección: Verificación del peso del producto y ajuste si necesario.			Resumen	Mano derecha	Mano Izquierda
Número de Operador: 1		Operación e Inspección: 1	Movimientos Efectivo	9	4
Analista: Ayda Sulecio Leal		Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	1	6
Metodo:	Presente	Propuesto			
Bosquejo:					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE de posición 0 a 2	E	1	RE de posición 0 a 1	E
2	G cuchara en posición 2	E	2	G bote en posición 1	E
3	M de posición 2 a 0	E	3	M de posición 1 a 0	E
4	H en posición 0	NE	4	RL bote en posición 0	E
5	U cuchara en posición 0	E	5	R en posición 0	NE
6	M con cuchara en mano de posición 0 a 2	E	6	R en posición 0	NE
7	U cuchara en posición 2	E	7	R en posición 0	NE
8	M cuchara en mano de posición 2 a 0	E	8	R en posición 0	NE
9	U cuchara en posición 0	E	9	R en posición 0	NE
10	M bote con cuchara en mano de posición 0 a 3	E	10	R en posición 0	NE

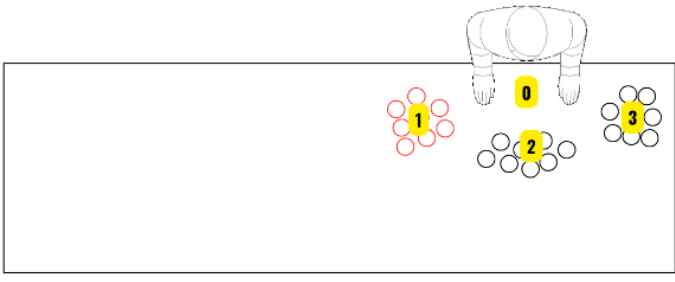
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 179.Bimanual Op2- formato 1

BIMANUAL - FORMATO 1 (180g)					
Operación: Limpieza de las orillas del bote		Resumen	Mano derecha	Mano Izquierda	
Número de Operador: 1	Operación: 2	Movimientos Efectivo	5	7	
Analista: Ayda Sulecio Leal	Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	3	1	
Metodo:	Presente	Propuesto			
Bosquejo:					
					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE en posición 1	E	1	RE en posición 3	E
2	G papel en posición 1	E	2	G en posición 3	E
3	R en posición 1 con papel en mano	NE	3	M de posición 3 a 0	E
4	M de posición 1 a 0	E	4	RL en posición 0	E
5	U papel en posición 0	E	5	H en posición 0	NE
6	M de posición 0 a 1	E	6	G en posición 0	E
7	R en posición 1 con papel en mano	NE	7	M de posición 0 a 2	E
8	R en posición 1 con papel en mano	NE	8	RL en posición 2	E

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 180.Bimanual Op3- formato 1

BIMANUAL - FORMATO 1 (180g)					
Operación: Colocación de tapa al bote		Resumen	Mano derecha	Mano Izquierda	
Número de Operador: 1	Operación: 3	Movimientos Efectivo	5	7	
Analista: Ayda Sulecio Leal	Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	3	1	
Metodo:	Presente	Propuesto			
Bosquejo:					
					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE a posición 1	E	1	RE a posición 2	E
2	G en posición 1	E	2	G en posición 2	E
3	M de posición 1 a 0	E	3	M de posición 2 a 0	E
4	P tapa sobre bote en posición 0	NE	4	RL en posición 0	E
5	A en posición 0	E	5	H en posición 0	NE
6	RL en posición 0	E	6	G en posición 0	E
7	R en posición 0	NE	7	M de posición 0 a 3	E
8	R en posición 0	NE	8	RL en posición 3	E

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 181.Bimanual Op5- formato 1

