



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

#### **“PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN APLICANDO EL MÉTODO HEIJUNKA Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA AMBAFLEX CÍA. LTDA.”.**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

#### **AUTORES**

**RODRÍGUEZ SORIA ERIK ANDRÉS**

**GONZÁLEZ ACURIO MARIO ANDRÉS**

Riobamba – Ecuador

2022



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

#### **“PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN APLICANDO EL MÉTODO HEIJUNKA Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA AMBAFLEX CÍA. LTDA.”.**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORES: RODRÍGUEZ SORIA ERIK ANDRÉS**

**GONZÁLEZ ACURIO MARIO ANDRÉS**

**DIRECTOR: Ing. JAIME IVÁN ACOSTA VELARDE Msc**

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Erik Andrés Rodríguez Soria & Mario Andrés González Acurio

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, ERIK ANDRÉS RODRÍGUEZ SORIA y MARIO ANDRÉS GONZÁLEZ ACURIO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de febrero de 2022



---

**Erik Andrés Rodríguez Soria**  
Cédula de Identidad: 180414770-8



---

**Mario Andrés González Acurio**  
Cédula de Identidad: 230012602-2

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: proyecto técnico, “**PLAN DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN APLICANDO EL MÉTODO HELJUNKA Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA AMBAFLEX CÍA. LTDA.**”, realizado por los señores: **ERIK ANDRÉS RODRÍGUEZ SORIA Y MARIO ANDRÉS GONZÁLEZ ACURIO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sayuri Monserrath Bonilla Novillo Msc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>SAYURI MONSERRATH BONILLA NOVILLO</b>	2022-02-15
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde Msc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>JAIME IVAN ACOSTA</b>	2022-02-15
Ing. Julio Cesar Moyano Alulema Msc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2022-02-15

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a mi madre Eugenia Rocío Soria Valle y a mi abuela Elsa Semira Valle Barragán que a lo largo de mi vida han sido los pilares fundamentales para cumplir todas las metas que me he propuesto debido a que desde muy pequeño me fomentaron valores y principios para nunca darme por vencido, además a mi familia en general que gracias a su apoyo y consejos conseguí ser una persona de bien ya que nunca me dejaron solo en los momentos más difíciles tanto de mi vida como de mi carrera.

*Andrés*

Dedico este trabajo a mis padres Jonny y Adela quienes con sacrificios, empeño y dedicación me llenaron de fuerzas y me enseñaron los valores necesarios para poder afrontar los obstáculos que se presentaron durante todo este proceso. Ellos con su amor, paciencia y esfuerzo son parte fundamental por la cual puedo cumplir este sueño tan grande. A toda mi familia ya que, con sus palabras de aliento y consejos, de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

*Mario*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos principalmente a todos los miembros de la empresa “Ambaflex Cía. Ltda.”, por ofrecernos su colaboración para desarrollar nuestro proyecto de titulación, además de forma muy especial a la señora Martha Rodríguez gerente y propietaria de esta institución nos brindó de forma muy amablemente toda la información necesaria y nos colaboró con sus conocimientos y permisos para realizarlo de una manera eficiente y eficaz.

De igual manera extendemos nuestra gratitud a los Ingenieros Iván Acosta y Julio Moyano como tutor y miembro respectivamente por brindarnos los lineamientos y correcto seguimiento al momento de desarrollar nuestro proyecto dándonos recomendaciones y acotaciones que con su amplio conocimiento han sido las adecuadas para realizar un trabajo preciso y fiable.

*Andrés; Mario*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xviii
RESUMEN .....	xix
SUMMARY .....	xx
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Delimitación geográfica.....	4
1.3.1. <i>Delimitación Actual</i> .....	4
1.3.2. <i>Delimitación Disponible</i> .....	4
1.4. Beneficiario directos e indirectos.....	5
1.4.1. <i>Directos</i> .....	5
1.4.2. <i>Indirecta</i> .....	5
1.5. Justificación .....	5
1.5.1. <i>Justificación teórica</i> .....	5
1.5.2. <i>Justificación metodológica</i> .....	5
1.5.3. <i>Justificación práctica</i> .....	6
1.6. Objetivos .....	6
1.6.1. <i>General</i> .....	6
1.6.2. <i>Específicos</i> .....	6
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>7</b>
2.1. Bases teóricas .....	7
2.1.1. <i>Industria del plástico</i> .....	7
2.1.2. <i>Industria del plástico en el Ecuador</i> .....	7
2.1.3. <i>Fundas plásticas</i> .....	8
2.1.4. <i>Clasificación de productos plásticos por el tipo de material</i> .....	9
2.1.5. <i>Enfriamiento en el interior de la burbuja</i> .....	11
2.2. Método Lean Manufacturing .....	11

2.2.1.	<i>Metodología 5's</i> .....	12
2.2.2.	<i>Estándar</i> .....	14
2.2.2.1.	<i>Estandarización de procesos</i> .....	14
2.2.2.2.	<i>Procesos productivos</i> .....	15
2.2.2.3.	<i>Importancia de la estandarización en procesos industriales</i> .....	16
2.2.2.4.	<i>Las ventajas de la estandarización de procesos</i> .....	17
2.2.2.5.	<i>Métodos y tiempos</i> .....	17
2.2.2.6.	<i>Representación gráfica de los métodos de trabajo</i> .....	19
2.2.3.	<i>Optimización del proceso</i> .....	21
2.2.4.	<i>Análisis de valor agregado</i> .....	21
2.2.5.	<i>Productividad</i> .....	22
2.2.6.	<i>Eficiencia productiva</i> .....	23
2.2.7.	<i>Diagrama PERT/CPM</i> .....	23
2.2.8.	<i>Diagrama de actividades múltiples</i> .....	24
2.2.9.	<i>Análisis de carga laboral en el trabajo</i> .....	24
2.2.10.	<i>Método Heijunka</i> .....	25
2.2.10.1.	<i>Origen de la metodología Heijunka</i> .....	26
2.2.10.2.	<i>Herramientas de la metodología Heijunka para su implementación</i> .....	27
2.2.10.3.	<i>Heijunka y la estandarización de procesos industriales</i> .....	28
2.3.	<b>Distribución de planta</b> .....	28
2.3.1.	<i>Metodología de distribución de planta</i> .....	29
2.3.2.	<i>Principios de distribución de planta</i> .....	30
2.3.3.	<i>Métodos de distribución de planta</i> .....	31
2.3.3.1.	<i>Método de los eslabones</i> .....	31
2.3.3.2.	<i>Método S.L.P (Planeación Sistemática de Distribución de Planta)</i> .....	33
2.4.	<b>Prueba estadística</b> .....	36
2.4.1.	<i>Prueba T-Student</i> .....	36
2.4.2.	<i>Distribución F</i> .....	37
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	39
3.1.	<b>Tipo de estudio</b> .....	39
3.2.	<b>Tipo de investigación</b> .....	39
3.3.	<b>Metodología</b> .....	40
3.4.	<b>Técnicas de la investigación</b> .....	40
3.5.	<b>Instrumentos de la investigación</b> .....	40
3.6.	<b>Generalidades de la empresa</b> .....	40

3.6.1.	<i>Reseña Histórica</i> .....	40
3.6.2.	<i>Ubicación de la planta</i> .....	41
3.6.3.	<i>Estructura jurídica</i> .....	42
3.6.4.	<i>Organigrama organizacional de la planta</i> .....	42
3.6.5.	<i>Personal de la empresa “AMBAFLEX”</i> .....	43
3.6.6.	<i>Distribución de la planta de inyección</i> .....	44
3.7.	<b>Descripción del proceso</b> .....	45
3.7.1.	<i>Proceso de extrusión de láminas plásticas en material Metaloceno, polietileno de pigmento negro, polietileno de pigmento blanco, polietileno LDPE, polietileno LLDPE, Polietileno DPTE y material recuperado</i> .....	45
3.8.	<b>Máquinas extrusoras en “Ambaflex Cía. Ltda.”</b> .....	50
3.8.1.	<i>Co-extrusora de 3 ejes</i> .....	50
3.8.2.	<i>Extrusora Covex 60</i> .....	51
3.8.3.	<i>Extrusora de baja densidad</i> .....	52
3.9.	<b>Proceso de impresión de láminas de polietileno</b> .....	53
3.9.1.	<i>Máquinas impresoras flexográfica de 6 tintas</i> .....	55
3.9.2.	<i>Impresora flexográfica COMEXI</i> .....	55
3.10.	<b>Proceso de refilado de láminas de polietileno</b> .....	56
3.10.1.	<i>Máquina refiladora</i> .....	57
3.11.	<b>Proceso de corte y sellado</b> .....	58
3.11.1.	<i>Maquinas selladoras INDEMO (1)</i> .....	59
3.11.2.	<i>Máquina Selladora INDEMO (2)</i> .....	60
3.11.3.	<i>Máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING</i> .....	61
3.11.4.	<i>Máquina selladora China</i> .....	62
3.11.5.	<i>Máquina Camisetera</i> .....	63
3.11.6.	<i>Maquina Pre corte</i> .....	63
3.12.	<b>Diagnóstico de la situación Actual</b> .....	64
3.12.1.	<i>Aplicación del ciclo de Deming</i> .....	64
3.12.2.	<i>Selección de los productos de estudio</i> .....	66
3.12.3.	<i>Descripción de los productos estrella</i> .....	69
3.12.3.1.	<i>Funda impresa pollo el placer</i> .....	69
3.12.3.2.	<i>Funda natural de 23 x 40 x 2.5 cm</i> .....	70
3.12.3.3.	<i>Lámina para leche impresa</i> .....	71
3.12.4.	<b>Análisis del proceso</b> .....	71
3.12.4.1.	<i>Análisis 5’s en el área de producción</i> .....	73
3.12.4.2.	<i>Toma de tiempos de en el área de producción</i> .....	75

3.12.4.3.	<i>Análisis de los métodos de trabajo</i> .....	78
3.12.4.4.	<i>Estudio de tiempos</i> .....	81
3.12.4.5.	<i>Análisis de distribución actual de planta</i> .....	86
3.13.	<b>Análisis de la problemática</b> .....	91
<b>CAPÍTULO IV</b>		
4.	<b>RESULTADOS</b> .....	93
4.1.	<b>Estandarización de procesos</b> .....	93
4.1.1.	<i>Balanceo de líneas de producción mediante el método PERT/CPM</i> .....	93
4.1.2.	<i>Análisis del proceso mediante diagrama de actividades múltiples</i> .....	95
4.1.3.	<i>Propuesta de procesos de operaciones</i> .....	97
4.1.4.	<i>Diagramas de recorrido propuestos</i> .....	98
4.1.5.	<i>Análisis de valor agregado esperado</i> .....	99
4.2.	<b>Nivelación de la producción mediante el método Heijunka</b> .....	100
4.2.1.	<i>Análisis de la productividad esperada</i> .....	100
4.2.2.	<i>Planificación de la producción</i> .....	101
4.2.3.	<i>Análisis de la carga laboral esperada</i> .....	104
4.2.4.	<i>Análisis 5's de la propuesta de estandarización y nivelación</i> .....	107
4.3.	<b>Distribución de planta</b> .....	109
4.3.1.	<i>Método de eslabones para distribución de planta</i> .....	110
4.3.1.1.	<i>Propuesta de distribución mediante método de eslabones</i> .....	113
4.3.2.	<i>Método S.L.P. para distribución de planta</i> .....	113
4.4.	<b>Evaluación estadística de estandarización y nivelación de la producción mediante el método Heijunka</b> .....	116
4.4.1.	<i>Análisis estadístico de productividad</i> .....	116
4.4.2.	<i>Análisis estadístico de carga laboral</i> .....	119
4.4.2.1.	<i>Análisis estadístico del producto funda impresa para pollos el placer</i> .....	119
4.4.2.2.	<i>Análisis estadístico del producto Lamina de leche</i> .....	121
4.4.2.3.	<i>Análisis estadístico del producto Funda natural de 23x40x2.5</i> .....	124
4.4.2.4.	<i>Análisis estadístico de producción en general</i> .....	126
4.5.	<b>Evaluación de la distribución de planta</b> .....	129
<b>CONCLUSIONES</b> .....		133
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		135
<b>GLOSARIO</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación de los polímeros por su material, uso y características principales	9
<b>Tabla 2-2:</b>	Simbología para los diagramas de operaciones, flujo y recorrido.....	20
<b>Tabla 3-2:</b>	Establecimiento del ritmo de producción .....	28
<b>Tabla 1-3:</b>	Estructura jurídica.....	42
<b>Tabla 2-3:</b>	Descripción del personal de la planta de producción de fundas plásticas .....	43
<b>Tabla 3-3:</b>	Características técnicas de la máquina extrusora de 3 ejes .....	50
<b>Tabla 4-3:</b>	Características técnicas de la máquina extrusora Covex 60.....	51
<b>Tabla 5-3:</b>	Características técnicas de la máquina extrusora de baja densidad.....	52
<b>Tabla 6-3:</b>	Características técnicas de la máquina impresora flexográfica de 6 tintas .....	55
<b>Tabla 8-3:</b>	Características técnicas de la maquina refiladora .....	57
<b>Tabla 9-3:</b>	Características técnicas de la selladora INDEMO (1).....	60
<b>Tabla 10-3:</b>	Características técnicas de la selladora INDEMO (2).....	60
<b>Tabla 11-3:</b>	Características técnicas de la máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING .....	61
<b>Tabla 12-3:</b>	Características técnicas de la máquina selladora China.....	62
<b>Tabla 13-3:</b>	Características técnicas de la maquina camiseta.....	63
<b>Tabla 14-3:</b>	Características técnicas de la máquina de pre corte .....	64
<b>Tabla 15-3:</b>	Planificación del estudio .....	65
<b>Tabla 16-3:</b>	Productos estrella por volumen de producción conforme a entrevista .....	65
<b>Tabla 17-3:</b>	Análisis ABC de los productos elaborados en la empresa AMBAFLEX .....	66
<b>Tabla 18-3:</b>	Productos estrella por volumen de producción de acuerdo al criterio de 80-20.....	68
<b>Tabla 19-3:</b>	Parámetros para elaboración de lámina impresa para pollos el placer .....	69
<b>Tabla 20-3:</b>	Parámetros para elaboración de funda natural de 23 x 40 x 2.5 cm .....	69
<b>Tabla 21-3:</b>	Parámetros para elaborar lamina para leche impresa.....	70
<b>Tabla 22-3:</b>	Tabla de evaluación 5's.....	73
<b>Tabla 23-3:</b>	Tabulación de resultados.....	73
<b>Tabla 24-3:</b>	Escala para evaluación .....	74

<b>Tabla 25-3:</b>	Tabla de observaciones tomadas de la operación con mayor variabilidad .....	75
<b>Tabla 26-3:</b>	Cuadro resumen de tamaño de muestra de procesos para Fundas impresas para pollos el placer .....	76
<b>Tabla 27-3:</b>	Índice de valor agregado en el proceso de extruido del producto fundas impresas para pollos el placer.....	78
<b>Tabla 28-3:</b>	Resumen del IVA de todos los procesos de producción de los productos estrella.....	79
<b>Tabla 29-3:</b>	Tabla de porcentaje suplementario en el proceso de extrusión para fundas impresas pollos el placer .....	81
<b>Tabla 30-3:</b>	Tiempos estándar en los procesos de producción .....	82
<b>Tabla 31-3:</b>	Resumen de productividad de las líneas de producción.....	83
<b>Tabla 32-3:</b>	Resumen de eficiencia productiva.....	83
<b>Tabla 33-3:</b>	Resumen de tiempo takt y pitch de la producción actual .....	84
<b>Tabla 34-3:</b>	Equipos disponibles en la empresa.....	85
<b>Tabla 35-3:</b>	Coefficiente de la determinación .....	86
<b>Tabla 36-3:</b>	Resumen del área necesaria para la maquinaria .....	86
<b>Tabla 37-3:</b>	Porcentaje de carga laboral por operación.....	91
<b>Tabla 38-3:</b>	Área actual y necesaria para la distribución de planta .....	91
<b>Tabla 1-4:</b>	Tabla de precedencias de operaciones .....	92
<b>Tabla 2-4:</b>	Matriz de precedencia de operaciones .....	93
<b>Tabla 3-4:</b>	Resumen de ruta crítica de productos estrella.....	94
<b>Tabla 4-4:</b>	Diagrama de actividades múltiples para el producto dundas impresas para pollos el placer.....	95
<b>Tabla 5-4:</b>	Resumen de tiempos normales y propuestos por la combinación de operaciones .....	96
<b>Tabla 6-4:</b>	Análisis de valor agregado del proceso propuesto de extrusión para el producto de fundas impresas para pollos el placer .....	98
<b>Tabla 7-4:</b>	Resumen de comparación entre IVA actual y propuesto .....	99
<b>Tabla 8-4:</b>	Comparación de productividad .....	99
<b>Tabla 9-4:</b>	Datos de producción .....	100

<b>Tabla 10-4:</b>	Datos de jornada de trabajo .....	101
<b>Tabla 11-4:</b>	Takt time esperado .....	101
<b>Tabla 12-4:</b>	Pitch esperado .....	101
<b>Tabla 13-4:</b>	Casillero heijunka .....	102
<b>Tabla 14-4:</b>	Tabla de identificación de colores por operación .....	102
<b>Tabla 15-4:</b>	Análisis de la carga laboral esperada.....	103
<b>Tabla 16-4:</b>	Tabla de tiempos de inactividad esperada .....	104
<b>Tabla 17-4:</b>	Tabla de evaluación 5's de la propuesta .....	105
<b>Tabla 18-4:</b>	Tabulación de resultados.....	106
<b>Tabla 19-4:</b>	Análisis del porcentaje de producción.....	108
<b>Tabla 20-4:</b>	Tablas de doble entrada.....	109
<b>Tabla 21-4:</b>	Matrices triangulares por producto y acumulada.....	109
<b>Tabla 22-4:</b>	Relación entre células de trabajo y valor de movimiento .....	110
<b>Tabla 23-4:</b>	Criterios de calificación para la relación de proximidad de operaciones .....	111
<b>Tabla 24-3:</b>	Tablas descriptivas de doble entrada .....	112
<b>Tabla 25-4:</b>	Matrices triangulares de análisis S.L.P.....	113
<b>Tabla 26-4:</b>	Tabla de importancia de relaciones .....	113
<b>Tabla 27-4:</b>	Tabla de datos para la prueba T-Student .....	115
<b>Tabla 28-4:</b>	Validación estadística de propuesta de mejora la producción.....	115
<b>Tabla 29-4:</b>	Relación entre número de actividades y tiempo de operación por operario .....	117
<b>Tabla 30-4:</b>	Relación entre el número de actividades y el tiempo de operación por operario .....	120
<b>Tabla 31-4:</b>	Relación entre el número de actividades y el tiempo de operación por operario .....	122
<b>Tabla 32-4:</b>	Relación entre el número total de actividades y el tiempo de operación por operario .....	125
<b>Tabla 33-4:</b>	Análisis de áreas de trabajo actuales y propuestas.....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Ubicación actual de la empresa “Ambaflex Cía. Ltda.” .....	4
<b>Figura 2-1:</b>	Nueva ubicación de la empresa “Ambaflex Cía. Ltda.” .....	4
<b>Figura 1-3:</b>	Ubicación actual de la empresa Ambaflex Cía. Ltda .....	42
<b>Figura 2-3:</b>	Ubicación del área de producción de la empresa Ambaflex Cía. Ltda .....	42
<b>Figura 3.3:</b>	Organigrama organizacional .....	43
<b>Figura 4-3:</b>	Esquema de distribución en planta de la empresa Ambaflex .....	44
<b>Figura 5-3:</b>	Dosificación de polietileno en tolvas de distribución.....	47
<b>Figura 6-3:</b>	Máquina Coextrusora de 3 ejes en el área de producción .....	50
<b>Figura 7-3:</b>	Máquina Extrusora Covex 60 en el área de producción.....	51
<b>Figura 8-3:</b>	Máquina extrusora de baja densidad en el área de producción.....	52
<b>Figura 9-3:</b>	Calibración de cireles .....	53
<b>Figura 10-3:</b>	Resultado de impresión .....	54
<b>Figura 11-3:</b>	Máquina impresora flexográfica de 6 tintas en el área de producción.....	54
<b>Figura 12-3:</b>	Máquina impresora flexográfica COMEXI en el área de producción .....	55
<b>Figura 13-3:</b>	Máquina refiladora .....	56
<b>Figura 14-3:</b>	Máquina refiladora del área de producción.....	57
<b>Figura 15-3:</b>	Máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING.....	58
<b>Figura 16-3:</b>	Calibracion de la máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING .....	58
<b>Figura 17-3:</b>	Empacado en la máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING .....	59
<b>Figura 18-3:</b>	Máquina selladora INDEMO (1) en el área de producción .....	59
<b>Figura 19-3:</b>	Máquina selladora INDEMO (2) en el área de producción .....	60
<b>Figura 20-3:</b>	Máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING en el área de producción.....	61
<b>Figura 21-3:</b>	Máquina selladora China en el área de producción.....	62