BIMANUAL - FORMATO 1 (180g)					
Operación: Embalado de los botes a caja y sellado/etiquetado de caja.		Resumen		Mano derecha	Mano Izquierda
Número de Operador: 1	Operación: 5	Movimientos Efectivo	53	77	
Analista: Ayda Sulecio Leal	Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	54	30	
Metodo: Presente	Propuesto				
Bosquejo:					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	R a posición 3	E	1	R a posición 3	NE
2	G bote 1 en posición 3	E	2	R en posición 3	NE
3	PP bote en posición 3	E	3	R en posición 3	NE
4	RL bote 1 en posición 3	E	4	R en posición 3	NE
5	H bote 1 en posición 3	NE	5	G bote 2 en posición 3	E
6	H bote 1 en posición 3	NE	6	PP sobre bote 1 en posición 3	E
7	H bote 1 en posición 3	NE	7	RL bote 2 sobre bote 1	E
8	H bote 1 en posición 3	NE	8	G bote 3 en posición 3	E
9	H bote 1 en posición 3	NE	9	PP sobre bote 2 en posición 3	E
10	H bote 1 en posición 3	NE	10	RL bote 3 sobre bote 2	E
11	H bote 1 en posición 3	NE	11	G bote 4 en posición 3	E
12	H bote 1 en posición 3	NR	12	PP sobre bote 3 en posición 3	E

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 182. Bimanual Op4- formato 1

BIMANUAL - FORMATO 1 (180g)					
Operación: Embalado de los botes a caja y sellado/etiquetado de caja.		Resumen		Mano derecha	Mano Izquierda
Número de Operador: 1	Operación: 4	Movimientos efectivo	53	77	
Analista: Ayda Sulecio Leal	Fecha: 20/08/2024	Movimientos inefectivo	54	30	
Metodo: Presente	Propuesto				
Bosquejo:					

Mano derecha descripción			Mano izquierda descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	Re a posición 3	E	1	Re a posición 3	NE
2	G bote 1 en posición 3	E	2	R en posición 3	NE
3	PP bote en posición 3	E	3	R en posición 3	NE
4	RL bote 1 en posición 3	E	4	R en posición 3	NE
5	H bote 1 en posición 3	NE	5	G bote 2 en posición 3	E
6	H bote 1 en posición 3	NE	6	PP sobre bote 1 en posición 3	E
7	H bote 1 en posición 3	NE	7	RL bote 2 sobre bote 1	E
8	H bote 1 en posición 3	NE	8	G bote 3 en posición 3	E
9	H bote 1 en posición 3	NE	9	PP sobre bote 2 en posición 3	E
10	H bote 1 en posición 3	NE	10	RL bote 3 sobre bote 2	E
11	H bote 1 en posición 3	NE	11	G bote 4 en posición 3	E
12	H bote 1 en posición 3	NE	12	PP sobre bote 3 en posiciónn 3	E
13	H bote 1 en posición 3	NE	13	RL bote 4 sobre bote 3	E
14	G todos los botes	E	14	G todos los botes	E
15	M de posición 1 a 0	E	15	M de posición 1 a 0	E
16	RL en caja en posición 0	E	16	RL en caja en posición 0	E
17	Re a posición 3	E	17	Re a posición 3	NE
18	G bote 5 en posición 3	E	18	R en posición 3	NE
19	PP bote en posición 3	E	19	R en posición 3	NE
20	RL bote en posición 3	E	20	R en posición 3	NE
21	H bote 5 en posición 3	NE	21	G bote 6 en posición 3	E

Mano derecha descripción			Mano izquierda descripción		
Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción
22	H bote 5 en posición 3	NE	22	PP sobre bote 5 en posición 3	E
23	H bote 5 en posición 3	NE	23	RL bote 6 sobre bote 5	E
24	H bote 5 en posición 3	NE	24	G bote 7 en posición 3	E
25	H bote 5 en posición 3	NE	25	PP sobre bote 6 en posición 3	E
26	H bote 5 en posición 3	NE	26	RL bote 7 sobre bote 6	E
27	H bote 5 en posición 3	NE	27	G bote 8 en posición 3	E
28	H bote 5 en posición 3	NE	28	PP sobre bote 7 en posición 3	E
29	H bote 5 en posición 3	NE	29	RL bote 8 sobre bote 7	E
30	G todos los botes	E	30	G todos los botes	E
31	M de posición 1 a 0	E	31	M de posición 1 a 0	E
32	RL en caja en posición 0	E	32	RL en caja en posición 0	E
33	Re a posición 3	E	33	Re a posición 3	NE
34	G bote 9 en posición 3	E	34	R en posición 3	NE
35	PP bote en posición 3	E	35	R en posición 3	NE
36	RL bote en posición 3	E	36	R en posición 3	NE
37	H bote 9 en posición 3	NE	37	G bote 10 en posición 3	E
38	H bote 9 en posición 3	NE	38	PP sobre bote 9 en posición 3	E
39	H bote 9 en posición 3	NE	39	RL bote 10 sobre bote 9	E
40	H bote 9 en posición 3	NE	40	G bote 11 en posición 3	E
41	H bote 9 en posición 3	NE	41	PP sobre bote 10 en posición 3	E

Mano derecha descripción			Mano izquierda descripción		
Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción
42	H bote 9 en posición 3	NE	42	RL bote 11 sobre bote 10	E
43	H bote 9 en posición 3	NE	43	G bote 12 en posición 3	E
44	H bote 9 en posición 3	NE	44	PP sobre bote 11 en posiciónn 3	E
45	H bote 9 en posición 3	NE	45	RL bote 12 sobre bote 11	E
46	G todos los botes	E	46	G todos los botes	E
47	M de posición 1 a 0	E	47	M de posición 1 a 0	E
48	RL en caja en posición 0	E	48	RL en caja en posición 0	E
49	Re a posición 3	E	49	Re a posición 3	NE
50	G bote 13 en posición 3	E	50	R en posición 3	NE
51	PP bote en posición 3	E	51	R en posición 3	NE
52	RL bote en posición 3	E	52	R en posición 3	NE
53	H bote 13 en posición 3	NE	53	G bote 14 en posición 3	E
54	H bote 13 en posición 3	NE	54	PP sobre bote 13 en posición 3	E
55	H bote 13 en posición 3	NE	55	RL bote 14 sobre bote 13	E
56	H bote 13 en posición 3	NE	56	G bote 15 en posición 3	E
57	H bote 13 en posición 3	NE	57	PP sobre bote 14 en posición 3	E
58	H bote 13 en posición 3	NE	58	RL bote 15 sobre bote 14	E
59	H bote 13 en posición 3	NE	59	G bote 16 en posición 3	E
60	H bote 13 en posición 3	NE	60	PP sobre bote 15 en posiciónn 3	E

Mano derecha descripción			Mano izquierda descripción		
Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción
61	H bote 13 en posición 3	NE	61	RL bote 16 sobre bote 15	E
62	G todos los botes	E	62	G todos los botes	E
63	M de posición 1 a 0	E	63	M de posición 1 a 0	E
64	RL en caja en posición 0	E	64	RL en caja en posición 0	E
65	Re a posición 3	E	65	Re a posición 3	NE
66	G bote 17 en posición 3	E	66	R en posición 3	NE
67	PP bote en posición 3	E	67	R en posición 3	NE
68	RL bote en posición 3	E	68	R en posición 3	NE
69	H bote 17 en posición 3	NE	69	G bote 18 en posición 3	E
70	H bote 17 en posición 3	NE	70	PP sobre bote 17 en posición 3	E
71	H bote 17 en posición 3	NE	71	RL bote 18 sobre bote 17	E
72	H bote 17 en posición 3	NE	72	G bote 19 en posición 3	E
73	H bote 17 en posición 3	NE	73	PP sobre bote 18 en posición 3	E
74	H bote 17 en posición 3	NE	74	RL bote 19 sobre bote 18	E
75	H bote 17 en posición 3	NE	75	G bote 20 en posición 3	E
76	H bote 17 en posición 3	NE	76	PP sobre bote 19 en posición 3	E
77	H bote 17 en posición 3	NE	77	RL bote 20 sobre bote 19	E
78	G todos los botes	E	78	G todos los botes	E
79	M de posición 1 a 0	E	79	M de posición 1 a 0	E
80	RL en caja en posición 0	E	80	RL en caja en posición 0	E