<b>Figura 22-3:</b>	Maquina camiseta en el área de producción .....	62
<b>Figura 23-3:</b>	Maquina pre corte en el área de producción .....	63
<b>Figura 24-3:</b>	Funda impresa para pollos el placer.....	68
<b>Figura 25-3:</b>	Funda natural de 23 x 40 x 2.5 cm.....	69
<b>Figura 26-3:</b>	Flujograma de procesos para la elaboración de Funda impresa pollo el placer	72
<b>Figura 27-3:</b>	Estado actual del área de producción.....	74
<b>Figura 28-3:</b>	Cursograma analítico del material para la elaboración de Fundas impresas para pollos el placer .....	77
<b>Figura 29-3:</b>	Área de corte y sellado .....	87
<b>Figura 30-3:</b>	Diagrama de recorrido del proceso de extrusión .....	88
<b>Figura 32-3:</b>	Planos de la nueva planta de producción de la empresa Ambaflex .....	89
<b>Figura 1-4:</b>	Diagrama PERT/CPM del producto fundas impresas para pollos el placer.....	93
<b>Figura 2-4:</b>	Flujograma de operaciones propuesto para el producto fundas impresas para pollos el placer .....	96
<b>Figura 3-4:</b>	Diagrama de recorrido propuesto para extrusión de fundas impresas para pollos el placer.....	97
<b>Figura 4-4:</b>	Recorrido de la materia prima a través de las células de trabajo .....	108
<b>Figura 5-4:</b>	Esquema de distribución CHITEFOL.....	111
<b>Figura 6-4:</b>	Esquema de distribución S.L.P .....	114
<b>Figura 7-4:</b>	Prueba T-Student analizada por Excel .....	116
<b>Figura 8-4:</b>	Información de factores analizados .....	118
<b>Figura 9-4:</b>	Resumen del modelo realizado .....	118
<b>Figura 10-4:</b>	Análisis de varianza.....	118
<b>Figura 11-4:</b>	Información de factores analizados .....	120
<b>Figura 12-4:</b>	Resumen del modelo realizado .....	120
<b>Figura 13-4:</b>	Análisis de varianza.....	121
<b>Figura 14-4:</b>	Información de factores analizados .....	122
<b>Figura 15-4:</b>	Resumen del modelo realizado .....	123
<b>Figura 16-4:</b>	Análisis de varianza.....	123

<b>Figura 17-4:</b> Información de factores analizados .....	125
<b>Figura 18-4:</b> Resumen del modelo realizado.....	125
<b>Figura 19-4:</b> Análisis de varianza .....	126

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Sistema de enfriamiento IBC .....	11
<b>Gráfico 2-2:</b>	Criterios de estandarización .....	15
<b>Gráfico 3-2:</b>	Secuencia del proceso productivo .....	16
<b>Gráfico 4-2:</b>	Sistema de producción nivelado de Lean Manufacturing .....	25
<b>Gráfico 5-2:</b>	Variación de la demanda en un proceso productivo .....	26
<b>Gráfico 6-2:</b>	Herramientas con las que cuenta Lean .....	26
<b>Gráfico 7-2:</b>	Secuencia y unidades de mantenimiento en n productos .....	32
<b>Gráfico 8-2:</b>	Matriz de relación entre procesos (desde-hacia).....	32
<b>Gráfico 9-2:</b>	Ejemplo de posible distribución .....	33
<b>Gráfico 10-2:</b>	Diagrama del método S.L.P .....	34
<b>Gráfico 11-2:</b>	Ejemplo de la técnica S.L.P .....	36
<b>Gráfico 12-2:</b>	Factores de evaluación para un aprueba T-Student .....	37
<b>Gráfico 13-2:</b>	Características de distribución F .....	38
<b>Gráfico 1-3:</b>	Resistencias de la Máquina extrusora.....	46
<b>Gráfico 2-3:</b>	Cabezales para extrusión de películas tubulares .....	46
<b>Gráfico 3-3:</b>	Extrusión de polímero termo-formado .....	47
<b>Gráfica 4-3:</b>	Proceso de elevación de la película tubular .....	48
<b>Gráfico 5-3:</b>	Proceso completo de extrusión.....	48
<b>Gráfico 6-3:</b>	Causas y soluciones a imperfecciones en el proceso de extrusión .....	49
<b>Gráfico 7-3:</b>	Proceso de refilado.....	57
<b>Gráfico 8-3:</b>	Diagrama de Pareto de acuerdo al volumen de producción de fundas .....	67
<b>Gráfico 9-3:</b>	Diagrama de Pareto de acuerdo al volumen de producción de laminas .....	68
<b>Gráfico 10-3:</b>	Método de trabajo y su interacción con el sistema productivo .....	71
<b>Gráfico 11-3:</b>	Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los tiempos básicos .....	80
<b>Gráfico 12-3:</b>	Comparación de tiempo de producción y tiempo de entrega .....	84

<b>Gráfico 13-3:</b>	Comparación de takt time y pitch actual .....	85
<b>Gráfico 1-4:</b>	Contraste de productividad .....	100
<b>Gráfico 2-4:</b>	Carga laboral por operario .....	103
<b>Gráfico 3-4:</b>	Tiempos de inactividad por operación .....	105
<b>Gráfico 4-4:</b>	Comparación del análisis 5's .....	107
<b>Gráfico 5-4:</b>	Jerarquía de relación de células de trabajo .....	110
<b>Gráfico 7-4:</b>	Gráfico de intervalos.....	119
<b>Gráfico 8-4:</b>	Gráfico de intervalos.....	121
<b>Gráfico 9-4:</b>	Gráfico de intervalos.....	124
<b>Gráfico 10-4:</b>	Gráfico de intervalos.....	126
<b>Gráfico 11-4:</b>	Variación de las dimensiones de trabajo registradas en la planta actual y en la distribución propuesta .....	128
<b>Gráfico 12-4:</b>	Resumen de evaluación de riesgos por distribución de planta .....	129
<b>Gráfico 13-4:</b>	Promedio de factores de riesgo por distribución de planta .....	129

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** PLANOS DIMENSIONALES DE LAS INSTALACIONES ACTUALES
- ANEXO B:** ANÁLISIS ABC DE PRODUCCIÓN
- ANEXO C:** ANÁLISIS DE PARETO DE PRODUCCIÓN
- ANEXO D:** FLUJOGRAMAS DE PROCESOS DE PRODUCTOS ESTRELLA
- ANEXO E:** HOJAS DE REGISTRO DE TIEMPO MEDIDOS
- ANEXO F:** CURSOGRAMAS ANALÍTICOS DE MATERIA DE PRODUCTOS ESTRELLA
- ANEXO G:** ÍNDICE DE VALOR AGREGADO POR TIEMPOS MEDIDOS Y ESTÁNDAR DE PROCESOS
- ANEXO H:** DIAGRAMA DE RECORRIDO DE MATERIA PRIMA POR PROCESO
- ANEXO I:** MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA ACTUAL
- ANEXO J:** ANÁLISIS PERT/CPM POR PROCESOS DE PRODUCCIÓN
- ANEXO K:** PLANOS DIMENSIONALES DE LAS NUEVAS INSTALACIONES
- ANEXO L:** DIAGRAMAS DE PROCESOS COMBINADOS POR PRODUCTO
- ANEXO M:** FLUJOGRAMA PROPUESTO DE ACTIVIDADES
- ANEXO N:** DIAGRAMAS DE RECORRIDO PROPUESTO DE MATERIA PRIMA POR PROCESO
- ANEXO O:** ÍNDICE DE VALOR AGREGADO DE PROPUESTA DE PROCESOS
- ANEXO P:** PLANO DE PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN POR EL MÉTODO DE ESLABONES
- ANEXO Q:** PLANO DE PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN POR EL MÉTODO S.L.P.
- ANEXO R:** MATRIZ DE RIESGO DE DISTRIBUCIÓN PROPUESTA DE PLANTA
- ANEXO S:** HOJA DE SEGUIMIENTO DE OPERACIONES

## RESUMEN

El presente proyecto técnico tuvo como objetivo elaborar un plan para optimizar el sistema de producción de la empresa “Ambaflex Cía. Ltda.”, mediante el control de sus procesos productivos para generar una estandarización y nivelación de sus líneas, además de proponer una distribución de planta para su nueva locación. Esto mediante la segmentación de los productos estrella dependiendo del volumen de producción. Inicialmente se realizó un estudio aplicando el método Heijunka el cual permitió medir y controlar las diferentes variables del proceso para posteriormente establecer el ritmo efectivo de producción, determinando el Tack time (cadencia de producción para satisfacer la demanda de tus clientes) y Pitch (tiempo de producción y empaque de una unidad de producción) adecuados. Debido a que la empresa requería mudarse se ejecutó un análisis a través del método de eslabones y S.L.P. (planeación sistemática de distribución de planta), con esto se planteó una distribución de planta que permitió tener un flujo de producción equilibrado. La problemática encontrada en las extrusoras de alta, baja densidad y co-extrusora de tres ejes, asimismo en las impresoras Comexi TAGA-1500 y YT-61000, se resolvió elaborando un plan para la estandarización de los procesos de fabricación de fundas plásticas, aplicando criterios del estudio de métodos y tiempos, logrando una disminución de 2415.14 minutos en la producción total, también se lograron mitigar los retrasos en la producción mediante la aplicación de la nivelación de la carga laboral bajo los estándares del método Heijunka. El estudio realizado reveló la necesidad de distribuir de mejor forma la maquinaria en la nueva planta de producción, para esto se propuso un modelo de distribución de planta bajo los métodos ya mencionados, alcanzando una disminución de riesgos del 55%. Para que existan cambios significativos en la producción, se necesita la mejora continua y aplicación a futuro del plan propuesto.

**Palabras Clave:** <SISTEMA DE PRODUCCIÓN> <MÉTODO HEIJUNKA> <MÉTODO S.L.P.> <MÉTODO DE ESLABONES> <ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS>.



Firmado electrónicamente por:

**HOLGER  
GERMAN  
RAMOS  
UVIDIA**

0463-DBRA-UPT-2022

2022-03-14

## SUMMARY

The objective of this technical project was to elaborate a plan to optimize the production system of the company "Ambaflex Cía. Ltda.", through the control of its production processes to generate a standardization and leveling of its lines, besides proposing a plant distribution for its new location. This was done through the segmentation of the star products depending on the volume of production. Initially, a study was carried out applying the Heijunka method, which allowed to measure and control the different variables of the process to later establish the effective production rhythm, determining the adequate Tack time (production cadence to satisfy the demand of your clients) and Pitch (production and packaging time of a production unit). Because the company needed to move, an analysis was carried out through the link method and S.L.P. (systematic planning of plant distribution), with this we proposed a plant distribution that allowed to have a balanced production flow. The problems found in the high and low density extruders, and three-shaft co-extruder, as well as in the Comexi TAGA-1500 and YT-61000 printers, were solved by elaborating a plan for the standardization of the plastic casing manufacturing processes, applying criteria from the study of methods and times, achieving a reduction of 2415.14 minutes in the total production, also the production delays were mitigated through the application of the leveling of the workload under the standards of the Heijunka method. The study revealed the need to better distribute the machinery in the new production plant, for which a plant distribution model was proposed under the aforementioned methods, achieving a risk reduction of 55%. For there to be significant changes in production, continuous improvement and future application of the proposed plan is needed.

**Keywords:** <PRODUCTION SYSTEM> <HEIJUNKA METHOD> <S.L.P. METHOD>  
<SLABON METHOD> <PROCESS STANDARDIZATION>.

**ALEXANDRA**  
**ELIZABETH**  
**OROZCO**  
**HERNANDEZ**

Firmado digitalmente por  
ALEXANDRA  
ELIZABETH OROZCO  
HERNANDEZ  
Fecha: 2022.03.17  
09:28:52 -05'00'

## INTRODUCCIÓN

Según Rodrigues (2015, p.31), afirma que: Fujio Cho quien llegó a ser presidente de Toyota Motor Company fue el que diseñó el modelo de gestión, el cual es más conocido como la casa Toyota. Esta casa tiene como cimientos la filosofía de Toyota, gestión visual, procesos estandarizados y producción nivelada (Heijunka), la búsqueda de la eficacia en el sistema se sostiene en cuatro pilares que son el Just in time, Jidoka, enfoque en las personas y en la reducción de desperdicios.

Según Casals et al. (2008, pp.81-82), menciona que: el método S.L.P., fue planteado por Richard Muther, como un procedimiento sistemático multicriterio dedicado a la resolución de inconvenientes al momento de realizar la distribución en planta de diversa naturaleza. Parte de la información significativa relacionada con el proceso industrial y espacios auxiliares, este consiste en fijar un cuadro operacional de fases y una serie de procedimientos que permiten identificar, valores y visualizar los elementos involucrados.

Según De la Fuente & Quesada (2005, p.58), plantea que: la técnica de los eslabones, busca ordenar de mejor manera los elementos físicos que integran el sistema de producción a partir de las interrelaciones entre ellos. Con este fin y basándonos en las secuencias de los distintos productos, se buscan los caminos más cortos reduciendo los cruces y retrocesos.

La empresa “Ambaflex Cía. Ltda.”, se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Unamuncho, la cual cuenta con 14 puestos de trabajo para producir fundas de distintos tipos.

La planta actual de la empresa “Ambaflex” inició sus actividades en el año 2017, tiene una amplia flexibilidad de elaborar varios tipos de láminas de polímeros tanto impresas como naturales; sin embargo; no cuenta con un proceso de trabajo estandarizado, es decir, los operadores realizan sus labores de una manera empírica y poco controlada.

La metodología Heijunka permite equilibrar el proceso productivo con el fin de eliminar sobrecargas tanto hacia los operadores como para las maquinarias, además de redistribuir las tareas en las estaciones de trabajo buscando eliminar los tiempos muertos que genera una producción caótica, para lo cual el método Heijunka brinda las directrices para generar un balance de las líneas de producción.

## CAPÍTULO I

### 1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

La empresa “Ambaflex Cía. Ltda.” es una organización ecuatoriana relativamente nueva con sede principal en el cantón Ambato que está dedicada a la fabricación de fundas y láminas de polietileno.

A partir de su fundación en el año 2017 ha registrado un gran crecimiento, esto debido a su gran flexibilidad de producción y la calidad de productos que entrega al mercado.

Actualmente la planta de producción dispone tres tipos de extrusoras; una co-extrusora de tres ejes o tornillos, una extrusora XP-61 de alta densidad y una extrusora de baja densidad, dos selladoras INDEMO, dos selladoras chinas, una selladora camiseta, una Máquina precorte, dos impresoras industriales; una modelo YT-61000 y una Comexi 10893, una refiladora, una prensa hidráulica pequeña, una balanza, una planta de aire comprimido, entre otros elementos que permiten abastecer de los recursos necesarios para la elaboración de este tipo de productos plásticos.

Como base del plan de optimización se han considerado estudios relacionados tanto al tema de optimización de la producción como de distribución de la planta, entre los que se tiene; De acuerdo a Da Silva & Pasqualini (2016, pp.28-31), en su trabajo titulado El nivelamento da Produção de Componentes da colheiteadeira utilizando Quadros Heijunka Um estudo na empresa AGCO DO BRASIL afirma que: el objetivo del estudio fue implementar un cuadro Heijunka en el proceso de ensamblaje de kits de carros y analizar las mejoras resultante en el proceso productivo de AGCO de Brasil, Unidad de Santa Rosa, que permitió el adecuado movimiento de materiales dentro de las unidades de producción, la reducción de inventario y eficiencia en la mano de obra, eliminando de gran manera los recursos innecesarios y que no agregan valor a los productos e incrementando la productividad y la disponibilidad de materia prima en el momento adecuado y el cantidad adecuada.

Según Soria (2014, p.16), En su proyecto de titulación denominado Estudio de tiempos y movimientos y su incidencia en la productividad del proceso de confección de overoles en la empresa Álvaro jeans del cantón Pelileo, demuestra que: se logró mejorar la organización en los

puestos de trabajo, disminuyendo las demoras y permitiendo que el trabajo se realice de una forma eficiente y rápida evitando que el proceso tenga retrasos y que afecte al proceso productivo elevando la productividad de la empresa en 21%, mediante del estudio de tiempos y movimientos y la aplicación del método de distribución de planta S.L.P.

Estos como antecedentes de trabajos realizados en los temas de nivelación de procesos mediante el método Heijunka y distribución de planta aplicando la metodología S.L.P.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Actualmente la empresa Ambaflex no cuenta con un sistema de producción organizado, por lo cual se generan cuellos de botella o demoras en la sección de extrusión e impresión debido a los grandes volúmenes de material que se debe transformar, estos problemas afectan al tiempo de entrega del producto terminado causando en ocasiones una acumulación de stock tanto entre los procesos de sellado, corte y refilado. Otra de las razones de los retrasos de la producción son los tiempos elevados que requieren las extrusoras e impresoras para su arranque, retrasando el inicio de la producción.

Con un número de 14 estaciones de trabajo entre las cuales rotan los trabajadores, se identifican estos problemas en dos puntos importantes de la línea de producción, como son los 3 tipos de extrusoras (co-extrusora de tres ejes o tornillos, XP-61 de alta densidad y de baja densidad), esto desencadena que los tiempos varíen día tras día tanto por el número de productos disponibles como por la carga de trabajo distribuida para cada obrero. El otro punto en donde se generan retrasos para el arranque de su producción es en las dos impresoras industriales (4t-61000 y Comexi 10893) debido a las falencias señaladas anteriormente. Además, la ausencia de espacio disponible para el transporte de los operarios y de la materia prima no es suficiente por la cantidad de maquinaria y la ausencia de espacios dedicados para el almacenamiento dentro del área de producción por lo cual en su esfuerzo de mejorar la producción se requiere una optimización donde no se produzcan este tipo de problemas considerando los criterios del análisis de métodos y tiempos para generar una distribución de planta de producción disponible en el cantón Salcedo.

En el presente trabajo se desarrolla una optimización del sistema productivo siguiendo los parámetros que establece el método Heijunka y proponer una distribución para la nueva planta de la empresa Ambaflex mediante el método S.L.P. y eslabones.

### 1.3 Delimitación geográfica.

#### 1.3.1 Delimitación Actual

Actualmente la empresa se encuentra ubicada en el panamericano norte, sector de Unamучо, del cantón Ambato, con un área de trabajo de 397,01 m<sup>2</sup>.



**Figura 1-1.** Ubicación actual de la empresa “Ambaflex Cía. Ltda.”

Fuente: google maps, 2021.

#### 1.3.2 Delimitación Disponible

La nueva locación que dispone la empresa Ambaflex se encuentra en la Panamericana norte, sector San Miguel, del cantón Salcedo, con un área disponible para su producción de 760,32 m<sup>2</sup>.



**Figura 2-1.** Nueva ubicación de la empresa “Ambaflex Cía. Ltda.”

Fuente: google maps, 2021.

## **1.4 Beneficiario directos e indirectos**

### ***1.4.1 Directos.***

El beneficiario directo del plan de optimización de la producción mediante el método Heijunka será la empresa “Ambaflex Cía. Ltda.”, ya que con esto se establecerán parámetros adecuados a la producción que lleva la empresa, incrementando la producción y ofreciendo a sus trabajadores un área de labor más ordenada, precautelando el bienestar de los mismos.

### ***1.4.2 Indirecta.***

Indirectamente se favorecen los clientes externos debido a que los tiempos de entrega del producto se reducirán realizando las entregas de sus pedidos en un tiempo más corto y manteniendo la calidad.

## **1.5 Justificación**

### ***1.5.1 Justificación teórica***

La metodología Heijunka aplicado en el proceso de producción de láminas de polietileno cuyos resultados se muestran en diversos artículos científicos, trabajos de titulación e investigaciones realizadas en el fundamento teórico, esto permitió que en el área de producción se genere una contribución en varios campos de estudio como: estandarización de procesos, nivelación de producción, eficiencia productiva y distribución de planta, se resalta que el principal aporte creado fue una estandarización de procesos y nivelación de producción que disminuyó el tiempo de fabricación, además de un manejo adecuado de la carga laboral, también la distribución de la maquinaria de acuerdo al tipo de producción de la empresa conlleva a tener un flujo eficiente de producción.