Mano derecha descripción			Mano izquierda descripción		
Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción
81	Re a posición 3	E	81	Re a posición 3	NE
82	G bote 21 en posición 3	E	82	R en posición 3	NE
83	PP bote en posición 3	E	83	R en posición 3	NE
84	RL bote 21 en posición 3	E	84	R en posición 3	NE
85	H bote 21 en posición 3	NE	85	G bote 22 en posición 3	E
86	H bote 21 en posición 3	NE	86	PP sobre bote 21 en posición 3	E
87	H bote 21 en posición 3	NE	87	RL bote 22 sobre bote 21	E
88	H bote 21 en posición 3	NE	88	G bote 23 en posición 3	E
89	H bote 21 en posición 3	NE	89	PP sobre bote 22 en posición 3	E
90	H bote 21 en posición 3	NE	90	RL bote 23 sobre bote 22	E
91	H bote 21 en posición 3	NE	91	G bote 24 en posición 3	E
92	H bote 21 en posición 3	NE	92	PP sobre bote 23 en posición 3	E
93	H bote 21 en posición 3	NE	93	RL bote 24 sobre bote 23	E
94	G todos los botes	E	94	G todos los botes	E
95	M de posición 1 a 0	E	95	M de posición 1 a 0	E
96	RL en caja en posición 0	E	96	RL en caja en posición 0	E
97	RE a posición 2	E	97	R en posición 0	NE
98	G tape en posición 2	E	98	R en posición 0	NE
99	M tape de posición 2 a 0	E	99	R en posición 0	NE
100	U tape en posición 0	E	100	H caja en posición 0	NE
101	M tape de posición 0 a 2	E	101	R en posición 0	NE

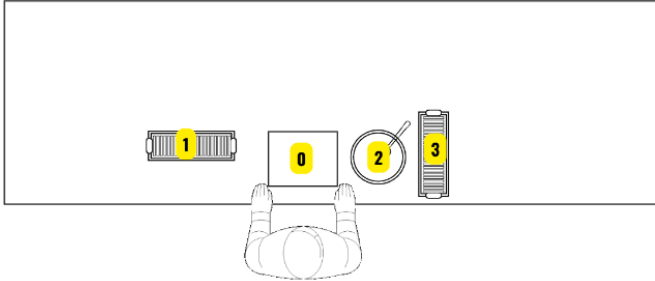
Mano derecha descripción			Mano izquierda descripción		
Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción
102	RL tape en posición 2	E	102	R en posición 0	NE
103	RE a posición 4	E	103	RE a posición 4	E
104	G etiqueta en posición 4	E	104	G etiqueta en posición 4	E
105	M de posición 4 a 0	E	105	M de posición 4 a 0	E
106	PP etiqueta en caja en posición 0	E	106	PP etiqueta en caja en posición 0	E
107	H bote 21 en posición 3	E	107	RL (pegar etiqueta en caja) en posición 0	E

Cuadro 183.Bimanual Op1 - formato 2

BIMANUAL - FORMATO 2 (20g)					
Operación: Llenado manual del del sobre de 20g.			Resumen		
Número de Operador: 1		Operación: 1	Movimientos Efectivo	Mano derecha	Mano Izquierda
Analista: Ayda Sulecio Leal		Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	4	5
Metodo:	Presente	Propuesto		2	1
Bosquejo:					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE a posición 1	E	1	RE a posición 2	E
2	G cucharón en posición 1	E	2	G sobre en posición 2	E
3	R sosteniendo el cucharón en posición 1	E	3	M de posición 2 a 1	E
4	U cucharón en posición 1	E	4	H sobre en posición 1	NE
5	R sosteniendo el cucharón en posición 1	NE	5	M sobre de posición 1 a 3	E
6	R sosteniendo el cucharón en posición 1	NE	6	RL sobre en posición 3	E

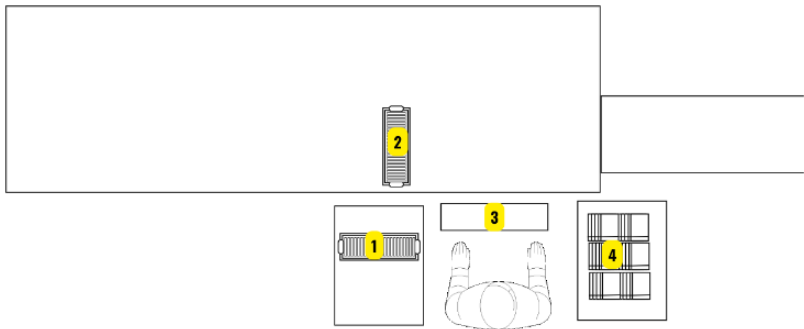
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 184.Bimanual OpIns1 - formato 2

BIMANUAL - FORMATO 2 (20g)					
Operación: Verificación del peso del producto y se ajusta si es necesario.			Resumen	Mano derecha	Mano Izquierda
Número de Operador: 1 (Lado derecho)		Operación e inspección	Movimientos Efectivo	10	4
Analista: Ayda Sulecio Leal		Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	0	6
Metodo:	Presente	Propuesto			
Bosquejo:					
					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE a posición 2	E	1	RE a posición 1	E
2	G cuchará en posición 2	E	2	G sobre en posición 1	E
3	M de posición 2 a 0	E	3	M de posición 1 a 0	E
4	U cuchará en posición 0	E	4	RL sobre en posición 0	E
5	M con cuchará en mano de posición 0 a 2	E	5	R en posición 0	NE
6	U cuchará en posición 2	E	6	R en posición 0	NE
7	M cuchará en mano de posición 2 a 0	E	7	R en posición 0	NE
8	G sobre con cuchará en mano	E	8	R en posición 0	NE
9	M sobre con cuchará en mano de posición 0 a 3	E	9	R en posición 0	NE
10	RL sobre en posición 3	E	10	R en posición 0	NE

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 185.Bimanual Op2 - formato 2

BIMANUAL - FORMATO 2 (20g)					
Operación: Sellado del sobre en selladora manual .			Resumen	Mano derecha	Mano Izquierda
Número de Operador: 1		Operación: 2	Movimientos Efectivo	8	3
Analista: Ayda Sulecio Leal		Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	2	7
Metodo:	Presente	Propuesto			
Bosquejo:					
					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE a posición 2	E	1	R en posición 0	NE
2	G contenedor con sobres en posición 2	E	2	R en posición 0	NE
3	M de posición 2 a 1	E	3	R en posición 0	NE
4	RL contenedor con sobres en posición 1	E	4	R en posición 0	NE
5	G sobre en posición 1	E	5	R en posición 0	NE
6	M de posición 1 a 3	E	6	R en posición 0	NE
7	PP sobre en posición 3	E	7	H sobre en posición 3	NE
8	RL sobre a mano izquierda en posición 3	E	8	G sobre en posición 3	E
9	R en posición 0	NE	9	M sobre de posición 3 a 4	E
10	R en posición 0	NE	10	RL sobre en posición 4	E

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 186.Bimanual Op4 - formato 2