### ***1.5.2 Justificación metodológica***

El desarrollo del presente proyecto técnico en el área de producción de plásticos de la empresa Ambaflex mediante la aplicación de herramientas y técnicas de ingeniería de métodos para la estandarización de procesos y la nivelación de producción, aplicando los criterios de ingeniería de plantas para el análisis y desarrollo de una propuesta óptima de distribución de su nueva locación, por la razón de que el método utilizado Heijunka se aplica a líneas de producción que

cuentan con una amplia variedad de productos y requiere de modificaciones en cortos periodos de tiempos, además del equilibrio de carga laboral que requieren los trabajadores en su jornada de trabajo, por otro lado el método de eslabones y S.L.P., se consideraron con el fin de aportar criterios de decisión para la reorganización de maquinaria que el método Heijunka requiere, contrastando perspectivas cuantitativos y cualitativos ajustados a la producción.

### ***1.5.3 Justificación práctica***

Mediante la aplicación del método Heijunka se determinó el ritmo apropiado que debe tener la producción en cada uno de sus puestos de trabajo, con lo cual disminuiría la variabilidad del proceso productivo en general, otorgando a los trabajadores un equilibrio en su carga laboral con el fin de incrementar su nivel de producción sin afectar la calidad de su producto.

La distribución apropiada de la planta utilizando el método de eslabones y S.L.P., otorgará una ruta correcta para el transporte del material ya que se eliminan los procesos que no aportan valor al producto y facilitando la movilidad tanto de los operarios como de la materia prima y terminada.

## **1.6 Objetivos**

### ***1.6.1 General***

Elaborar un plan de optimización del sistema de producción aplicando el método Heijunka y distribución de la planta Ambaflex cía. Ltda.

### ***1.6.2 Específicos***

- Diagnosticar el estado actual de la empresa en el área de producción de láminas de polietileno aplicando el estudio de métodos y tiempos con la ayuda de diagramas de operaciones, de flujo y recorrido, para identificar los elementos que intervienen en el proceso productivo.
- Diseñar un plan de optimización del sistema de producción en la planta Ambaflex mediante la estandarización y nivelación aplicando el método Heijunka.
- Elaborar una propuesta de distribución de la nueva planta de la empresa aplicando los criterios del método S.L.P., y eslabones.
- Evaluar las propuestas diseñadas mediante el análisis estadístico contrastando el estado actual de la empresa con los métodos proyectados para cuantificar el nivel de mejora.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Bases teóricas

##### 2.1.1 *Industria del plástico*

El término plástico proviene del griego *plásticos* y significa que puede ser moldeado por el calor. Los plásticos también son comúnmente llamados polímeros en virtud de que son productos orgánicos, a base de carbono, con moléculas de cadenas largas. En este sentido, existen tres categorías generales; plásticos naturales, plásticos semi sintéticos, plásticos sintéticos. (Gónora, 2014, p.6).

Los poliuretanos hacen una contribución importante para asegurar los suministros de alimentos a nivel mundial: aproximadamente el 95% de los refrigeradores del mundo están térmicamente aislados con espuma de poliuretano rígida. Esto significa mayores ahorros de energía y de costos en los hogares, así como una reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>. (PET technologies, 2018, pp.6-45).

La industria de bienes plásticos ha sufrido un continuo crecimiento en los últimos años, inducida por la reacción de la demanda interna, la mayor apertura lucrativa y el impacto positivo de la exigencia global sobre las exportaciones. Luego de un largo proceso de consolidación, las empresas del sector, en su mayoría, han mostrado una reveladora mejora en su situación financiera, convirtiéndose nuevamente en sujetos de crédito. Se espera que la industria continúe expandiéndose en el mediano plazo, ante el desarrollo de los mercados interno y externo. Asimismo, la presencia de empresas multinacionales en el mercado local ha estimulado la inversión en tecnología, aumentando la competitividad en los mercados externos y fomentando la variación de la producción. (UNENVIOMENT, 2018, pp.1-5).

##### 2.1.2 *Industria del plástico en el Ecuador.*

Hoy en día, vivimos en un entorno donde se usan productos de plástico a diario. Por ejemplo, según la Guía de la Industria plástica del Ecuador, aproximadamente el 50% de productos alimenticios son envasados con artículos de plástico y ayudan a que estos alimentos puedan

transportarse con mayor facilidad. En la agricultura, se emplea el plástico como cañerías para transportar el agua para el riego de nuevos campos. También se utilizan plásticos con características especiales para la cobertura de turbinas o en las aspas con las que se obtienen productos, artículos y piezas de este material.

En Ecuador, la industria de fabricación del plástico tuvo sus inicios alrededor del año 1931, desde entonces, este sector ha sido uno de los más dinámicos en la economía de nuestro país, principalmente por la presencia del plástico en actividades domésticas e industriales, tanto locales como vinculadas a mercados foráneos (por ejemplo, exportaciones primarias como las de banano, cacao y café, y en productos industrializados, principalmente alimentos y bebidas), llegando incluso a constituirse en algunos casos en la carta de presentación para una amplia variedad de productos, sin olvidar la facilidad, movilidad y seguridad de almacenamiento que los envases plásticos proporcionan. (Andrade et al., 2018, p.2).

La industria del plástico en Ecuador innova, investiga, genera empleo y exporta en medio de desafíos. De acuerdo con estadísticas de la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (Aseplas), el sector está compuesto por unas 600 empresas, de las cuales 120 pertenecen a la Asociación. Las empresas productoras se ubican en su mayoría en Guayaquil.

Según Aseplas, esta industria representa el 1,2% del PIB nacional, es decir cerca de USD 1 200 millones. Actualmente genera más de 19 000 empleos directos y 120 000 indirectos, según Alfredo Hoyos, presidente del gremio. Además, produce unas 500 000 toneladas anuales. (LÍDERES, 2018, p.1).

Para la producción de bienes plásticos en el Ecuador se debe promover la investigación, innovación de tecnología y desarrollo para la elaboración de bioplásticos y plásticos degradables, de igual manera se requiere la implementación de laboratorios abalados para la verificación de los polímeros y aditivos que facilitan la degradación, lo mismos que no generan impacto para el medio ambiente y por lo cual las unidades de educación superior pueden invertir en este tipo de estudios y proyectos. (Tapia, 2014, pp.19-5)

### **2.1.3 Fundas plásticas**

Las fundas plásticas son de uso común y cotidiano, mayoritariamente las utilizamos para transportar mercadería desde un comercio a nuestro hogar, de igual forma se puede observar su uso en empaques de productos lácteos, o en su uso para colocar diferentes tipos de desechos. Según su proceso y material de fabricación las fundas pueden soportar ciertos pesos.

El proceso general para fabricar una funda o bolsa de plástico empieza con la extrusión de resina, y puede ser por método de soplado o por medio de un dado; la impresión puede ser por el método de flexografía o de retrograbado. Si se realiza un laminado o barnizado es con otra capa de plástico y el final del proceso es el sellado el cual se lo realiza por medio de calor y presión.

Las fundas de plástico pueden ser de:

- Polietileno de alta densidad
- Polietileno de baja densidad
- Polipropileno
- Polímeros no biodegradables (Fajado, 2017, pp. 46-47).

#### 2.1.4 Clasificación de productos plásticos por el tipo de material

Los productos de origen plástico entre las cuales se encuentran las bolsas plásticas se clasifican de acuerdo al tipo de material como se presenta en la Tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Clasificación de los polímeros por su material, uso y características principales

Materiales	Usos principales	Características principales
<p style="text-align: center;">PET</p> <p style="text-align: center;"><b>Polietileno tereftalato</b></p>	<p>Envases para gaseosas, aceites, agua mineral; fibras textiles: laminados de barrera (productos alimenticios); envases al vacío; bolsas para horno; bandejas para microondas; cintas de video y audio; geotextiles (pavimentación/ camiones); películas radiográficas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Barrera a los gases</li> <li>● Transparente</li> <li>● Resistencia al rasgado, punzura y fractura</li> <li>● Liviano</li> <li>● Impermeable</li> <li>● No tóxico</li> <li>● Inerte</li> </ul>
<p style="text-align: center;">PEAD</p> <p style="text-align: center;"><b>Polietileno de Alta densidad</b></p>	<p>Envases para detergentes, aceites automotores, shampoo, lácteos; bolsas comerciales; cajas; cubetas; tambores; tubería para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario; macetas; bolsas tejidas, industria médica y usos en la agricultura (acolchados, invernaderos, ollas de agua, etc).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Resistente a bajas temperaturas</li> <li>● Resistencia al rasgado, punzura y fractura</li> <li>● Liviano</li> <li>● Impermeable</li> <li>● Inerte</li> <li>● No tóxico</li> <li>● Excelente brillo y alta resistencia química</li> </ul>
<p style="text-align: center;">PVC</p> <p style="text-align: center;"><b>Policloruro de Vinilo</b></p>	<p>Envases; perfiles para marcos de ventanas, puertas; tubos para desagües y de redes de agua potable; mangueras; blíster para</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ignífugo</li> <li>● Resistente a intemperie y corrosión</li> <li>● Transparente</li> <li>● No tóxico</li> </ul>

	medicamentos, pilas; envolturas para golosinas; películas flexibles para envasado (carnes y verduras); cables; juguetes, catéteres; bolsas para sangre y plasma; pisos; recubrimientos, electrodomésticos y computadoras; placas para muebles	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inerte</li> <li>● Buenas propiedades de permeabilidad</li> <li>● Resistencia al impacto</li> <li>● No se ataca por bacterias, insectos u hongos</li> </ul>
PEBD <b>Polietileno de baja Densidad</b>	Películas para empaque; bolsas de uso industrial y comerciales: bolsas tejidas, industria médica y usos en la agricultura (acolchados, invernaderos, ollas de agua, etc.).	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Resistente a bajas temperaturas</li> <li>● Resistencia al rasgado, punzura y fractura</li> <li>● Liviano impermeable</li> <li>● Inerte</li> <li>● No tóxico</li> <li>● Excelente brillo y alta resistencia química</li> </ul>
PP <b>Polipropileno</b>	Película (alimentos y golosinas), bolsas de rafia tejidas, envases industriales, hilos, cabos, cordelería, tubería para agua fría y caliente, cajas, cubetas, sillas y mesas, telas no tejidas (pañales desechables), alfombras, cajas de baterías y autopartes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inerte</li> <li>● Resistente a la temperatura</li> <li>● Barrera a los aromas</li> <li>● Impermeable</li> <li>● Resistencia al rasgado, punzura y fractura</li> <li>● Brillo</li> <li>● Liviano</li> <li>● Transparente en películas</li> <li>● No tóxico</li> <li>● Alta resistencia química</li> </ul>
PS <b>Poliestireno</b>	Botes para lácteos, helados, dulces; envases varios, vasos, platos, cubiertos, charolas de supermercado y rosticería, hieleras, contrapuestas y anaqueles, envases, máquinas de afeitar desechables, juguetes, casetes, blíster, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Brillo</li> <li>● Ignífugo</li> <li>● Liviano</li> <li>● Impermeable</li> <li>● Inerte y no tóxico</li> <li>● Transparente</li> <li>● Fácil limpieza</li> </ul>
Otros plásticos <b>Incluye una gran variedad de plásticos como: Policarbonato (PC), Poliamidas (PA), Poliuretano (PU), Acrílicos (PMMA), ABS, SAN, EVA, PLA, etc.</b>	Autopartes, chips, carcasas de computación, teléfonos, celulares y electrodomésticos en general, CD, accesorios náuticos y deportivos, piezas para ingeniería aeroespacial, artículos para medicina, farmacología y cosmetología, botellones de agua, indumentaria, muebles, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Resistentes a la corrosión</li> <li>● Flexibilidad</li> <li>● Livianos</li> <li>● No tóxico</li> <li>● Gran resistencia a altas temperaturas,</li> <li>● propiedades mecánicas y productos</li> </ul>

		● químicos
--	--	------------

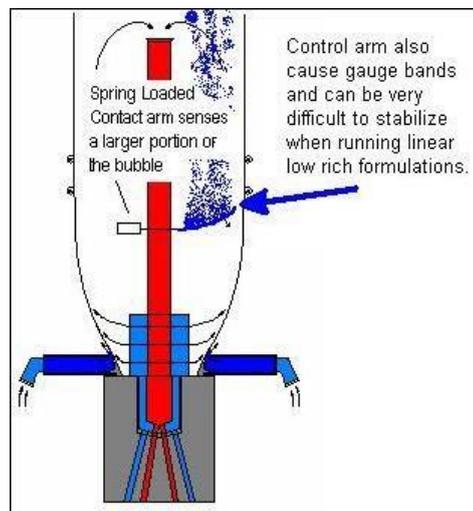
Fuente: Cambiotec, 2018.

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 2.1.5 Enfriamiento en el interior de la burbuja

El tipo de enfriamiento usado para el material extruido es un parámetro esencial en el proceso ya que afecta principalmente la productividad de la línea, dependiendo principalmente de la geometría del anillo, la fuente de aire para el enfriamiento, la temperatura de extrusión y el enfriamiento interno que puedan tener algunas líneas.

El enfriar el interior de la burbuja mediante un sistema IBC (interior bubble cooling), ayuda a la producción mejorando su productividad en un 25 a 50% debido al enfriamiento adicional que puede ser aplicado al soplado de la burbuja sin afectar la estabilidad de la burbuja, ya que se considera solamente como una recirculación del mismo aire contenido dentro de la burbuja, como se muestra en el Gráfico 1-2. (Callari, 2019, pp.62-66)



**Gráfico 1-2.** Sistema de enfriamiento IBC

Fuente: Callari, 2019.

## 2.2 Método Lean Manufacturing

La metodología Lean es considerada como un sistema el cual dispone de muchas dimensiones cuyo objetivo principal es la eliminación de desperdicios apoyándose en la aplicación de varias técnicas. La aplicación de la metodología Lean supone un cambio cultural a lo largo de toda la

organización empresarial en la cual se desea implementar y requiere de un alto compromiso por parte de la dirección de la compañía.

Las técnicas relacionadas con la metodología Lean Manufacturing para la mejora continua son variadas, entre las cuales tenemos:

- Las 5 S
- Control total de calidad
- Círculos de control de calidad
- Sistemas de sugerencia
- SMED
- Disciplina en el lugar de trabajo
- Mantenimiento productivo total
- Kanban
- Nivelación equilibrada
- Just in time
- Cero defectos
- Actividades en grupos pequeños
- Mejoramiento de la productividad
- Autonomación (Jidoka)
- Técnicas de gestión de calidad
- Detección, prevención y eliminación de desperdicios
- Orientación al cliente
- Control estadístico de procesos
- Benchmarking
- Análisis e ingeniería de valor
- TOC (teoría de las restricciones)
- Coste basado en actividades
- Seis sigma
- Mejoramiento de la calidad
- Sistema matricial de control interno
- Cuadro de mando integral
- Presupuesto mase cero
- Organización de rápido aprendizaje
- Despliegue de la función de calidad
- AMFE
- Ciclo de Deming
- Función de pérdida de Taguchi

Por otro lado, existen principios los cuales son los más frecuentes y asociados al sistema, desde la perspectiva del factor humano y la manera de trabajar y pensar, son; trabajo en la planta y comprobar las cosas in situ, formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen, interiorizar la cultura de “parar línea”, identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios, etc., a estos principios se deben añadir los relacionados con escalas operacionales y sus procesos de uso como son; crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie, utilizar el sistema “Pull” para evitar la sobreproducción, reducción del ciclo de fabricación y diseño, etc. (Hernandez & Idoipe, 2013, p.108).

### **2.2.1 Metodología 5’s**

La metodología 5’s es una herramienta de Lean Manufacturing que permite estandarizar y establecer un orden, limpieza y organización en los puestos de trabajo, se utiliza para mantener un buen ritmo y calidad de entorno laboral.

Esta metodología consiste en desarrollar actividades de orden, detección de anomalías en el puesto de trabajo que, al ser sencillas, permiten la participación de todas las personas ya sea a nivel individual o grupal.

Al determinar las falencias en los diferentes niveles de esta metodología, se puede proceder a mejorar el ambiente de trabajo, la seguridad del personal y equipos, y aumentar la productividad.

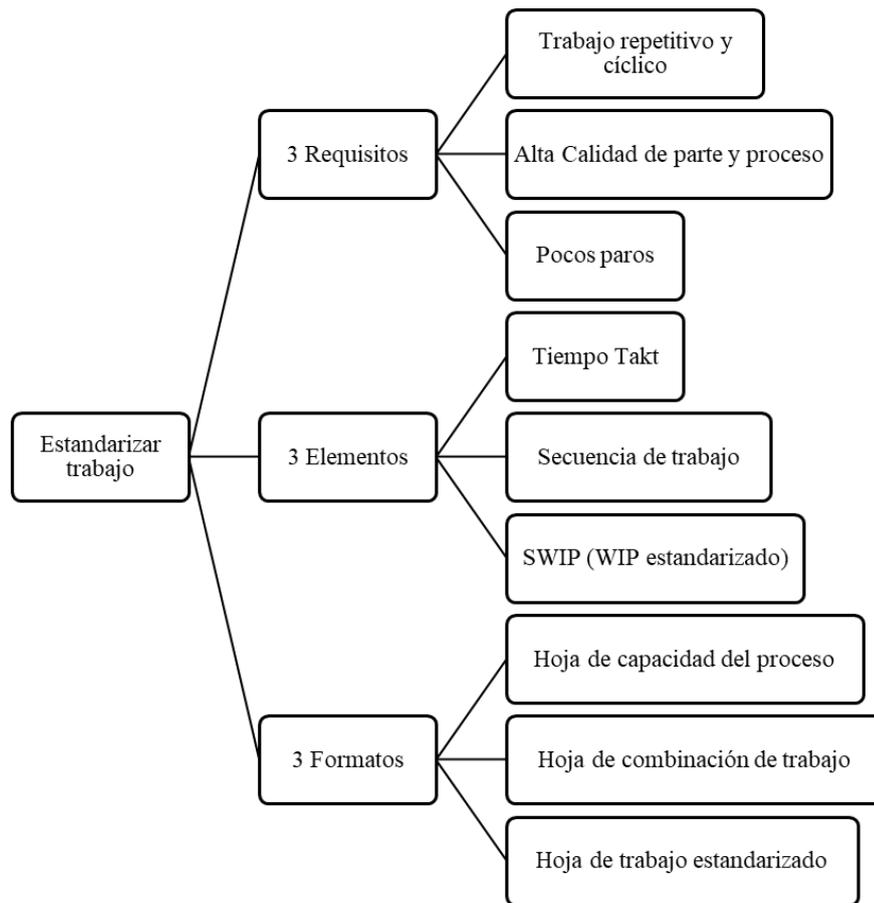
1. El nombre de la metodología de las 5's, proviene de los términos japonés de los cinco elementos
2. básicos del sistema:
3. Seiri (clasificación). Clasificar y mantener solo lo necesario dentro del área de trabajo, lo que no lo es, eliminarlo.
4. Seiton (orden). Cada elemento debe tener un sitio específico, de esta forma se puede ubicar y utilizar fácilmente
5. Seiso (limpieza). Eliminar restos o suciedad y mantener limpia cada área de trabajo, de tal manera que no se encuentre polvo tanto en pisos, máquinas y equipos.
6. Seiketsu (estandarizar). Lograr que los procedimientos, actividades y prácticas en las 3 etapas anteriores se realicen de manera regular para garantizar un alto estándar en el área de trabajo.
7. Shitsuke (disciplina). El personal debe tener el compromiso para que las actividades de las 5's se conviertan en un hábito. (Jara, 2017, p.170)

### **2.2.2 Estándar**

Los estándares son resultados obtenidos posterior a la toma de tiempos de producción o la medición del trabajo, esta práctica tiene como finalidad alcanzar un tiempo definido necesario para concluir cada tarea de un proceso, basándose en las mediciones adquiridas, considerando adicionalmente los tiempos suplementarios en fatiga, descansos, tiempo de comida, etc., para lo cual se cuenta con diversas técnicas como: estudio de métodos y tiempos, datos estándares, pronóstico con base a datos históricos y muestreo del trabajo, estos métodos se pueden aplicar a cada uno de los puntos de manufactura, y los mismos tiene la capacidad de adaptarse al estudio en cuestión. (Velásquez, 2018, p.145)

#### **2.2.2.1 Estandarización de procesos**

Los criterios de estandarización de trabajos se clasifican de la siguiente manera según indica el Gráfico 2-2.