BIMANUAL - FORMATO 2 (20g)					
Operación: Embalado de sobres en caja y sellado/etiquetado de caja.			Resumen		
Número de Operador: 1		Operación: 4	Movimientos Efectivo	24	Mano Izquierda
Analista: Ayda Sulecio Leal		Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	2	8
Metodo: Presente Propuesto					
Bosquejo:					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE a posición 1	E	1	RE a posición 1	E
2	G caja en posición 1	E	2	G caja en posición 1	E
3	M caja de posición 1 a 0	E	3	M caja de posición 1 a 0	E
4	A caja en posición 0	E	4	A caja en posición 0	E
5	RL caja en posición 0	E	5	RL caja en posición 0	E
6	RE a posición 2	E	6	RE a posición 2	E
7	SE 12 sobres en posición 2	NE	7	SE 12 sobres en posición 2	NE
8	G 12 sobres en posición 2	E	8	G 12 sobres en posición 2	E
9	M 12 sobres de posición 2 a 0	E	9	M 12 sobres de posición 2 a 0	E
10	RL 12 sobres en caja en posición 0	E	10	RL 12 sobres en caja en posición 0	E
11	RE a posición 2	E	11	RE a posición 2	E
12	SE 12 sobres en posición 2	NE	12	SE 12 sobres en posición 2	NE
13	G 12 sobres en posición 2	E	13	G 12 sobres en posición 2	E
14	M 12 sobres de posición 2 a 0	E	14	M 12 sobres de posición 2 a 0	E
15	RL 12 sobres en caja en posición 0	E	15	RL 12 sobres en caja en posición 0	E
16	RE a posición 3	E	16	R en posición 0	NE
17	G tape en posición 3	E	17	R en posición 0	NE
18	M tape de posición 3 a 0	E	18	R en posición 0	NE
19	U tape en posición 0	E	19	R en posición 0	NE
20	M tape de posición 0 a 3	E	20	R en posición 0	NE
21	RL tape en posición 3	E	21	H caja en posición 0	NE
22	RE a posición 4	E	22	RE a posición 4	E
23	G etiquetas en posición 4	E	23	G etiquetas en posición 4	E
24	M etiquetas de posición 4 a 0	E	24	M etiquetas de posición 4 a 0	E
25	PP etiqueta en caja en posición 0	E	25	PP etiqueta en caja en posición 0	E
26	RL (pegar etiqueta en caja) en posición 0	E	26	RL (pegar etiqueta en caja) en posición 0	E

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 187.Bimanual Op1 - formato 3

BIMANUAL - FORMATO 3 (1kg)					
Operación: Llenado manual del bote de 1kg.			Resumen		
Número de Operador: 1 (Lado derecho)		Operación: 1	Movimientos Efectivo	7	Mano Izquierda
Analista: Ayda Sulecio Leal		Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo	4	6
Metodo: Presente Propuesto					
Bosquejo:					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE a posición 1	E	1	R en posición 0	NE
2	G cucharón en posición 1	E	2	RE a posición 2	E
3	H cucharón en posición 1	NE	3	G bote en posición 2	E
4	H cucharón en posición 1	NE	4	M bote de posición 2 a 1	E
5	U cucharón en posición 1 (llenado del bote)	E	5	H bote en posición 1	NE
6	U cucharón en posición 1 (llenado del bote)	E	6	H bote en posición 1	NE
7	U cucharón en posición 1 (llenado del bote)	E	7	H bote en posición 1	NE
8	U cucharón en posición 1 (llenado del bote)	E	8	H bote en posición 1	NE
9	U cucharón en posición 1 (llenado del bote)	E	9	H bote en posición 1	NE
10	R con cucharón en mano en posición 1	NE	10	M bote de posición 1 a 3	E
11	R con cucharón en mano en posición 1	NE	11	RL bote en posición 3	E

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 188.Bimanual OpIns1 - formato 3

BIMANUAL - FORMATO 3 (1kg)						
Operación: Verificación del peso del producto y ajuste si necesario.			Resumen		Mano derecha	Mano Izquierda
Número de Operador: 1		Operación e inspección: 1	Movimientos Efectivo		14	4
Analista: Ayda Sulecio Leal		Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo		3	13
Método: Presente		Propuesto				
Bosquejo:						
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción			
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación	
1	R en posición 0	NE	1	RE a posición 1	E	
2	R en posición 0	NE	2	G bote en posición 1	E	
3	R en posición 0	NE	3	M bote de posición 1 a 0	E	
4	RE a posición 2	E	4	RL bote en posición 0	E	
5	G cucharón en posición 2	E	5	R en posición 0	NE	
6	M cucharón de posición 2 a 0	E	6	R en posición 0	NE	
7	U cucharón en posición 0	E	7	R en posición 0	NE	
8	M cucharón de posición 0 a 2	E	8	R en posición 0	NE	
9	RL cucharón en posición 2	E	9	R en posición 0	NE	
10	M mano de posición 2 a 0	E	10	R en posición 0	NE	
11	G polvo con la mano	E	11	R en posición 0	NE	
12	M mano con polvo de posición 0 a 2	E	12	R en posición 0	NE	
13	RL polvo en posición 2	E	13	R en posición 0	NE	
14	RE a posición 0	E	14	R en posición 0	NE	
15	G bote en posición 0	E	15	R en posición 0	NE	
16	M bote de posición 0 a 3	E	16	R en posición 0	NE	
17	RL bote en posición 3	E	17	R en posición 0	NE	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 189. Bimanual Op2 - formato 3

BIMANUAL - FORMATO 3 (1kg)						
Operación: Limpieza de bote y colocación de tapa para posterior sellado.			Resumen		Mano derecha	Mano Izquierda
Número de Operador: 1		Operación: 2	Movimientos Efectivo		13	4
Analista: Ayda Sulecio Leal		Fecha: 20/08/2024	Movimientos Inefectivo		0	9
Método: Presente		Propuesto				
Bosquejo:						
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción			
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación	
1	RE en posición	E	1	RE en posición 4	E	
2	G papel en posición 2	E	2	G bote en posición	E	
3	M papel de posición 2 a 0	E	3	M bote de posición 4 a 0	E	
4	U papel en posición 0	E	4	H bote en posición 0	NE	
5	M papel de posición 0 a 2	E	5	H bote en posición 0	NE	
6	RL papel en posición 2	E	6	H bote en posición 0	NE	
7	RE tapa en posición 3	E	7	H bote en posición 0	NE	
8	G tapa en posición 3	E	8	H bote en posición 0	NE	
9	M tapa de posición 3 a 0	E	9	H bote en posición 0	NE	
10	A tapa en posición 0	E	10	H bote en posición 0	NE	
11	G bote en posición 0	E	11	RL bote en posición 0	E	
12	M bote de posición 0 a 1	E	12	R en posición 0	NE	
13	RL bote en posición 1	E	13	R en posición 0	NE	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 190. Bimanual Op4- formato 3