**Gráfico 2-2.** Criterios de estandarización

**Fuente:** Vera, 2015.

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

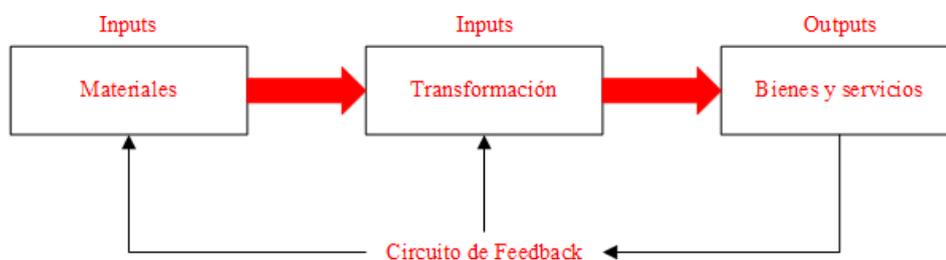
#### 2.2.2.2 *Procesos productivos*

El proceso de producción es un conjunto ordenado de trabajos fundamentales y obligatorios para la elaboración de un resultado. Cada punto de procesamiento cuenta con límites claros y conocidos, que parten con un requerimiento específico de un cliente (interno o externo), el mismo que culmina al momento de saciar la necesidad presentada. El gráfico 2-2 representa la secuencia del proceso productivo.

Entre los elementos de los procesos se encuentran:

- **Requerimientos del cliente:** es el resultado que el consumidor espera al culminar con el trabajo. Las exigencias de salida de un proceso determinan los requerimientos de entrada del siguiente. Los requerimientos deben formularse de una manera objetiva.

- **Entradas:** son los elementos requeridos para que se lleve a cabo el proceso. Con el fin de determinar la interrelación de los procesos se deben conocer los procesos anteriores (proveedores internos y externos). Las entradas de un proceso indican los criterios de aceptación del producto. Estas entradas se pueden clasificar entre físicas (materia prima, documentos, etc.), humanos (personal) o técnicos (información, etc.).
- **Salidas:** las salidas deben constar de la calidad exigida por el esquema del proceso. Así mismo las salidas de cada proceso pueden ser productos, materiales, información, recursos humanos, servicios, etc.
- **Recursos:** son los medios y requisitos necesarios para desarrollar el proceso.
- **Propietarios:** son los responsables de llevar los procesos según los lineamientos definidos, además de controlar la estabilidad del mismo. También son los responsables de supervisar los indicadores de cada proceso para identificar si está o no bajo control con el fin de establecer objetivos de mejora.
- **Indicadores:** es un sistema medible por el cual se controla el funcionamiento del proceso y el nivel de satisfacción del usuario, además de ser la base para la toma de decisiones de mejora y optimización de procesos.
- **Cliente:** son quienes utilizan la salida del proceso, estos pueden ser internos o externos. (Rivera, 2014, p.57)



**Gráfico 3-2.** Secuencia del proceso productivo

**Fuente:** Montoyo & Marco, 2012.

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 2.2.2.3 Importancia de la estandarización en procesos industriales

Con el fin de generar un producto para un cliente, este atraviesa por un conjunto de fases conocidas como procesos industriales, partiendo de la recepción de materia prima, seguido de la transformación y finalizando con el consumo (Palacios, 2016, p.60).

El propósito de los procesos industriales es que, mediante el aprovechamiento en su máxima expresión de los recursos naturales, mejorar la calidad de vida de los seres humanos. (Kuzu, 2020, p.198).

#### 2.2.2.4 *Las ventajas de la estandarización de procesos*

Según Martin Andino (2012, p.142), las ventajas de la estandarización de procesos son:

- Para el cliente.
  - Menores niveles de inventario
  - Mayor rotación
  - Mejores tasas de servicio (menores rupturas)
- Para el suministro.
  - Menores costes de producción (programación más fácil y predecible)
  - Calidad más adecuada al mercado
  - Mejor información sobre las tendencias del mercado (se consigue información de primera mano)
- Para ambas partes.
  - Mayor grado de competitividad al aumentar la eficiencia de los agentes de la cadena logística (costes, servicio, flexibilidad)
  - Se comparten riesgos (esto es un acicate para la mejor mutua, el camino hacia la excelencia, que no se da cuando se opera de manera independiente)

#### 2.2.2.5 *Métodos y tiempos*

La ingeniería de métodos se ocupa de integrar al ser humano en el proceso de producción, ya sea de artículos o servicios. Esto consiste en encontrar un puesto adecuado en el cual una persona pueda desempeñar sus tareas encomendadas de manera efectiva. La ingeniería de métodos comprende desde el gerente hasta el último trabajador de la empresa.

Su importancia radica en el desempeño efectivo por parte del personal en cada tarea, ya que se consideran los costos de contratar, capacitar y entrenar.

La ingeniería de métodos comprende el estudio del proceso de fabricación o prestación del servicio, el estudio de movimientos y el cálculo de tiempos.

- Dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas
- Cómo puede una persona desempeñar más efectivamente las tareas que se le asignan.
- Qué método debe seguir y cuál debe ser la distribución de materiales, herramientas, accesorios y equipos en la estación de trabajo.

- Aprovechamiento de equipos, por cuanto la inversión en los mismos es cada vez mayor.
- Eliminar toda clase de desperdicios en materiales, mano de obra, espacios, recursos económicos y financieros, etc. (Palacios, 2016, p.119).

### Estudio de Tiempos

El estudio de tiempos consiste en determinar el tiempo normal que requiere un operario para desarrollar una tarea o trabajo, tomando en cuenta que debe estar: entrenado y calificado, dotado con herramientas apropiadas, bajo condiciones ambientales normales, a una marcha de trabajo normal.

El estudio de tiempos es utilizado para determinar el tiempo estándar que corresponde a una persona competente para realizar una tarea o trabajo a marcha normal.

Las razones que hacen necesario tener estimaciones de tiempo son:

- Las compañías deben cotizar a un precio competitivo.
- Para hacer una oferta se debe estimar el tiempo y costo de manufactura.
- Establecer un programa de fabricación.
- Evitar tiempos ociosos de máquinas y operarios.
- Cumplir las fechas de embarque a los clientes.
- Planear la llegada de las materias primas.
- Realizar mantenimiento de equipos, instalaciones, orden y aseo de las plantas. (Palacios, 2016, p.128).

### Número de observaciones

El cálculo del número de observaciones es el principal proceso para el estudio del estado actual de cualquier empresa, ya que de esto depende en gran medida el nivel de confianza del análisis. Para esto se cuenta con dos métodos muy aplicados como son: el método estadístico y el método tradicional, a pesar de que los dos se orientan a realizar la misma acción que es comprobar la fiabilidad de las mediciones tomadas, se puede considerar al método estadístico como el más técnico, el mismo que se rige bajo la siguientes formula:

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (1)$$

En donde:

$n$  = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)

$n'$  = Número de observaciones del estudio preliminar

$\Sigma$  = Suma de los valores

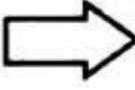
$x$  = Valor de las observaciones. (Salazar, 2019, p.44).

#### 2.2.2.6 Representación gráfica de los métodos de trabajo

- Diagrama de operaciones: esta muestra la serie encadenada de todas las operaciones que se registran dentro de las líneas de producción, además de los movimientos de entrada de materia prima considerando también los materiales que se emplean en el proceso de fabricación.
- Diagrama de flujo: su función es identificar métodos ocultos no productivos como distancias recorridas, demoras y almacenamientos temporales que disminuyen el margen de producción, pero al ser revelados pueden ser tratados con el fin de minimizarlos.
- Diagrama de recorrido: esta se puede definir como la representación en planta del diagrama de procesos, tiene como finalidad describir el proceso de producción señalando tanto las actividades de cada puesto de trabajo como el recorrido del mismo mediante el uso de líneas entrecortadas, este tipo de diagrama cuenta con dos tipos; tipo materia y hombre, los cuales constituyen el proceso según el tratamiento del material y las actividades de cada operador respectivamente. (Otero, 2017, p.73).

Según Palacios (2016, p.122) dice que: con el fin de facilitar el análisis del proceso de fabricación se opta por el uso de diagramas simplificados que trabajan con lenguajes y símbolos que incluyen varios conjuntos y estándares de elementos para describir de una forma más rápida y eficiente las actividades de un proceso productivo como se muestra en la siguiente Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Simbología para los diagramas de operaciones, flujo y recorrido.

Tipo de operación	Simbología	Descripción
Operación		Sucede cuando un elemento cambia su estructura física o química de forma intencional, cuando el objeto es montado o desmontado junto con otro.
Inspección		Esta acción se presenta al momento de realizar un registro u observación para determinar la conformidad de acuerdo a los estándares tanto de calidad como de cantidad.
Transporte		La dirección hacia la cual apunta la flecha indica el sentido del movimiento del material, esto sucede al momento de que un operario cambia de ubicación un material, sin embargo, no se consideran cuando el traslado se realiza dentro de una operación o inspección.
Almacenaje		Eso sucede cuando el objeto se resguarda para evitar un traslado y en caso de ser necesario se requiere de una orden.
Demora		Ocurre en el momento cuando las condiciones físicas o químicas del material no cambian por cuestiones externas al tratamiento de la materia prima.
Actividad combinada		Sucede cuando se necesita incluir otra actividad a la operación realizada.

Fuente: Palacios, 2016.

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### **2.2.3 Optimización del proceso**

Optimizar un proceso es asignar o utilizar todos los recursos que intervienen en el mismo para mejorarlo de una manera más efectiva posible. (Fonseca, 2016, p.174).

Etapas o pasos en la optimización de procesos:

- Identificación
- Descripción
- Análisis
- Identificación de áreas problema y sus soluciones
- Rediseño
- Aplicación/implementación
- Evaluación. (Bergholz, 2011, p.52).

### **2.2.4 Análisis de valor agregado**

El análisis de valor agregado (AVA) es una técnica diseñada para la evaluación de la eficiencia de un proceso desde el criterio del valor que cada paso añade al producto final, disminuyendo el desperdicio ocasionado por actividades innecesarias o que no le suman valor al elemento.

El objetivo de este análisis es eliminar los procesos o tareas que no agreguen valor al producto, y modificar las acciones que no pueden ser anuladas con el fin de ejecutarlas de una forma más eficiente y que implique un menor costo o consumo.

Entre los componentes de este análisis se tiene:

Actividad de valor agregado para el cliente (VAC): son actividades por las cuales el cliente se encuentra dispuesto a pagar.

Actividades de valor agregado para la empresa (VAE): se las conoce como actividades sin valor agregado para el cliente y son los resultados del beneficio brindado al cliente.

Actividad sin valor agregado (SVA): son aquellas que no generan valor ni para el cliente ni para la empresa:

- Actividad de preparación (P)
- Actividad de Inspección (I)

- Actividad de espera (E)
- Actividad de movimiento (M)
- Actividad de archivo (A)

Para lo cual se tiene la siguiente fórmula.

$$IVA = \left( \frac{TVA}{TT} \right) * 100 \quad (2)$$

En donde:

TVA: Tiempo de valor agregado

TT: Tiempo total (del proceso)

IVA: Índice de valor agregado

Y sus criterios de análisis son:

Si  $IVA \geq 75\%$  entonces PROCESO EFECTIVO

Si  $IVA \leq 75\%$  entonces PROCESO NO EFECTIVO (Dávila, 2014, p.9).

### **2.2.5 Productividad**

Se considera a la productividad como una de las percepciones más significativas para el estudio de los procesos económicos actualmente, debido a que es primordial para el crecimiento económico de los países. La productividad va de la mano de dos términos muy bien conocidos como son eficiencia y efectividad, esto ya que la eficiencia se refiere al desempeño y la eficacia a la utilización de los recursos, por ende, estos términos estudian tanto la relación entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada, así como es el grado de satisfacción ante los objetivos planteados. (Velásquez, 2018, p.166).

Debido a que la productividad está fuertemente ligada al tiempo de producción y a los costos que esto conlleva, por esto se puede considerar que una producción cuya necesidad de tiempo es demasiado significativa, no se puede considerar como una buena solución. Por esta razón se consideran las cantidades adecuadas, el costo unitario de producción, el tiempo de procesamiento y la calidad son relacionados para tener un criterio cuantitativo de lo que es una producción bien fundada. (Mejía, 2013, p.3).

$$\text{productividad combinada costo y tiempo} = \frac{\text{cantidad producida}}{(\text{costo incurrido} \times \text{tiempo incurrido})} \quad (3)$$

### 2.2.6 Eficiencia productiva

Para medir la eficiencia de un proceso productivo se cuenta con varios criterios a considerar, por ejemplo, cuando se dice que el proceso es muy eficiente cuando tiene una productividad elevada, esto se justifica con grandes resultados (outputs) por unidad de consumo (inputs). También se puede considerar eficiente al momento de producir con una calidad muy alta por lo que el volumen de desperdicio disminuye ya que todas las unidades son aprovechadas y el gasto de posventa en ínfimo. De igual manera se llama eficiente al proceso cuyos costos de producción son bajos. Tomando el mismo criterio anterior sería correcto decir que es muy eficiente porque el ciclo de respuesta ante un pedido es sumamente corto. Finalmente se toma como una producción eficiente cuando el equipo utilizado para la fabricación es de bajo costo y requiere poco mantenimiento. (Carro & González, 2012, pp.2-10)

$$\text{Eficiencia productiva} = \frac{\text{Resultado real alcanzado}}{\text{Resultado esperado}} * \frac{\text{tiempo real invertido}}{\text{tiempo previsto}} \quad (4)$$

Los campos que integran la eficiencia productiva se encuentran:

- Utilidad de la máquina: se define como la relación entre el tiempo de ciclo por unidades entrantes y el tiempo operático de trabajo de la máquina.
- Rendimiento hora hombre: se representa como la relación entre la producción del operario y el tiempo de trabajo del mismo.
- Rendimiento de horas máquina: se denomina como la relación entre el tiempo total de trabajo de la máquina y su producción. (Obando & Acurio, 2015, pp.72-73).

### 2.2.7 Diagrama PERT/CPM.

El método PERT CPM cuyo significado res (Project evaluation and review Technique) y (Critical patch method), se trata de una técnica que permite realizar la optimización del desarrollo y la ejecución de un proyecto complejo analizando previamente todas y cada una de las actividades que lo conforman y se encuentran ligadas temporalmente. El diagrama PERT se considera como una derivación de la teoría gráfica o de redes ya que su representación y análisis se realiza mediante un grafo. Por lo tanto, el diagrama PERT se enfoca en el estudio de las relaciones de

dependencia entre las actividades y las situaciones del proyecto que se busca configurar con el fin de optimizar.

El análisis del método PERT otorga posteriormente una vista de lo que se conoce como un camino crítico al cual se lo trata por medio del análisis CPM, por lo cual estos dos métodos se encuentran íntimamente ligados, de forma resumida son dos técnicas que permiten planificar, programar y coordinar las diferentes actividades de un determinado proyecto, reduciendo la incertidumbre de quien debe tomar la decisión y otorgándole indicadores de puntos críticos que no crean repeticiones innecesarias o trabajo que no generan valor agregado al producto. (Piñeira, 2016, pp.273-274).

### **2.2.8 *Diagrama de actividades múltiples***

El diagrama de actividades múltiples se define como un gráfico en el cual se registran y detallan las actividades realizadas para varios objetos de estudio en su determinada estación de trabajo, tales como maquinaria, equipos y operarios, según una escala de tiempo común para demostrar la correlación que existe entre estos.

Con la aplicación de este método de estudio se podrá analizar y mejorar el método de trabajo y balancear el tiempo asignado entre el trabajo y el equipo usado para realizarlo.

Entre los beneficios de este tipo de diagramas se tiene que:

- Sirve para recopilar información referente a las diferentes actividades que se realizan en determinadas operaciones.
- Aporta con el diseño de una mejor utilización de la maquinaria y equipos disponibles
- Permite constituir el ajuste de máquinas adicionales en el caso de que dos equipos sean atendidos por un mismo operario. (López, 2018, p.79).

### **2.2.9 *Análisis de carga laboral en el trabajo***

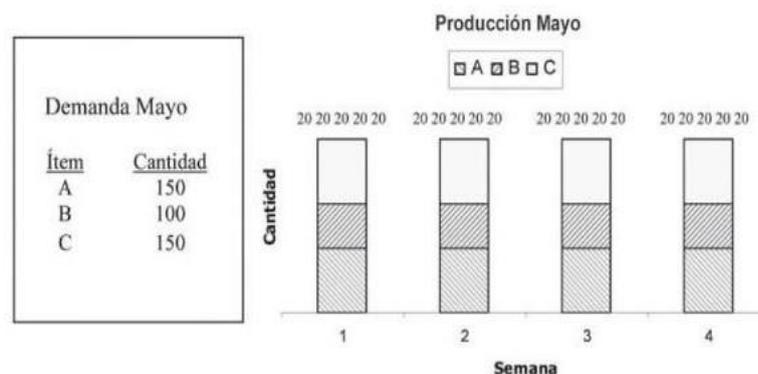
La carga laboral se denomina como la cantidad de actividades que le son asignadas a cada operario perteneciente a una cadena productiva en el lapso de su jornada laboral, por lo que se hace necesario la medición de las actividades y los tiempos que implican realizarlas con el fin de otorgar parámetros de organización a la entidad para posteriormente determinar su eficiencia, productividad y la satisfacción laboral del personal encargado de realizarlo. (Galvis, 2017, p.211).

Para la determinación del porcentaje de utilización del trabajo del hombre se aplica la siguiente fórmula:

$$Carga\ laboral\ (\%) = \frac{Tiempo\ de\ trabajo\ del\ hombre}{Tiempo\ de\ ciclo} \times 100 \text{ (11)} \text{ (Silva, 2013, p.12).}$$

### 2.2.10 Método Heijunka.

También conocido como producción nivelada, esta técnica se enfoca en adaptar la producción a la demanda fluctuante del cliente, creando una relación en toda la cadena de producción, desde los proveedores hasta los clientes. La idea de este método de producción es trabajar con lotes pequeños de muchos modelos, libres de cualquier defecto, en periodos cortos de tiempo con cambios rápidos, dejando un lado la producción de lotes grandes de un modelo detrás de otro como se representa en el siguiente gráfico 4-2.



**Gráfico 4-2:** Sistema de producción nivelado de Lean Manufacturing

Fuente: Buenaventura, 2014.

Heijunka se denomina como una metodología enfocada en la planificación y nivelación de la demanda de clientes tanto en volumen como en variedad en un lapso de un día o turno de trabajo. En el caso de no haber mucha variedad o nula del tipo de producto que ofrece la empresa, posiblemente no sea necesaria la aplicación de este método. Mediante haya un progreso de la producción hacia los pequeños lotes o hacia un flujo continuo pieza a pieza, los valles y las puntas tienen un mayor peso en la demanda programada, es decir, los pedidos cuyo volumen es mayor, es difícil de gestionar, como se indica en el siguiente gráfico 5-2. De la variación de la demanda en un proceso productivo.



**Gráfico 5-2.** Variación de la demanda en un proceso productivo

**Fuente:** Buenaventura, 2014

El concepto de este método puede ser la base para la implementación de un sistema Pull en una fábrica. El método Heijunka habla de forma equitativa de la producción, distribuyendo la producción en unidades dependiendo del volumen o la variedad de artículos a fabricar. Este tipo de gestión práctica necesita de una buena comprensión de la demanda y las consecuencias de esta demanda en los puestos de trabajo, para lo cual se requiere del conocimiento de los principios de estandarización y estabilización. (Buenaventura, 2014, p.18).

### 2.2.10.1 Origen de la metodología Heijunka

Heijunka es una palabra de origen japonés cuya traducción significa Nivelación (hey-june-kuh). Para el sistema lean, este método representa la nivelación de la producción, mejora del flujo de un proceso ajustándose de mejor manera a la demanda del cliente, reduciendo desperdicios, y eliminando los criterios de producción por lotes. Esto se representa en el siguiente Gráfico 6-2. de las herramientas con las que cuenta Lean.