BIMANUAL - FORMATO 3 (1kg)					
Operación: Embalado de los botes a caja y sellado/etiquetado de caja.		Resumen		Mano derecha	
Número de Operador: 1		Operación: 4		Movimientos Efectivo 46	
Analista: Ayda Sulcovic Leal		Fecha: 20/08/2024		Movimientos Inefectivo 1	
Método: Presente Propuesto		Tiempo de Operación		0.66mins	
Bosquejo:					
Mano Derecha Descripción			Mano Izquierda Descripción		
Secuencia	Descripción	Clasificación	Secuencia	Descripción	Clasificación
1	RE a posición 1	E	1	RE a posición 1	E
2	G caja en posición 1	E	2	G caja en posición 1	E
3	M caja de posición 1 a 0	E	3	M caja de posición 1 a 0	E
4	A caja en posición 0	E	4	A caja en posición 0	E
5	RL caja en posición 0	E	5	RL caja en posición 0	E
6	RE a posición 2	E	6	H caja en posición 0	NE
7	G tape en posición 2	E	7	H caja en posición 0	NE
8	M tape de posición 2 a 0	E	8	H caja en posición 0	NE
9	U tape en posición 0	E	9	H caja en posición 0	NE
10	G caja en posición 0	E	10	G caja en posición 0	E
11	P caja en posición 0	NE	11	P caja en posición 0	NE
12	RL caja en posición 0	E	12	RL caja en posición 0	E
13	RE a posición 3	E	13	RE a posición 3	E
14	G botes en posición 3	E	14	G botes en posición 3	E
15	M botes de posición 3 a 0	E	15	M botes de posición 3 a 0	E
16	RI botes en caja en posición 3	E	16	RI botes en caja en posición 3	E
17	RE a posición 3	E	17	RE a posición 3	E
18	G botes en posición 3	E	18	G botes en posición 3	E
19	M botes de posición 3 a 0	E	19	M botes de posición 3 a 0	E
20	RI botes en caja en posición 3	E	20	RI botes en caja en posición 3	E
21	RE a posición 3	E	21	RE a posición 3	E
22	G botes en posición 3	E	22	G botes en posición 3	E
23	M botes de posición 3 a 0	E	23	M botes de posición 3 a 0	E
24	RI botes en caja en posición 3	E	24	RI botes en caja en posición 3	E
25	RE a posición 3	E	25	RE a posición 3	E
26	G botes en posición 3	E	26	G botes en posición 3	E
27	M botes de posición 3 a 0	E	27	M botes de posición 3 a 0	E
28	RI botes en caja en posición 3	E	28	RI botes en caja en posición 3	E
29	RE a posición 3	E	29	RE a posición 3	E
30	G botes en posición 3	E	30	G botes en posición 3	E
31	M botes de posición 3 a 0	E	31	M botes de posición 3 a 0	E
32	RI botes en caja en posición 3	E	32	RI botes en caja en posición 3	E
33	RE a posición 3	E	33	RE a posición 3	E
34	G botes en posición 3	E	34	G botes en posición 3	E
35	M botes de posición 3 a 0	E	35	M botes de posición 3 a 0	E
36	RI botes en caja en posición 3	E	36	RI botes en caja en posición 3	E
37	RE a posición 2	E	37	R en posición 0	NE
38	G tape en posición 2	E	38	R en posición 0	NE
39	M tape de posición 2 a 0	E	39	R en posición 0	NE
40	U tape en posición 0	E	40	H caja en posición 0	NE
41	M tape de posición 0 a 2	E	41	R en posición 0	NE
42	RL tape en posición 2	E	42	R en posición 0	NE
43	RE a posición 4	E	43	RE a posición 4	E
44	G etiqueta en posición 4	E	44	G etiqueta en posición 4	E
45	M de posición 4 a 0	E	45	M de posición 4 a 0	E
46	PP etiqueta en caja en posición 0	E	46	PP etiqueta en caja en posición 0	E
47	RL (pegar etiqueta en caja) en posición 0	E	47	RL (pegar etiqueta en caja) en posición 0	E

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 191. Ponderación de riesgos

			Impacto				
			Insignificativo	Menor	Significativo	Mayor	Grave
			1	2	3	4	5
Probabilidad	MUY BAJA	1	1	2	3	4	5
	BAJA	2	2	4	6	8	10
	MEDIA	3	3	6	9	12	15
	ALTA	4	4	8	12	16	20
	MUY ALTA	5	5	10	15	20	25

Grave	Riesgo muy grave, que requiere medidas preventivas urgentes, y no se puede iniciar la producción sin tenerlas.
Importante	Riesgo importante, se deben de tomar medidas preventivas para poder controlar el riesgo durante la producción.
Apreciable	Riesgo apreciable, evaluar la posibilidad de añadir medidas preventivas si no controla durante el proceso.
Marginal	Riesgo marginal, no requiere de medidas preventivas únicamente se vigilando a que el riesgo no cambie de categoría.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 192. Tolerancias RTCA

Tabla 2. Deficiencia tolerable en el contenido real para preempacados

Cantidad nominal del producto (Q_n) en g o mL	Deficiencia tolerable (T) ^a	
	Porcentaje de Q_n	g o mL
0 a 50	9	-
50 a 100	-	4,5
100 a 200	4,5	-
200 a 300	-	9
300 a 500	3	-
500 a 1 000	-	15
1 000 a 10 000	1,5	-
10 000 a 15 000	-	150
15 000 a 50 000	1	-

^a los valores de T están redondeados al próximo 1/10 de un g o mL para $Q \leq 1\ 000$ g o mL y al próximo entero superior de g o mL para $Q_n > 1\ 000$ g o mL

Fuente: Reglamento técnico Centroamericano