**Gráfico 6-2.** Herramientas con las que cuenta Lean.

**Fuente:** Salazar, 2019

Al momento de implementar correctamente el método Heijunka en el proceso de producción trae beneficio como, por ejemplo:

- Minimiza la sobreproducción.
- Implementa completamente el sistema Pull.
- Minimiza los inventarios de producción en proceso y terminado.
- Minimiza los costos de oportunidad.
- Sincroniza el uso de capital de trabajo y la tasa de facturación. (Salazar, 2019b, p.130)

### 2.2.10.2 Herramientas de la metodología Heijunka para su implementación

Según menciona que: este sistema radica en añadir las siguientes herramientas:

1. **Células de trabajo:** Un requisito para arrancar con el sistema Heijunka es crear un flujo de planta. Para esto, se debe implementar un sistema en el cual la maquinaria esté en función del flujo del producto, con el fin de mejorar los tiempos. Estas células de trabajo facilitan el flujo continuo de manera flexible, liberando los procesos de fabricación uno detrás de otro.
2. **Flujo continuo pieza a pieza:** Busca optimizar el nivel de inventario y el flujo del producto dependiendo de la demanda, es decir, jamás realizar más operaciones o productos de lo solicitado por el cliente. Para realizar esto se debe configurar toda la cadena logística, agregando estrategias con proveedores, socios y todos los involucrados.
3. **Producción ajustada al takt time:** Este indicador de frecuencia de compra de los clientes se mide en segundos. Esta herramienta se inclina a generar una producción adaptada a las expectativas de los clientes para determinar el ritmo de producción. Se calcula de la siguiente forma:

$$\text{T tiempo takt} = \frac{\text{tiempo disponible}}{\text{demanda}} \text{ (5)}$$

4. **Cálculo del Pitch:** Se define como la cantidad de piezas a producir por unidad de tiempo, partiendo del takt time necesario para que el trabajo se desenvuelva de manera equilibrada, sin embargo, en volúmenes considerablemente altos el pitch debe estar 12 y 30 minutos, esto dependiendo del requerimiento del cliente, para esto se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Pitch} = \text{takt time} \times \text{Cantidad de unidades en el paquete} \text{ (6)}$$

5. **Nivelación de cantidad de producción:** La finalidad de este punto es disminuir la diferencia que existe entre la producción de un periodo y el siguiente. Lo ideal es producir una misma

cantidad de producto en una determinada época en donde la demanda es similar. Para esto se utiliza una matriz comparativa, en donde se puede ordenar todas las cifras de la producción (tiempo de demora, capital humano asignado, etc.), para esto se debe establecer una secuencia o ritmo de producción tomando el valor más bajo del pitch para distribuir en el tiempo total de producción al día, con incremento uniforme dependiendo del producto a fabricar. (Giménez, 2019, pp. 45-46).

**Tabla 3-2:** Establecimiento del ritmo de producción.

Horas trabajadas	<b>Acción a realizar</b>
<b>Inicio de Turno de Trabajo</b>	
<b>Incremento según el pitch</b>	
<b>Fin del turno de trabajo</b>	

**Fuente:** Giménez, 2019.

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 2.2.10.3 Heijunka y la estandarización de procesos industriales

En la constante búsqueda de hacer que el producto fluya más suavemente y en lotes cada vez más pequeños se llegó a Heijunka, que en esencia implica replicar las proporciones de la mezcla de productos en el intervalo más pequeño posible. El ideal es la producción y movimiento de una unidad de producto a la vez (one piece flow). Esta producción suavizada genera más movimientos de materiales, por lo que la infraestructura de manejo de materiales debe adaptarse a esta realidad para evitar un desbordamiento de costos por este concepto. (Salas, 2017, p.17).

## 2.3 Distribución de planta.

Se considera la distribución de planta como la disposición de los recursos disponibles en una empresa, en el espacio de trabajo.

Todo tipo de distribución en planta está íntimamente ligado al tipo de sistema productivo con el que cuenta la empresa. De forma más específica se refiere a la variedad y el volumen necesario para la correcta producción. Por otro lado, no es simplemente la variedad y el volumen de la producción, sino que también, es necesario determinar las rutas que seguirán los productos, los servicios adicionales necesarios y la evolución que tendrá la empresa en un tiempo esperado.

Para esto se necesita conocer el tipo de proceso que sigue la materia prima con el fin de elegir el método apropiado para su distribución, entre los cuales tenemos:

- **Distribución en planta por posición fija:** es aquella distribución en donde el material a ser transformado se mantiene estático, y los recursos con los que cuenta la empresa como Maquinaria, personal y materiales se acercan para realizar el trabajo.
- **Distribución en planta por producto:** este tipo de distribución es en la cual los recursos se prestan de tal forma que los productos a lo largo de su recorrido por los recursos transitan por una ruta definida.
- **Distribución en planta funcional:** es en la cual los recursos se sitúan dependiendo de los trabajos y actividades necesarias para transformar la materia. Por consiguiente, la materia prima viaja de un área o celda de trabajo hacia otra.
- **Distribución en planta híbrida:** partiendo del criterio de eliminar los inconvenientes que producen cada uno de los tipos de distribuciones, nació la distribución híbrida la cual está basada en la distribución en planta en células de trabajo. (Garcia, 2020, pp.5-6).

Como primer paso al realizar una distribución o redistribución de planta es indispensable es el cálculo de superficie necesaria para su aplicación según las siguientes fórmulas:

$$Sg = Ss \times N \text{ (8)}$$

$$Se = (Ss + Sg)(K) \text{ (9)}$$

$$St = Ss + Sg + Se \text{ (10)}$$

En donde:

$Ss$ = Se le denomina a la superficie estática (Corresponde a los muebles, máquinas e instalaciones).

$Sg$ = Se conoce a la superficie gravitacional (pertenece a la superficie necesaria para el trabajo de los operarios y el acopio de materia prima previa a la transformación).

$Se$ = Se conoce a la superficie de evaluación (Superficie necesaria para el transporte entre maquinaria del personal y materia prima).

$K$ = Coeficiente constante (este puede variar entre 0.05 y 3 según la razón de la empresa)

$St$ = superficie total (sumatoria de la superficie estática, de evaluación y gravitacional) (Salazar, 2019c, p.12).

### 2.3.1 Metodología de distribución de planta

Existen varios factores que influyen en una buena distribución de planta como son:

- **El peso, volumen y movilidad del producto:** El hecho de tener un material que sea más fácil o difícil de manejar influye de gran forma en la distribución, lo apropiado es disminuir el número de movimientos que se debe hacer con el mismo.
- **Complejidad:** Por otro lado, tenemos la complejidad con la que cuenta el tipo de producto a elaborar, si tiene muchas piezas o pocas para su ensamble. Siendo el caso que el material sea demasiado complicado, conviene tener un espacio reducido que disminuya el número de movimientos que debe realizarse, caso contrario se considera lo opuesto.
- **La producción en masa:** Esto sucede al trabajar con maquinaria automatizada, debido al gran volumen de producción que esta genera, por lo que los trabajadores se encargan de mover grandes volúmenes a lo largo del área de producción. (Jauregui, 2021, pp.16-17)

### 2.3.2 *Principios de distribución de planta*

Para realizar una correcta distribución de planta se deben considerar los siguientes principios:

- **Principio de integración de conjunto:** Se refiere a aquella que totaliza y armoniza a los trabajadores con los diferentes departamentos, materiales, maquinaria, actividades auxiliares, etc., tomando una visión de conjunto, con esto obteniendo un compromiso mejor con todo el personal.
- **Principio de la mínima distancia recorrida:** Con esto se busca facilitar el transporte satisfactorio del material y del personal, y a su vez tener un mecanismo que facilite el control de dicho movimiento.
- **Principio de circulación o flujo de materiales:** Con esto se busca generar una distribución de las áreas de trabajo de tal forma que cada operario o proceso se encuentren a la par de la forma de transformación del material.
- **Principio del espacio cúbico:** Se busca asegurar la correcta asignación y utilización eficiente del espacio, tanto en las áreas de producción como en los centros de servicio. Incliniéndose al tema de economía del espacio se requiere utilizar todo el espacio disponible de manera correcta, tanto de modo vertical como horizontal.
- **Principio de satisfacción y seguridad de los trabajadores:** Al momento de comparar dos tipos de distribuciones, siempre se optará por la que ofrezca más satisfacción y seguridad al momento de trabajar.
- **Principio de flexibilidad:** Este aspecto se refiere en mayor forma a la capacidad que tendrá la línea de producción de realizar un cambio o modificación posterior que se considere

necesario efectuar en un futuro con el propósito de adaptarse a nuevas situaciones. (Pantoja et al., 2017, p.134).

### 2.3.3 *Métodos de distribución de planta*

#### 2.3.3.1 *Método de los eslabones.*

Un eslabón es el recorrido que realiza el producto dentro de un proceso, el cual se conecta entre dos puestos de trabajo. El método de eslabones se utiliza para mejorar la distribución de planta en las empresas cuya distribución es por proceso. El objetivo principal del método es minimizar tanto el recorrido de materiales como de personas.

Como datos preliminares se necesita la trayectoria que siguen los productos, y valores denominados unidades de mantenimiento, que son datos cuantitativos tomados del volumen de producción, estos datos se concentran en una matriz y finalmente se realiza diferentes ordenamientos, de los cuales se selecciona el más óptimo. (García & Nayeli, 2018, pp.102-108)

Para llevar a cabo este método se siguen los siguientes pasos:

1. **Reunir los datos necesarios:** tipo de productos que maneja la empresa y la trayectoria que siguen, volumen de producción, su peso, las facilidades de manejo, horas-hombre, horas máquina y todos aquellos factores que considere necesario la empresa para calcular las unidades de mantenimiento que van directamente relacionados con el proceso.
2. **Clasificar los datos:** en un cuadro de relación se concentran todos los datos recabados: cantidad de productos, trayectoria o secuencia que sigue cada producto por los diferentes procesos y la cantidad de unidades de mantenimiento asignadas para cada producto, se muestra un ejemplo en el cuadro 2-3, donde “P” es el proceso y “n” cantidad total de las unidades de mantenimiento de cada producto, como se observa en el siguiente gráfico 7-2.

Producto	Secuencia					Unidades de mantenimiento
1	P1	P2	P3	...	Pn	n1
2	P1	P2	P3	...	Pn	n2
3	P1	P2	P3	...	Pn	n3
4	P1	P2	P3	...	Pn	n4

...	P1	P2	P3	...	Pn	...
n	P1	P2	P3	...	Pn	nn

**Gráfico 7-2.** Secuencia y unidades de mantenimiento en n productos.

**Fuente:** Benítez, 2019.

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

3. **Elaboración de la matriz:** ya que se tienen los datos necesarios se usan para llenar la matriz, en la figura 2-1 se ejemplifica la elaboración de la matriz para un mejor entendimiento de este. Donde “x” resulta de la suma de las unidades de mantenimiento (“n1, n2, n3, n4...”) que pasan por los diferentes procesos, por ejemplo, si solo los productos 3 y 4 pasan de P1 a P2, entonces en “x1” se suman las unidades de mantenimiento del producto 3 y 4, y así sucesivamente; y “z” se obtiene sumando las filas y columnas adyacentes a cada cuadro como lo muestran las flechas del gráfico 8-2. La matriz se llena de arriba hacia abajo o viceversa y de izquierda a derecha, todo dependerá del proceso de producción, los productos y la trayectoria que siguen.

DE	MP	A	B	C	D	E	PT
A							
MP		P <sub>1</sub> . P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>			
A			P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>3</sub>		
B					P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	
C		P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>		P <sub>3</sub>		
D				P <sub>3</sub>		P <sub>1</sub> . P <sub>3</sub>	
E							P <sub>1</sub> . P <sub>2</sub> . P <sub>3</sub>
PT							

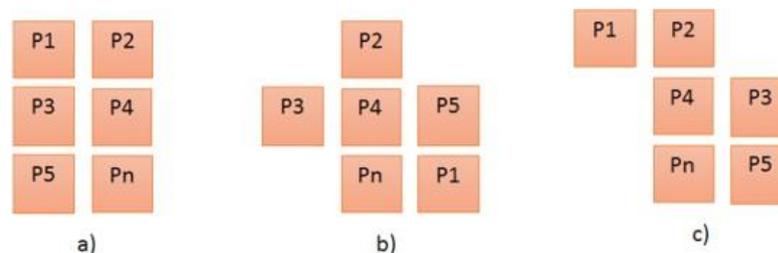
**Gráfico 8-2.** Matriz de relación entre procesos (desde-hacia)

**Fuente:** Benítez, 2019.

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

4. **Acomodo:** Finalmente, los procesos que corresponden a un área en específico son acomodados, el orden en el que se colocan va de acuerdo a los resultados de la matriz de los

valores de “x”, los cuales indican la cantidad total de unidades de mantenimiento sumadas que provienen de la relación que existe entre procesos. Se comienza por los valores más altos seguidos de los de menor valor hasta haber contemplado a todos. Por ejemplo, si en la intersección de P2 y P4 resultó un valor más grande que los demás, entonces indica que estos dos procesos o departamentos tienen que estar juntos para cumplir con el objetivo de la distancia más corta entre áreas de trabajo. En la figura 9-2 se muestra un pequeño ejemplo de las posibles opciones de acomodo de los diferentes procesos. El acomodo que se realiza en esta etapa se puede cambiar y combinar las veces que sea necesaria, hasta obtener el resultado que mejor cumpla las exigencias del proceso. El valor de “z” indica la cantidad de unidades de mantenimiento que pasan por cierto departamento, es decir lo que recibe del proceso anterior y tiene que entregar al siguiente, como mejor se le conoce en este método la “intensidad de tráfico”. (Benítez, 2019, pp.81-85)



**Gráfico 9-2.** Ejemplo de posible distribución

Fuente: Benítez, 2019.

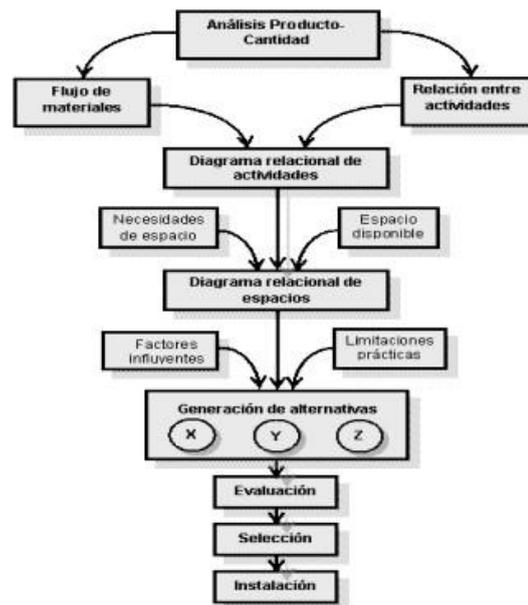
### 2.3.3.2 Método S.L.P (Planeación Sistemática de Distribución de Planta)

El método S.L.P., se aplica a problemas de distribución de instalaciones industriales, comerciales, hospitales, etc. Este método establece fases y técnicas que permiten identificar, valorar y visualizar todos aquellos elementos involucrados en el proceso de producción, como se muestra en el gráfico 10-2.

El SLP involucra cuatro etapas para obtener una distribución válida como solución. Además, relaciona diferentes departamentos para obtener datos:

- Producto (P): Considerándose aquí también a los materiales (materias primas, piezas adquiridas a terceros, productos en curso, producto terminado, etc.).
- Cantidad (Q): Es la cantidad de producto o material tratado, transformado, transportado, montado o utilizado durante el proceso.

- Recorrido (R): Entendiéndose como la secuencia y el orden de las operaciones a las que deben someterse los productos.
- Servicios (S): Los servicios auxiliares de producción, servicios para el personal, etc.
- Tiempo (T): Utilizado como unidad de medida para determinar las cantidades de producto o material, dado que estos se miden habitualmente en unidades de masa o volumen por unidad de tiempo. (Orozco et al., 2017, pp. 28-29)



**Gráfico 10-2.** Diagrama del método S.L.P.

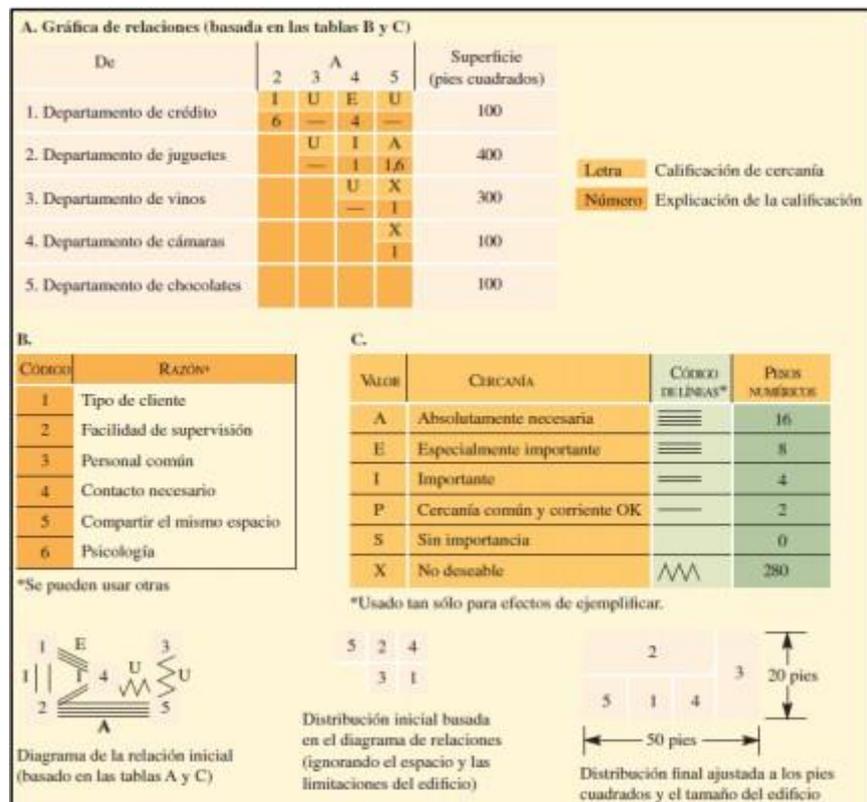
Fuente: Orozco et al., 2017.

Pasos para el desarrollo del método:

- 1. Graficar las relaciones entre departamentos:** Este primer paso o etapa comienza con la identificación de departamentos, actividades o centros de trabajos que han de incluirse en el proyecto. Luego continúa con la creación de un diagrama tipo “de-hacia”, (gráfica de relaciones), el cual se utiliza para documentar la “cercanía deseada” entre un centro de trabajo en relación a los demás. Como recurso de apoyo se utilizan las vocales (A, E, I, O, U) y la “X” para indicar las relaciones entre cada par de centros de trabajo. Además, cada relación se justifica con una razón, la cual es representada por un número.
- 2. Establecer los requerimientos de espacios:** El segundo paso consiste en determinar el área requerida para cada actividad, centro de trabajo o departamento, incluyendo, servicios auxiliares.

- 3. Graficar las relaciones de actividad:** En este paso se construye un diagrama de nodos que muestra una representación gráfica de las actividades y sus relaciones. A cada relación se le asigna un código de líneas, una vez creado el diagrama de la situación actual, mediante prueba y error, se trata de dejar las actividades de mayor relación (“A”) cercas y las no deseables (“X”) lo más alejado posible, formando así varios escenarios de distribución de planta.
- 4. Dibujar propuestas de layout en relación al espacio y actividades:** El siguiente paso consiste en combinar los diagramas de relaciones con los requisitos de espacio para cada actividad, o sea, adaptar los diagramas a los requerimientos de espacio necesarios. Se debe tener en cuenta mostrar las características físicas más significativas, como columnas, puertas de acceso, paredes, etc. Mientras más opciones se consideren más es la confianza de tener un buen diseño final.
- 5. Evaluar las alternativas propuestas:** El primer paso en la evaluación de alternativas es decidir los criterios a utilizar para evaluar dichas alternativas. Estos criterios pueden incluir aspectos como la facilidad de la supervisión, la flexibilidad en la expansión, el costo, el flujo del material, etc. Luego, estos criterios se priorizan asignándoles un número, siendo el criterio más importante el de mayor numeración. A continuación, evaluar y calificar cada alternativa utilizando la escala de grados de cercanía (A, E, I, O, U). Después de calificar los criterios para cada alternativa, convertir las letras en valores (A=4, E=3, I=2, O=1, U=0) y multiplicar por los valores de los pesos de los criterios. Sumar los valores de cada alternativa y elegir la alternativa que tenga una mayor puntuación.
- 6. Detallar el layout seleccionado:** En esta última etapa se detalla la selección de layout final identificando y dibujando las actividades y principales características, equipo pesado y servicios de atención primaria. Se continúan dibujando en detalle el equipamiento individual, las máquinas, servicios auxiliares. A medida que se va realizando esta etapa se van haciendo ajustes menores como cambios de puerta, espacio del pasillo, espacio adecuado para el mantenimiento, etc. (Cárdenas, 2017, pp. 25-26)

Esto se detalla en el Gráfico 11-2.



**Gráfico 11-2.** Ejemplo de la técnica S.L.P.

Fuente: D. Cárdenas, 2017.

## 2.4 Prueba estadística

La inferencia estadística busca recoger información de un segmento de la población estudiada con el fin de generalizar de vuelta a la población de donde se obtuvo, generando confianza en el estudio gracias a que se trabaja con un nivel de certeza predeterminado y usando métodos o procedimientos probabilísticos. Al momento de que la información que se extrae de la muestra se encuentra referenciada a comparaciones entre grupos o de igual manera consiste en la evaluación de hipótesis, para esta se define, además, un nivel de probabilidad con el que se analizarán diferencias con respecto a una variable de desenlace entre los grupos de comparación.

Los estadísticos de prueba analizan muestras que se consideran representativas y adecuadas con respecto a la población de la cual se analizó. (Chocó, 2017, pp.32-37)

### 2.4.1 Prueba T-Student

La prueba “t” de Student es definida como un tipo de estadística deductivo, la misma que se utiliza para determinar si hay o no una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. Gracias a

la estadística deductiva, se puede asumir que las variables dependientes analizadas cuentan con una distribución normal. Para esto especificamos el nivel de probabilidad (nivel de alfa, nivel de significancia,  $p$ ), podemos aceptar antes de que cerco datos ( $p < 0.05$  es un valor común se utiliza que).

Para el análisis de los resultados mediante la aplicación de esta prueba estadística, los mismos que ayudan para indicar si la diferencia entre dos medias de los grupos se puede considerar significativa, como se aprecia en el Gráfico 12-2. (Scientific European Federation of Osteopaths, 2019, pp.1-5)

<b>Factores para evaluación de significancia</b>	
<b>1</b>	Cuanto mayor es la diferencia entre las dos medias, mayor es la probabilidad que una diferencia significativa exista.
<b>2</b>	La cantidad de traslapo que existe entre los grupos (es una función de la variación dentro de los grupos). Cuantas más pequeñas son las variaciones que existen entre los dos grupos, mayor es la probabilidad que una diferencia estadística significativa existe.
<b>3</b>	El tamaño de la muestra es extremadamente importante en la determinación de la significación de la diferencia entre las medias. Aumentando el tamaño de la muestra, las medias tienden a ser más estables y más representativas.
<b>4</b>	Un nivel más grande de la alfa requiere menos diferencia entre las medias ( $p < 0.05$ ).
<b>5</b>	Se debe utilizar una hipótesis (con dos colas) no directivas.

**Gráfico 12-2.** Factores de evaluación para una prueba T-Student

**Fuente:** Scientific European Federation of Osteopaths, 2019.

#### **2.4.2 Distribución F**

Este estadístico de prueba nos ayuda con la comparación de la precisión de un instrumento de medición con el de otro. Para la aplicación de este criterio de evaluación debemos estar familiarizados con una distribución muestra nueva, la distribución F de Fisher se presta para la comparación entre las varianzas de dos poblaciones normales (o dos muestras independientes).

Por otro lado, este método es importante para tratar información importante que aparece en pruebas en las que queremos determinar si dos muestras parten de dos poblaciones que tienen varianzas iguales.

La distribución F se determina gracias a la razón de dos variables aleatorias independientes:

$$F = \frac{x_1^2}{x_2^2} \quad (14)$$

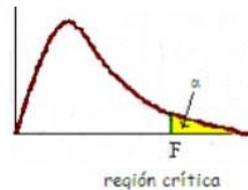
$$X_1^2 = \frac{(n_1-1)s_1^2}{\sigma_1^2} \quad \text{y} \quad X_2^2 = \frac{(n_2-1)s_2^2}{\sigma_2^2} \quad (15)$$

Donde:

- F es el valor de una variable con distribución F
- $s_1^2$  es la varianza de la muestra uno
- $s_2^2$  es la varianza de la muestra dos
- $n_1$  es el tamaño de la muestra uno
- $n_2$  es el tamaño de la muestra dos (Editor Minitab Blog, 2019, p.3)

**Características de la distribución F:**

1. F tiene valores no negativos; es igual a cero o positiva.
2. F es asimétrica; está sesgada a la derecha.
3. Existen muchas distribuciones F, de manera semejante a las distribuciones t.
4. Existe una distribución para cada par de grados de libertad  $gl_1$  (grados de libertad del numerador) y  $gl_2$  (grados de libertad del denominador).



**Gráfico 13-2.** Características de distribución F

**Fuente:** Editor Minitab Blog, 2019.

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de estudio

La investigación realizada en el estudio es de tipo técnico debido a que se dispone de un conjunto de herramientas, procedimientos e instrumentos utilizados para recabar información y realizar su respectivo tratamiento, con la finalidad de formar parte de un procedimiento puntual que llevamos adelante para concluir con un resultado determinado.

#### 3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación realizado en el presente proyecto se divide en:

**Histórica:** Se aprovecharon los registros de producción con los que cuenta la empresa para determinar los productos estrella que nos permitieron realizar los estudios de análisis de los procesos y distribución de planta, además de identificar el nivel de carga laboral que se produce en cada una de las quinarias y por consiguiente en los operarios

**Descriptiva:** Se realizó un diálogo con los trabajadores que son quienes más relacionados con la producción con el fin de determinar las falencias que consideran según sus criterios, además de la determinación de sus productos estrella.

**Documental o de campo:** Este tipo de investigación directa se utilizó dentro del área de producción para la toma de tiempos y movimientos en cada puesto de trabajo, apoyado con filmaciones, cronómetro y hojas de observación para tener un registro real y confiable.

**Experimental:** La elaboración del plan de optimización inicio considerando las variables con respecto a la producción, siguiendo un grupo de etapas sucesivas como: planteamiento de objetivos alcanzables de acuerdo al problema encontrado, toma de datos mediante la observación y registro, elaboración de la propuesta, análisis de los resultados y obtención de las respectivas conclusiones del estudio planificado.

### **3.3 Metodología**

- Inductivo: Se considera el método inductivo debido a que se va considerar el proceso y los indicadores actuales de la empresa con el fin de determinar si el cambio recomendado es ventajoso o no para la empresa.
- Deductivo: Este tipo de metodología valida los datos obtenidos en la investigación ya que parte de los índices generales aceptados como válidos para aplicar la normativa técnica vigente con el fin de deducir por medio del razonamiento lógico y el análisis estadístico las falencias encontradas y determinadas como críticas.

### **3.4 Técnicas de la investigación**

Con el fin de determinar los indicadores necesarios para el análisis de la situación actual y del plan de optimización tanto en el área de producción con sus procesos y la distribución con su ubicación actual y propuesta se optó por la aplicación de métodos como Heijunka con su nivelación de la producción, método de eslabones y S.L.P., para la determinación de una óptima distribución de planta. Adicional a esto se consideró necesario el uso de estudios de métodos y tiempos para determinar las falencias y enfocarse en disminuirlas basando en criterios que parten de un análisis de puntos críticos otorgados por un balance de líneas.

### **3.5 Instrumentos de la investigación**

Los instrumentos usados para la determinación tanto del estado actual como del plan de mejora son; diagramas ABC, Pareto, PERT CPM y la determinación de indicadores como takt time de cada proceso productivo, pitch, productividad, eficiencia productiva e índice de valor agregado para la determinación de cuellos de botella según los registros de tiempos obtenidos en hojas de observación, flujogramas de procesos y recorrido y layouts de las instalaciones actuales y el área disponible para su futuro traslado.

### **3.6 Generalidades de la empresa**

#### ***3.6.1 Reseña Histórica***

“Ambaflex Cía. Ltda.”, es una empresa Ambateña relativamente joven, con una exitosa trayectoria de 4 años en la elaboración de plásticos, fundas y láminas, en los cuales ha logrado ganarse la confianza de sus clientes por la calidad de su producto, por lo que ha alcanzado un amplio mercado a nivel nacional, principalmente en la región sierra y amazonía por su volumen de producción láctea y agrícola, siendo sus principales clientes la empresa “Pollos el placer” y empresas lácteas del cantón Píllaro, además de empresas agrícolas de la región amazónica.

Debido al amplio éxito que ha tenido la empresa Ambaflex y los buenos índices de ganancia e incremento de cliente que se registran en los últimos años, la organización optó por ir ampliando su inventario de Maquinaria, con el fin de satisfacer la demanda, además de construir una nave más amplia y apta para la fabricación de sus productos, ubicada en el cantón Salcedo, sector San Miguel.

Actualmente la planta de producción ubicada en el cantón Ambato cuenta con un área de trabajo de 397.01 m<sup>2</sup> en el área de manufactura, dispone tres tipos de extrusoras (una co-extrusora de tres ejes o tornillos, una extrusora XP-61 de alta densidad y una extrusora de baja densidad), dos selladoras INDEMO, dos selladoras chinas, una selladora camiseta, una Máquina precorte, dos impresoras industriales (una modelo 4t-61000 y una Comexi 10893), una refiladora, una prensa hidráulica pequeña, una balanza, una planta de aire comprimido, entre otros elementos que permiten abastecer de los recursos necesarios para la elaboración de productos plásticos, también cuenta con una vane con 760.32 m<sup>2</sup> de área para trabajo a la cual se dispone trasladar en el transcurso del presente año.

### **3.6.2 Ubicación de la planta**

La empresa “Ambaflex Cía. Ltda.” Actualmente se encuentra localizada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Unamuncho, kilómetro 30 de la Panamericana Sur como se indica en el Gráfico 1-3 y 2-3.



**Figura 1-3.** Ubicación actual de la empresa Ambaflex Cía. Ltda.

Fuente: google maps, 2021.



**Figura 2-3.** Ubicación del área de producción de la empresa Ambaflex Cía. Ltda

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.6.3 Estructura jurídica

La Estructura jurídica que maneja “Ambaflex Cía. Ltda.”, se observa en la siguiente Tabla 1-3.

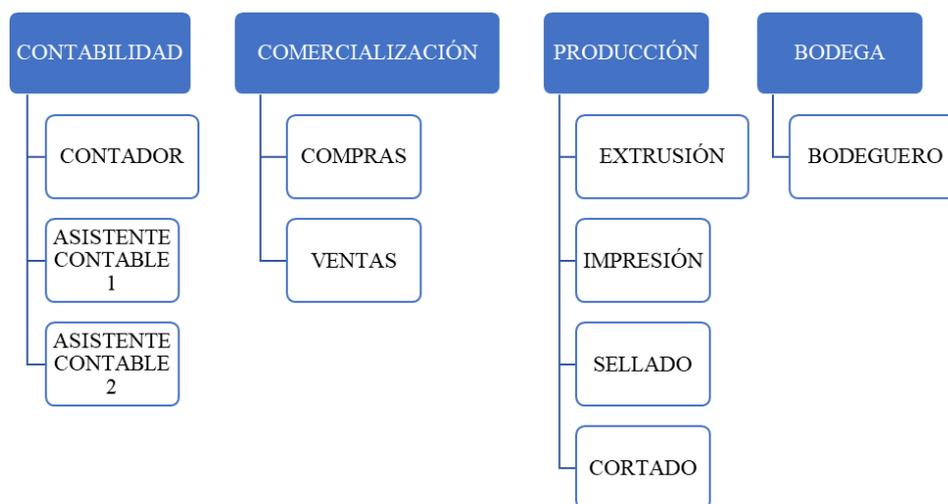
**Tabla 1-3:** Estructura jurídica.

<b>RAZÓN SOCIAL</b>	“Ambaflex Cía. Ltda.”	
<b>SECTOR ECONÓMICO</b>	Plásticos	
<b>CONFORMACIÓN JURÍDICA</b>	Empresa privada	
<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>Provincia</b>	Tungurahua
	<b>Cantón</b>	Ambato
	<b>Parroquia</b>	Unamuncho
	<b>Dirección</b>	Km 30 Panamericana Sur
<b>INSTALACIONES</b>	Propia	
<b>TELÉFONOS</b>	03 243-6154 - 0982005440	
<b>CORREOS ELECTRÓNICOS</b>	ambaflex1@hotmail.com	

Fuente: Ambaflex, 2021.

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.6.4 Organigrama organizacional de la planta



**Figura 3.3.** Organigrama organizacional

**Fuente:** Ambaflex, 2021.

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.6.5 Personal de la empresa “AMBAFLEX”

La empresa “Ambaflex Cía. Ltda.” cuenta con personal que se caracteriza por sus principios, confiabilidad, respeto y honestidad que aparte de trabajar con esmero y dedicación, generan un ambiente de trabajo adecuado dentro y fuera de las instalaciones. En la Tabla 2-3 se detallan los datos del personal que labora en el área de producción.

**Tabla 2-3:** Descripción del personal de la planta de producción de fundas plásticas.

ÁREA	CARGO		NÚMERO DE TRABAJADORES
<b>ADMINISTRATIVA</b>	GERENTE GENERAL		1
	CONTADORA		1
	<b>TOTAL</b>		<b>2</b>
ÁREA	SUB ÁREA	CARGO	NÚMERO DE TRABAJADORES
<b>PRODUCCIÓN</b>	IMPRESIÓN	OPERARIOS DE IMPRESORAS	2
		<b>TOTAL</b>	<b>2</b>
	SELLADO	OPERARIOS DE SELLADORAS	2
		<b>TOTAL</b>	<b>2</b>
EXTRUSIÓN	OPERARIO DE EXTRUSORAS	1	

		<b>TOTAL</b>	<b>1</b>
<b>TOTAL DE TRABAJADORES</b>			<b>7</b>

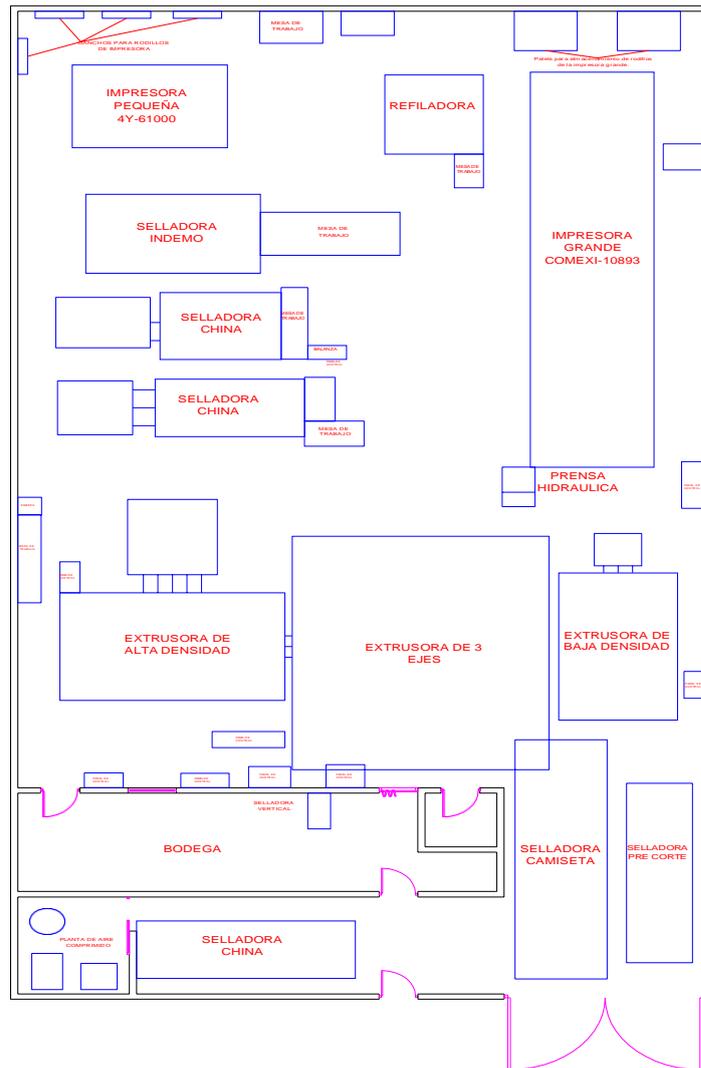
**Fuente:** Ambaflex, 2021.

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### **3.6.6 Distribución de la planta de inyección**

La distribución en planta del área de producción de la empresa “Ambaflex Cía. Ltda.” sigue un proceso empírico que está dividido en su mayoría por áreas como son: extrusión, sellado, refileado, impreso, corte en prensa, bodega general y almacenamiento temporal. En la Figura 4-3 se presenta en forma esquemática este caso.

El área de extrusión de encuentra próxima a la bodega general que dispone la empresa, esto debido a dos razones; la necesidad de tener un recorrido reducido de la materia prima y por la ubicación del flujo eléctrico ya que las extrusoras son las máquinas que más demanda eléctrica requieren (90 Kw valor máximo), sin embargo, esta distribución genera grandes problemas de movilidad debido al reducido espacio disponible. El ANEXO A muestra los planos a dimensión real de la planta.



**Figura 4-3.** Esquema de distribución en planta de la empresa Ambaflex.

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.7 Descripción del proceso

#### 3.7.1 *Proceso de extrusión de láminas plásticas en material Metaloceno, polietileno de pigmento negro, polietileno de pigmento blanco, polietileno LDPE, polietileno LLDPTE, Polietileno DPTE y material recuperado*

El proceso de extrusión inicia al momento que el personal administrativo, después de recibir un pedido, ordena realizar la extrusión de las láminas plásticas de acuerdo a su composición, entre los cuales están láminas de la leche (requiere de 200.7 Kg de metaloceno 9211, 8.92 Kg de pigmento negro LR-74, 40.14 Kg de pigmento blanco LL-70, 98.12 Kg de polietileno LDPE 200F, y 98.12 Kg de polietileno LLDPTE 122F), láminas para fundas de pollos es placer (requiere de 100.2 Kg de metaloceno, 33.4 Kg de polietileno LDPE y 33.4 Kg de polietileno LLDPTE), fundas de dimensión 23 x 40 x 2.5 (requiere de 50.6 Kg de polietileno DPTE 9400, 50.6 Kg de

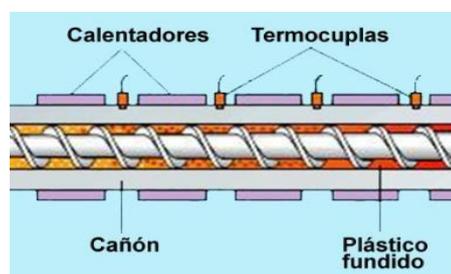
polietileno LLDPE 122F y 151.8 Kg de polietileno recuperado) y fundas de dimensión 38 x 26 x 2.6 (requiere de 38.40 Kg de metaloceno, 12.8 Kg de polietileno LDPE y 12.8 Kg de polietileno LLDPE), esto para el trabajo de termo formado.

Los materiales metaloceno, polietileno de pigmento negro, blanco, polietileno LDPE, polietileno LLDPE, polietileno DPTE 9400, polietileno HLDP y material recuperado se los encuentra en forma de granos, los mismos que según el caso son mezclados a pie de Máquina o vertidos directamente en las tolvas de distribución con el fin de ser fundidos en una pasta que posteriormente será estirada desde si interior con la ayuda de aire.

Según (Cárdenas et al., 2019 pág. 113) afirma que: los métodos más utilizados a nivel mundial para el procesado y reprocesado del material polietileno son la extrusión e inyección, para el caso del reprocesamiento consiste en utilizar material desechado de la misma clase para su incorporación en el ciclo normal de extrusión o inyección, reduciendo en gran cantidad el volumen de desperdicios. Debido al proceso que conlleva realizar la inyección y extrusión, los materiales sufren cambios físicos y químicos debido a las temperaturas a las que son sometidos para obtener láminas o moldes según sea el caso.

Para el caso de películas tubulares de polietileno se tiene el siguiente proceso registrado en la empresa Ambaflex:

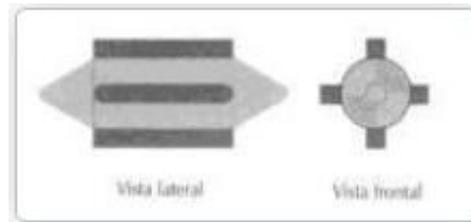
- Calentamiento de las resistencias de la extrusora: es la fase que requiere más tiempo de ejecución ya que dependiendo de la extrusora necesitas más o menos tiempo para preparar las resistencias a lo largo del tornillo sin fin que transporta el polímero granulado. En el Gráfico 1-3., se presenta de forma gráfica la ubicación de las resistencias encargadas de la fundición del polietileno.



**Gráfico 1-3.** Resistencias de la Máquina extrusora

Fuente: Mariano, 2011.

- Cambio del cabezal según el tipo de lámina a producir: Al momento de alcanzar una temperatura adecuada, se remueven los cabezales y se realiza el cambio, dependiendo del tipo de funda a producir, este proceso se realiza en este punto ya que se necesita derretir el polímero que se solidifica al momento de detener la Máquina por un largo lapso de tiempo. En el Gráfico 2-3., se presenta la forma de los cabezales para la extrusión de películas tubulares.



**Gráfico 2-3.** Cabezales para extrusión de películas tubulares

Fuente: Mariano, 2011.

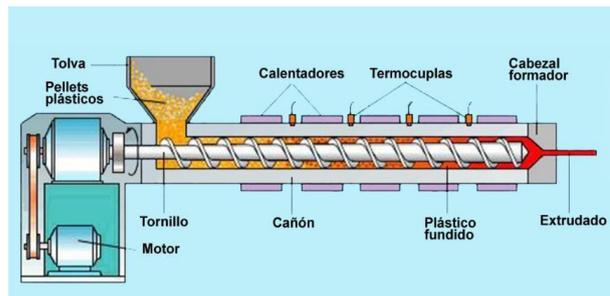
- Dosificado de polietileno granulado: Para la dosificación se requiere de la mezcla de polietileno según sea el producto a elaborar, este proceso consta de la colocación del material preparado para su posterior transporte a través de un tornillo sin fin para su termo-formado. En la Figura 5-3., se observa el proceso de dosificación del polietileno.



**Figura 5-3.** Dosificación de polietileno en tolvas de distribución

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

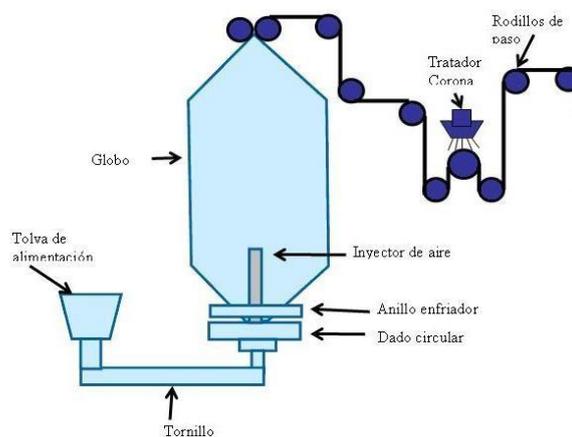
- Extrusión de la película de polietileno: Este proceso se realiza en dos fases, la primera es la extrusión mediante la cual se extruye el material remanente en el tornillo sin fin a la vez que se regulan las dimensiones del globo, este proceso implica tiempos que van entre los 30 min., hasta las 2 horas, dependiendo de la extrusora, este material se bobina para posteriormente ser recuperado. En la Gráfica 3-3., se observa el proceso de extrusión en el cabezal formador.



**Gráfico 3-3.** Extrusión de polímero termo-formado

Fuente: Mariano, 2011.

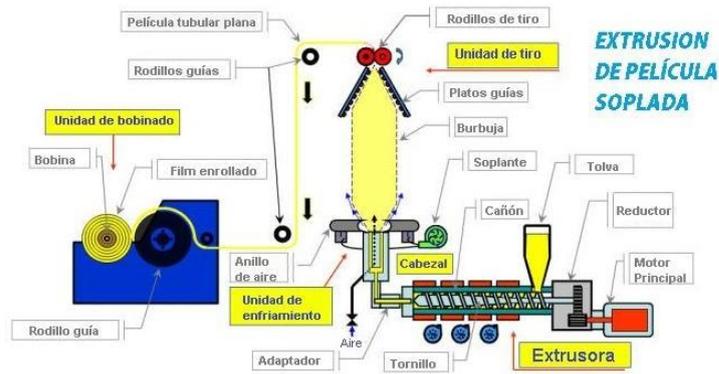
- Elevación del globo: El proceso de elevación del globo se realiza al mismo tiempo que la inyección de aire, esto con el fin de generar un globo con las dimensiones deseadas y debido a que el material tiene forma tubular necesita ser transportado a través de cilindros tensores que colaboran con la obtención de la dimensión requerida. En la Gráfica 4-3., se presenta el proceso de elevación y tensión del globo de polietileno.



**Gráfica 4-3.** Proceso de elevación de la película tubular

Fuente: Mariano, 2011.

- Enrollado de película de polietileno extruido: finalmente se bobina el material extruido para sus posteriores procedimientos de manufactura, dependiendo el material extruido necesita reposar 24 horas para su manufactura. En la Gráfica 5-3., se representa el proceso completo hasta el enrollado del material.



**Gráfico 5-3.** Proceso completo de extrusión.

Fuente: Mariano, 2011.

### Variables que influyen en las Máquinas extrusoras

Entre los parámetros más importantes al momento de extruir películas de polietileno tenemos:

- **Temperatura de extrusión:** la principal consecuencia de la variación de la temperatura en la extrusión es la resistencia al flujo o viscosidad que presenta el polímero. La elección de la temperatura óptima de extrusión debe responder a diversos criterios como; que la temperatura elegida permita reducir el consumo de la potencia disponible del motor de la extrusora, y esta potencia debe estar en un intervalo del equipo, también se debe procurar una viscosidad adecuada para el procesamiento del polímero.
- **Velocidad de extrusión:** el principal objetivo de la mejora de las variables de procesamiento es conseguir el máximo caudal, es decir, los kilogramos de resina producidos por unidad de tiempo, sin disminuir la calidad.

### Problemas y soluciones en el proceso de extrusión

Los problemas más comunes y soluciones se representan en el siguiente Gráfico 6-3.

Problemas	Posible causa y solución
Líneas y marcas en la dirección de extrusión.	<b>Causa:</b> Inconvenientes en la boquilla (partículas adheridas, maltratos, etc.), o condiciones de procesamiento inadecuadas. <b>Solución:</b> Limpie la boquilla. Verifique la existencia de daños en la misma. Valide las condiciones de procesamiento de la resina. Ajuste.
Espesor no uniforme en la dirección transversal.	<b>Causa:</b> Calibrado de la boquilla. <b>Solución:</b> Calibre la boquilla centrada.
Espesor no uniforme en la dirección longitudinal.	<b>Causa:</b> Fluctuaciones en el flujo. <b>Solución:</b> Verifique ausencia de oscilaciones de la presión o la potencia del motor. Verificar la temperatura de la garganta. Verificar el correcto funcionamiento de los controladores de temperatura, resistencias, ventiladores.
Inestabilidad del caudal de producción.	<b>Causa:</b> Inconvenientes en el sistema de alimentación. Formación de puentes de resina en la tolva. <b>Solución:</b> Revisar sistemas de control de temperatura.
Baja transparencia y/o brillo en el producto-	<b>Solución:</b> Incrementaría temperatura de extrusión.
Presencia de impurezas, geles y/o puntos negros.	<b>Causa:</b> Adherencia en la boquilla, cabezal, filtros e incluso extrusor. Condiciones de procesamiento inadecuadas. <b>Solución:</b> Revisar estado de los filtros. Limpiar el cabezal, la boquilla o la extrusora. Purgue con otro material. Verificar la existencia de una posible fuente de contaminación. Validar las condiciones de procesamiento, ajuste si es necesario.

**Gráfico 6-3.** Causas y soluciones a imperfecciones en el proceso de extrusión

Fuente: Mariano, 2011.

### 3.8 Máquinas extrusoras en “Ambaflex Cía. Ltda.”

#### 3.8.1 Co-extrusora de 3 ejes

Diseñada para producir película de uso agrícola, para construcciones, empaque de alimentos y sacos. Puede trabajar con PEAD (Polietileno de Alta Densidad), PEBD (Polietileno de Baja Densidad), PELBD (Polietileno Lineal de Baja Densidad), PP(Polipropileno), como se muestra en la Figura 6-3.



**Figura 6-3.** Máquina Coextrusora de 3 ejes en el área de producción

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 3-3:

**Tabla 3-3:** Características técnicas de la máquina extrusora de 3 ejes

CARACTERÍSTICAS	
Modelo	THDP – 45
Diámetro Tornillo (mm)	45 X 3 sets
Rendimiento (Kg/h)	50 – 100
Energía Requerida (kW)	90
Motor principal (HP)	20 x 3 sets
Dimensiones (m)	5,56 x 7,30 x 6,80

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.8.2 Extrusora Covex 60

Línea de extrusión para núcleo de plástico de rollos de producción. Puede trabajar con PEAD (Polietileno de Alta Densidad), Polietileno de media densidad (PEMD) y PP(Polipropileno), como se observa en la Figura 7-3.



**Figura 7-3.** Máquina Extrusora Covex 60 en el área de producción

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 4-3:

**Tabla 4-3:** Características técnicas de la máquina extrusora Covex 60

CARACTERÍSTICAS	
Modelo	Covex 60
Año	1990
Potencia (kW)	60
Caudal (kg/h)	40
Diámetro de tornillo (mm)	60
Dimensiones (m)	4,65 x 5,10 x 6,10

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.8.3 *Extrusora de baja densidad*

La extrusora se aplica al soplado de películas plásticas como PEBD (Polietileno de Baja Densidad), PELBD (Polietileno Lineal de Baja Densidad). Se aplica ampliamente a la producción de bolsas de embalaje para alimentos, ropa, bolsas de basura y chalecos, como se muestra en la siguiente Figura 8-3.



**Figura 8-3.** Máquina extrusora de baja densidad en el área de producción

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 5-3:

**Tabla 5-3:** Características técnicas de la máquina extrusora de baja densidad

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Modelo	XY-50x2
Año	1990
Potencia (kW)	38
Caudal (kg/h)	40
Dimensiones (m)	4,65 x 5,10 x 6,10

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### **3.9 Proceso de impresión de láminas de polietileno**

La empresa Ambaflex cuenta con dos impresoras flexográficas, las mismas que se encargan de grabar los diseños de las marcas y datos nutricionales de cada producto, la razón de poseer dos máquinas de este tipo es debido al tamaño de la impresión ya que una de las impresoras tiene la restricción del ancho de la lámina.

Las impresoras trabajan con un sistema de cireles (tambores), los mismos que están hechos de ejes de acero que para su montaje se requiere de dos operarios o la ayuda de un aparato de izaje por su gran tamaño y peso.

Estos cireles son cubiertos con membranas plásticas sobre las cuales se colocan los moldes para el estampado de los logotipos distintivos de cada empresa. Debido a que las estampas colocadas en los cilindros se encuentran en contacto con tintas industriales se requiere tanto para las mezclas en los depósitos de distribución como para la limpieza de los cireles el uso de alcohol industrial.

El proceso para realizar la impresión es:

- Cambio de rodillos: el cambio de rodillos se realiza al momento en que se requiere realizar algún tipo de impresión, estos se cambian según la dimensión de la funda o lamina que requiera ser estampada, este proceso debido al peso de sus componentes, toma alrededor de 2 horas.
- Montaje de cireles: en esta fase el operario coloca las estampas de acuerdo al modelo que se requiere imprimir alineándose uno detrás del anterior con el fin de generar una impresión sin desfases. En la Figura 9-3., se observa el proceso realizado para la calibración de los cireles.



**Figura 9-3.** Calibración de cireles

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

- Calibración de la impresora: al momento de ensamblar la lámina nueva con el remanente de la impresión anterior se procede a colocar los parámetros adecuados de velocidad.
- Colocación de tintas: al ya tener la maquinaria correctamente regulada se procede a la colocación de las tintas y su respectiva calibración según el diseño de la marca, y a su vez la inspección de la impresión.
- Impresión: como parte final se tiene la impresión en donde se realiza el respectivo estampado de los diseños de cada marca para su posterior tratamiento en caso de ser necesario. En la Figura 10-3., se observa el proceso de final de la impresión.



**Figura 10-3.** Resultado de impresión.

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.9.1 Máquinas impresoras flexográfica de 6 tintas.

Es adecuado para imprimir materiales de embalaje como polietileno, bolsas de plástico de polietileno, papel de vidrio y rollo de papel, etc. Y es un tipo de equipo de impresión ideal para producir bolsas de papel para alimentos, bolsas de supermercado, bolsas de chaleco y bolsas de ropa, etc., esto se puede observar en la Figura 11-3.



**Figura 11-3.** Máquina impresora flexográfica de 6 tintas en el área de producción

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 6-3:

**Tabla 6-3: Características técnicas de la máquina impresora flexográfica de 6 tintas**

CARACTERÍSTICAS	
Modelo	XY-61000
Velocidad de impresión máxima (m/min)	50
Potencia de la calefacción (kW)	14
Potencia total (kW)	18.5
Peso de la máquina (kg)	4000
Dimensiones (m)	3,20 x 2,30 x 2,5

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.9.2 Impresora flexográfica COMEXI

La impresora transfiere tinta de un sustrato a otro al film tratado tiene un bobinador doble con cambio de bobinas sin parar la máquina, con corte y empalme automático.

Control automático de tensión por motores de corriente continua sincronizados y comandados por cilindro bailarín, como se observa en la Figura 12-3.



**Figura 12-3.** Máquina impresora flexográfica COMEXI en el área de producción

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 7-3:

**Tabla 7-3:** Características técnicas de la impresora flexográfica COMEXI

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Modelo	TAGA 1500
Año	1998
Velocidad de impresión máxima (m/min)	250
Velocidad de impresión mínima (m/min)	200
Potencia total (kW)	120
Voltaje (V)	380
Dimensiones (m)	11 x 2,65 x 3,5

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.10 Proceso de refilado de láminas de polietileno.

El proceso de refilado es aquel en el cual se busca cortar los excedentes de material y dejarlo bajo los parámetros deseados antes del proceso de sellado o después del proceso de impresión.

Los pasos para realizar este proceso son los siguientes según la observación realizada en la empresa:

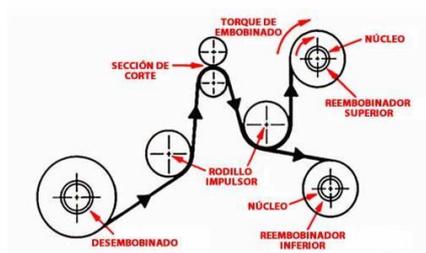
- Colocación de bobina impresa o extruida: como primera parte del proceso se requiere del montaje de un rollo y la colocación de la lámina a lo largo de los rodillos extensores y el rodillo que almacenará el material, esta película requiere ser reducido en dimensiones ya que la empresa requiere del uso del mismo material extruido para diversos productos, por este motivo se extruyen N rollos que serán usados para la manufactura de elementos de diversas dimensiones. A continuación, en la Figura 13-3., se presenta un rollo cargado y listo para ser refilado.



**Figura 13-3.** Máquina refiladora

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

- Calibración de las cuchillas: el medio de corte que dispone esta máquina es con la utilización de cuchillas, las mismas que se encargan de recortar el excedente de material en las láminas de polietileno.
- Refilado de material impreso o extruido: como parte final está el proceso de refilado como tal, el cual cumple el objetivo obtener un material según el diseño del cliente. Este proceso se muestra a continuación en el Gráfico 7-3.



**Gráfico 7-3.** Proceso de refilado.

**Fuente:** Saavedra, 2018.

### 3.10.1 Máquina refiladora

Se utiliza para separar y cortar rollos de los distintos plásticos. Esta máquina puede cortar y retirar los sobrantes de los bordes y alinear de una manera uniforme al borde de la bobina, como se indica en la Figura 14-3.



### Figura 14-3. Máquina reafiladora del área de producción

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 8-3:

**Tabla 8-3:** Características técnicas de la máquina reafiladora

CARACTERÍSTICAS	
Modelo	M-79157N
Diámetro de carga (mm)	800
Potencia del Motor (kW)	4,5
Voltaje (V)	220
Dimensiones (m)	

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.11 Proceso de corte y sellado

El proceso de sellado, corte y precorte se lo realiza de forma simultánea en la misma máquina según los requerimientos del producto, para este proceso la empresa cuenta con tres tipos de máquina, las que proporcionan cortes y sellado (INDEMO), corte en forma de camiseta y sellado y de pre corte y sellado.

El proceso de corte y sellado se realiza mediante los siguientes pasos:

- Montado de rollo: al igual que toda la producción los procesos se realizan según la necesidad del producto, por esta razón en las máquinas de corte y sellado se montan rollos de material proveniente de la impresora, extrusora o reafiladora. En la Figura 15-3., se observa una bobina montada en la máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING.



**Figura 15-3.** Máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

- **Calibración:** El proceso de calibración de todos los componentes de la selladora como cuchillas, teflón para sellado y velocidad, se realizan cuando se tiene la película de polietileno montada a lo largo del mecanismo de transporte. En la Figura 16-3., se observa al personal realizando la calibración de la máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING.



**Figura 16-3.** Calibración de la máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING.

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

**Corte y sellado:** por último, se realiza el corte y sellado bajo los parámetros del producto, el mismo que se empaqueta a pie de máquina por un trabajador y posteriormente será ensacado, pesado y rotulado para su almacenamiento. En la Figura 17-3., se observa el proceso de empaclado en la máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING.



**Figura 17-3.** Empacado en la máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING.

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### **3.11.1 Maquinas selladoras INDEMO (1)**

Utilizada para realizar sellados laterales y de fondo de forma semiautomática. Máquina de fácil operación. Puede hacer sellado de una sola lámina a la vez, como se observa en la Figura 18-3.



**Figura 18-3.** Máquina selladora INDEMO (1) en el área de producción

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 9-3:

**Tabla 9-3: Características técnicas de la selladora INDEMO (1)**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Modelo	AB 85
Año	1999
Tensión (V)	220 - 380
Potencia total (kW)	3400
Peso de la máquina (kg)	850
Dimensiones (m)	2,20 x 3,60

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### **3.11.2 Máquina Selladora INDEMO (2)**

Máquina utilizada para realizar sellados laterales, de fondo y de doble lado, esta máquina es de fácil operación y semiautomática. Esta máquina puede sellar una lámina o cortar una lámina a la mitad y sellar ambas, como se observa en la Figura 19-3.



**Figura 19-3.** Máquina selladora INDEMO (2) en el área de producción.

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 10-3:

**Tabla 10-3:** Características técnicas de la selladora INDEMO (2)

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Modelo	850
Año	1999
Tensión (V)	220 – 440
Potencia total (kW)	3400
Peso de la máquina (kg)	850
Dimensiones (m)	3,45 x 2

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### ***3.11.3 Máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING***

Puede realizar sellados laterales, sellados de doble lados y de fondo, esta máquina es semiautomática. Puede sellar una lámina o cortar una lámina a la mitad y sellar ambas, esto se muestra en la Figura 20-3.



**Figura 20-3.** Máquina selladora LSR multifunction computer heat

cutting BAG-MAKING en el área de producción

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 11-3:

**Tabla 11-3:** Características técnicas de la máquina selladora LSR multifunction computer heat cutting BAG-MAKING.

CARACTERÍSTICAS	
Modelo	SNP – 700
Velocidad (Pcs/min)	40 - 180
Potencia (Kw)	3,6
Voltaje (V)	220
Peso de la maquina (kg)	900
Dimensiones (m)	3,66 x 1,70

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### 3.11.4 Máquina selladora China

Máquina utilizada para realizar sellados laterales, sellados fondo, sellado doble lados automática, cuenta con una producción de diseño de fácil operación. Esta máquina puede sellar una lámina o cortar una lámina a la mitad y sellar ambas, como se aprecia en la Figura 21-3.



**Figura 21-3.** Máquina selladora China en el área de producción

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 12-3:

**Tabla 12-31:** Características técnicas de la máquina selladora China

CARACTERÍSTICAS		
Modelo	CW-1000SBD	
Velocidad de producción	Bolsa de laterales sella	140pcs/min
	Bolsa de fondo sella	130pcs/min

	Bolsa de doble sella	110pcs/min
	Bolsa OPP	150pcs/min
Potencia (kW)	8.5	
Peso (kg)	1470	
Dimensiones (m)	4x1,60	

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.11.5 Máquina Camisetera

Esta máquina es una máquina rodante de doble propósito especialmente diseñada para chalecos y bolsas planas. Está controlado por una computadora, el sistema de ajuste de longitud de paso (servo) reduce los errores de dimensiones de corte y sellado, como se observa en la Figura 22-3.



**Figura 22-3.** Máquina camisetera en el área de producción

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 13-3:

**Tabla 13-3:** Características técnicas de la máquina camisetera

CARACTERÍSTICAS	
Modelo	XYB-900
Velocidad de fabricación de bolsas (pc / min)	40-120
Potencia del motor (kw)	1.5
Potencia de calefacción eléctrica (kw)	2.8
Peso kg)	1200
Dimensiones (m)	6,66x1,90

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.11.6 Máquina Pre corte

Facilita el ajuste de la longitud de la bolsa y la velocidad de producción. Alimentación automática de película, coordinación libre de ajuste de tensión. Se detiene automáticamente cuando los bloques de alimentación de película o las bolsas se atascan, como se observa en la Figura 23-3.



**Figura 23-3.** Maquina pre corte en el área de producción

**Fuente:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Las características técnicas se detallan a continuación en la Tabla 14-3.

**Tabla 14-3:** Características técnicas de la máquina de precorte

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Modelo	XY-1000
Velocidad de fabricación de bolsas (pc / min)	50-100
Potencia total (kW)	4
Peso (kg)	850
Dimensiones totales (m)	1,36 x 3,86

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### **3.12 Diagnóstico de la situación Actual**

#### **3.12.1 Aplicación del ciclo de Deming**

La aplicación del ciclo de Deming parte de planificar y hacer, presentes principalmente en el estudio de la situación actual que se encuentra en el Capítulo III y el caso de verificar y actuar se lo visualiza en los resultados del Capítulo IV.

- Plan (Planificar): La planificación del estudio realizado cuenta de tres fases como es un estudio de métodos y tiempos, método Heijunka y distribución de planta mediante la aplicación de los métodos de eslabones y S.L.P., esto se puede observar en la Tabla 15-3.
- Do (Hacer): la fase de hacer implica a el diagnóstico del estado actual de la planta mediante la aplicación de métodos como: selección de productos estrella, estudio de métodos y tiempos, determinación de tiempos estándar, eficiencia productiva, productividad laboral y general, análisis de máquinas que presentan cuellos de botella, determinación de la disposición correcta de la maquinaria para su distribución, entre otros.
- Check (Verificar): la función de esta fase es demostrar analíticamente el impacto del plan de optimización de la producción y distribución de planta realizados, esto con el análisis de indicadores en la productividad y eficiencia pronosticadas al realizar los cambios en el proceso productivo y el incremento de la capacidad que proporcionará la distribución del área de producción en la nueva planta de producción.
- Act (actuar): la fase final involucra la integración de registros, documentos, hojas de control, planos, etc., para proporcionar un plan de mejora.

**Tabla 15-3: Planificación del estudio**

ACCIÓN	COMPONENTES	OBJETIVO	HERRAMIENTAS	MESES											
				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Estudio de métodos y tiempos	Seleccionar	Seleccionar los productos estrella para realizar un estudio minucioso de los procesos de fabricación	Diagrama de pareto, registros de producción	■											
	Registrar	Elaborar un registro de la manera de trabajo en cada proceso de manufactura de fundas de plástico	Diagramas de recorrido, procesos, layout		■										
	Medir	Determinar indicadores de producción, productividad y eficiencia de la producción	Cronometro, hoja de observación y reportes de producción			■									
	Definir	Definir el metodo mas adecuado para tener una producción más equilibrada y eliminar tiempos muertos y cuellos de botella	Producción sistemático y tiempo estándar para los productos según diagramas propuestos				■								
Metodo heijunka	Células de trabajo	Establecer células de trabajo en el área de producción para facilitar la optimización	Layout							■					
	Flujo continuo pieza a pieza	Determinar una estrategia para nivelar el inventario y el flujo de producto según la demanda	Capacitaciones y cronograma con caja heijunka							■					
	Producción ajustada al takt time	Pronosticar el inicie de frecuencia de compra de los clientes	Pronostico de demanda							■					
	Calculo de Pitch	Establecer la cantidad de piezas a producir por unidad de tiempo	Cantidad de unidades por paquete y takt time según estadísticas							■					
	Nivelacion de cantidad de producción	Generar una propuesta de nivelacion de la carga laboral y producción de la empresa	Matriz comparativa							■					
Metodo eslabones y S.L.P.	Evaluar	Determinar las dimensiones de la nueva área destinada para la producción	layout, investigación de campo											■	
	Analisis	Determinar los recorridos del material de acuerdo a la nueva área de producción	Diagramas desde-hacia, de relación, matriz triangular y excel											■	
	Interpretar	Elaborar una propuesta acorde al metodo heijunka	Diagramas propuestos de distribución											■	
	Distribuir	Obtener un plano de acuerdo a la distribución mas optima comparando los metodos S.L.P. y eslabones	Autocad, comparación entre metodos y diagramas de comparación											■	

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.12.2 Selección de los productos de estudio.

La selección de los productos de estudio se sustentó en el diálogo mantenido por la secretaria quien está al tanto de la producción y principalmente en los trabajadores, con el fin de determinar los productos más significativos en la amplia variedad de mercancía disponible, para lo cual se optó por corroborar las recomendaciones de los miembros de la empresa con un estudio ABC de la producción y un diagrama de Pareto el mismo que señala 80% de láminas y fundas de polietileno proviene del 20% de la producción, basando en los registros de producción en el lapso de un año y obteniendo los productos que se elaboran con la mayor cantidad de maquinaria y cuyo volumen de elaboración anual sea significativo. El análisis de los datos se representa en la Tabla 16-3.

**Tabla 16-3:** Productos estrella por volumen de producción conforme a entrevista

Productos estrella por volumen de producción				
Nombre	Tipo	Dimensión (cm)	Codigo	Maquinaria requerida
Funda pollos el placer	Impresa	9x15x1.5	F0000788	Extrusora
				Impresora
				Selladora
Funda	Natural	23x40x2.5	F0000797	Extrusora
				Selladora
Lamina	Impresa	Por peso	F0000803	Extrusora
				Impresora
				Refiladora

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

El análisis de ABC de la producción se observa a continuación en la Tabla 17-3., la misma que se presenta de manera más amplia en el ANEXO B.

**Tabla 17-3:** Análisis ABC de los productos elaborados en la empresa AMBAFLEX

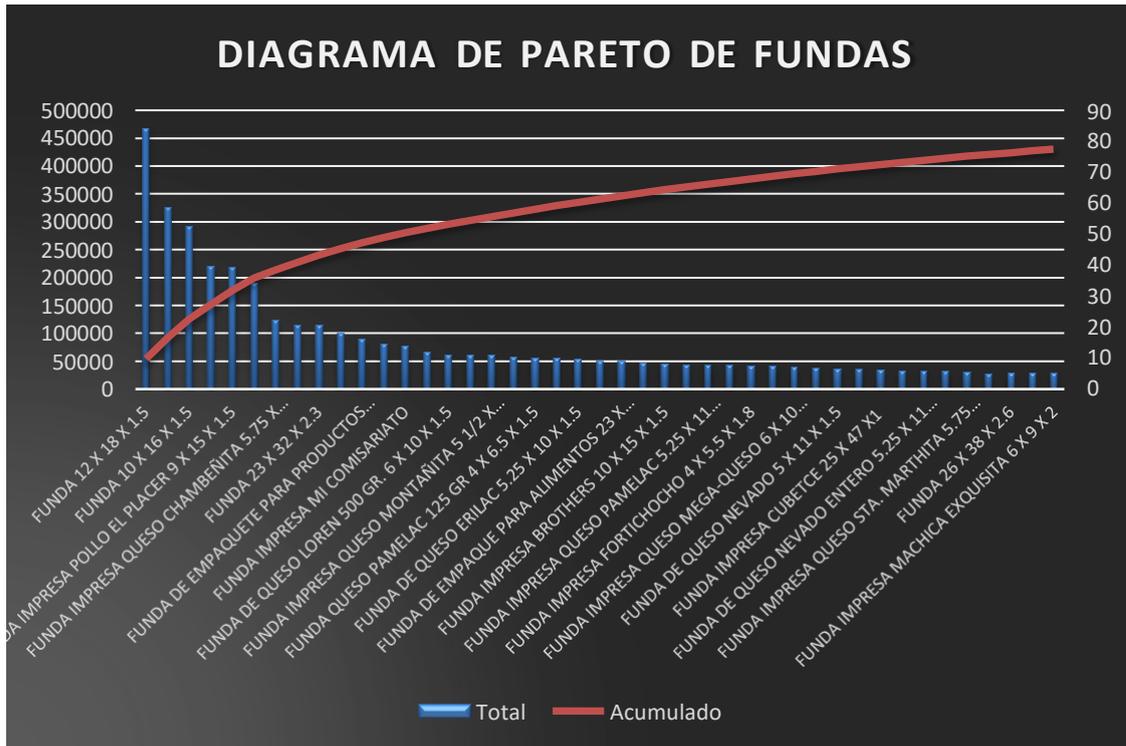
ARTICULO	NUMERO	Datos			TOTAL ACUMULADO	% I. ACUMULADO	ZONA	%
		Suma de PRECIO	Suma de TOTAL	Suma de CANT				
LAMINA DE YOGURT RIKOS YOG FRESA DE 5		64.6	10772.24	2834.8	10772.24	12.522%	A	79.881%
LAMINA DE REFRESCO SAN PABLO (ROJA)		25.2	10041.48	2789.3	20813.72	24.195%	A	
LAMINA DE NUESTRA LECHE AZUL		41.8	8000.14	2105.3	28813.86	33.495%	A	
LAMINA DE LECHE FORTUNATA		30.4	5037.28	1325.6	33851.14	39.350%	A	
LAMINA DE LECHE MEGALAC		19	3547.3	933.5	37398.44	43.474%	A	
LAMINA DE YOGURT RIKOS YOG FRESA		22.8	3440.9	905.5	40839.34	47.474%	A	
LAMINA DE YOGURT RIKOS YOG MORA DE 5		19	3053.68	803.6	43893.02	51.023%	A	
LAMINA DE LECHE SANTA MARTHA B/N 1 LITRO		15.2	3052.92	803.4	46945.94	54.572%	A	
LAMINA DE YOGURT RIKOS YOG DURAZNO DE 5		22.8	3044.94	801.3	49990.88	58.112%	A	
LAMINA DE LECHE SUPERIOR		19	3019.48	794.6	53010.36	61.622%	A	
LAMINA DE LECHE SANTA MARTHA B/B 1 LT		19	2780.08	731.6	55790.44	64.854%	A	
LAMINA ROLLO 30 X 1.2		16.7	2349.044	842.48	58139.484	67.584%	A	
LAMINA DE REFRESCO SAN PABLO (VERDE)		7.2	2063.52	573.2	60203.004	69.983%	A	
LAMINA DE LECHE SANTA MARTHA B/N 1/4		11.4	1938.76	510.2	62141.764	72.237%	A	
LAMINA 23 X 2.30 COLA LATINA		11.1	1912.16	516.8	64053.924	74.459%	A	
LAMINA DE LECHE PROMOCION AZUL		7.6	1625.64	427.8	65679.564	76.349%	A	
LAMINA DE YOGURT RIKOS YOG MORA		15	1531.88	405.2	67211.444	78.130%	A	
LAMINA DE YOGURT RIKOS YOG DURAZNO		11.4	1506.32	396.4	68717.764	79.881%	A	
LAMINA DE LECHE DE CAMPO		7.6	1456.54	383.3	70174.304	81.574%	B	
LAMINA DE LECHE SANTA MARTHA B/N 1/2LT		11.4	1263.88	332.6	71438.184	83.043%	B	
LAMINA IMPRESA EL FRESKITO		10.8	1227.6	341	72665.784	84.470%	B	
LAMINA IMPRESA REFRESCO EL BACAN		7.4	1098.53	296.9	73764.314	85.747%	B	
LAMINA ROLLO 32 X 3		12.8794	983.0392	290.6	74747.3532	86.890%	B	
LAMINA ROLLO NATURAL 30 X 3		7.5	956.25	255	75703.6032	88.002%	B	
LAMINA IMPRESA BOLITO ROJO		3.7	877.27	237.1	76580.8732	89.021%	B	
LAMINA DE LECHE SANTA MARTHA B/B 1/4 LT		3.8	841.7	221.5	77422.5732	90.000%	B	
LAMINA DE YOGURT RICOALIM DURAZNO		3.75	838.875	223.7	78261.4482	90.975%	B	
LAMINA NAT 35 X 2.5		17.4	833.8	335	79095.2482	91.944%	B	
LAMINA DE YOGURT RICOALIM FRESA		3.75	812.25	216.6	79907.4982	92.888%	B	
LAMINA IMPRESA BOLITO NARANJA		3.7	811.41	219.3	80718.9082	93.832%	B	
LAMINA DE YOGURT RICOALIM MORA		3.75	798	212.8	81516.9082	94.759%	B	
LAMINA IMPRESA RICOALIM TRANSPARENTE		3.7	622.71	168.3	82139.6182	95.483%	C	
ROLLO NAT 23 X 2.6		8.0785	536.59	199	82676.2082	96.107%	C	
LAMINA DE REFRESCO LIMONADA FRESKITO		3.8	444.6	117	83120.8082	96.624%	C	
LAMINA DE LECHE CO-LACTEOS		3.7	418.1	113	83538.9082	97.110%	C	
LAMINA DE REFRESCO FRUTOS TROPICALES FRESKITO		3.8	383.8	101	83922.7082	97.556%	C	
LAMINA DE YOGURT QUELAC MORA		3.7	370.37	100.1	84293.0782	97.986%	C	
LAMINA DE YOGURT QUELAC DURAZNO		3.7	369.26	99.8	84662.3382	98.416%	C	
LAMINA DE YOGURT FRESA		3.6	319.68	88.8	84982.0182	98.787%	C	
LAMINA NATURAL 30 X 2.6		2.7	270	100	85252.0182	99.101%	C	
LAMINA ROLLO 16 X 3		2.65	230.55	87	85482.5682	99.369%	C	
LAMINA PARA PRUEBAS & EMPAQ		87.7136	150.12	201	85632.6882	99.544%	C	
ROLLO TERMOENCOCIBLE 10 X 1		3.15	134.82	42.8	85767.5082	99.700%	C	
LAMINA 23 X 2.6 NATURAL		2.7	116.1	43	85883.6082	99.835%	C	
LAMINA 26 X 2.3		2.5	75	30	85958.6082	99.922%	C	
LAMINA ROLLO 26 X 3.5		3.6654	66.7103	18.2	86025.3185	100.000%	C	
Total general		615.7869	86025.3185	23574.98				100.000%

Fuente: Ambaflex Cia. Ltda.. 2021

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Para realizar el diagrama de Pareto se dividió en 2 grupos debido a la composición de su fórmula de extrusión, esto se detalla a continuación:

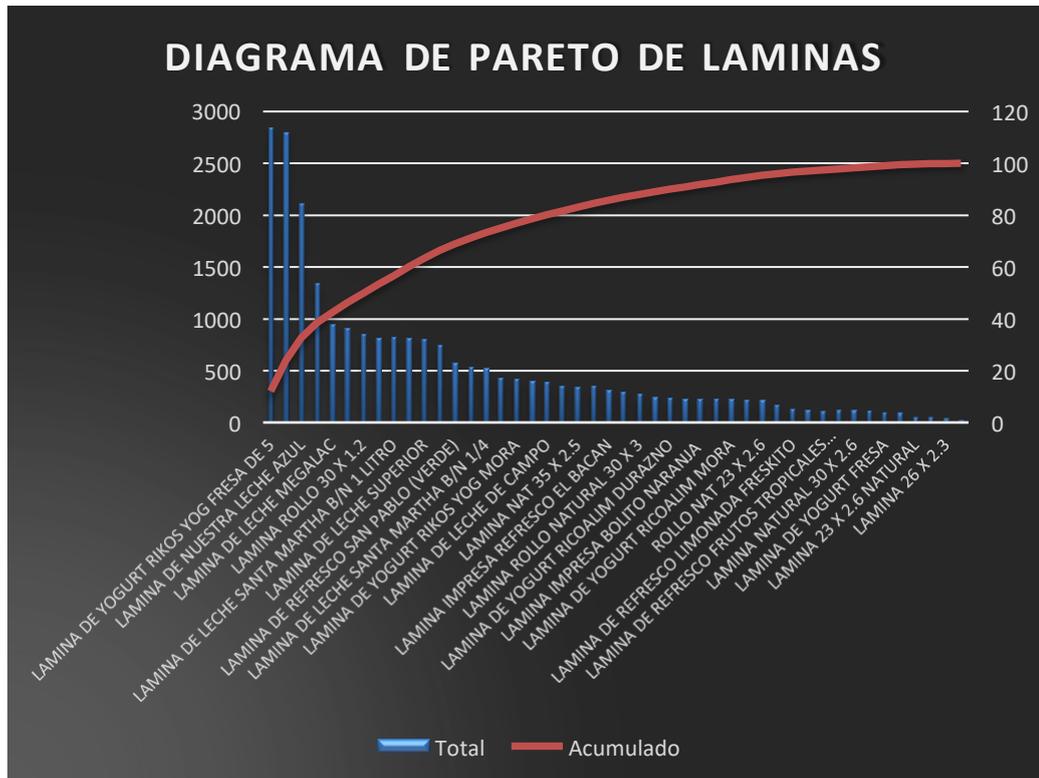
1. Fundas: las fundas pueden ser de tipo naturales o impresas, pero por pertenecer a la misma clase se realizó un mismo análisis. En el Gráfico 8-3, se representan los datos obtenidos en el Pareto de acuerdo al estudio del volumen de producción fundas.



**Gráfico 8-3.** Diagrama de Pareto de acuerdo al volumen de producción de fundas

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

2. Láminas: este producto tiene sus variaciones entre tonalidades en las caras de la lámina, sin embargo, sus propósitos de uso son los mismos. En el Gráfico 9-3, se representan los datos obtenidos en el Pareto de acuerdo al estudio del volumen de producción de láminas.



### Gráfico 9-3. Diagrama de Pareto de acuerdo al volumen de producción de láminas

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

La información detallada en el ANEXO C. Los resultados obtenidos del volumen de producción para cada producto estrella se observan en la Tabla 18-3.

**Tabla 18-3:** Productos estrella por volumen de producción de acuerdo al criterio de 80-20

Nombre	Tipo	Dimensión (cm)	Codigo	Volumen de producción
Funda pollos el placer	Impresa	9x15x1.5	F0000788	31.92%
Funda	Natural	23x40x2.5	F0000797	45.39%
Lamina	Impresa	Por peso	F0000803	32.79%

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.12.3 Descripción de los productos estrella

#### 3.12.3.1 Funda impresa pollo el placer

El tipo de funda impresa para pollos el placer, es un producto conformado por tres procesos como son extrusión, impresión y refilado, dentro de los cuales se encuentran varios subprocesos que entregan como resultado una funda impresa y perforada para el empaquetado de pollos pelados, para la elaboración de la película se requiere de materiales como metaloceno, polietileno LDPE y LLDPE, y para la impresión del logotipo de la organización se necesita de etanol, NTA y tintas de color (Amarillo, blanco, rojo y negro). Este tipo de fundas impresas cuentan con una dimensión de 9 x 15 x 1.5 cm, las mismas que se empaquetan en grupos de 100 fundas. La Figura 24-3., se presenta la funda impresa pollo el placer, fabricada por la empresa AMBAFLEX.



**Figura 24-3.** Funda impresa para pollos el placer

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Los parámetros necesarios para la elaboración de este tipo de funda se detallan en la siguiente Tabla 19-3.

**Tabla 19-3:** Parámetros para elaboración de lámina impresa para pollos el placer

Temperatura del cabezal (ext. de alta densidad)					Temperatura del tornillos (ext. de alta densidad)		
T. 1 °C	T. 2 °C	T. 3 °C	T. 4 °C	T. 5 °C	T. 1 °C	T. 2 °C	T. 3 °C
195	190	185	180	175	205	200	195
Velocidad del tornillos (rpm)					Velocidad de impresión m/min		
14					40		
Velocidad de refilado (ft/min)							
30							

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.12.3.2 Funda natural de 23 x 40 x 2.5 cm

La funda tipo natural de 23 x 40 x 2.5 cm requiere de dos procedimientos fundamentales como son extrusión y corte/sellado, dentro de estos se encuentran otros sub procesos que aportan para la elaboración de este modelo, para su extrusión se requiere de materiales como DPTE 9400, LLDPTE 122F y polietileno recuperado, en el caso del segundo proceso importante necesita básicamente el seteo correcto de los parámetros del sellado y corte para cumplir con los parámetros de las dimensiones de la funda. En la Figura 25-3., se observa el producto en mención.



**Figura 25-3.** Funda natural de 23 x 40 x 2.5 cm

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Los parámetros requeridos para la manufactura de este modelo de funda natural se presentan a continuación en la Tabla 20-3.

**Tabla 20-3:** Parámetros para elaboración de funda natural de 23 x 40 x 2.5 cm

Temperatura del cabezal (ext. de 3 ejes)					Temperatura del tornillos (ext. de 3 ejes)		
T. 1 °C	T. 2 °C	T. 3 °C	T. 4 °C	T. 5 °C	T. 1 °C	T. 2 °C	T. 3 °C
190	185	180	175	170	200	195	190
Velocidad de los tornillos (rpm)					Velocidad de impresión m/min		
11					40		
Velocidad de corte (golpes/min)					Temperatura de sellado °C		
40					300		

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.12.3.3 Lámina para leche impresa

El caso de la fabricación de lámina para leche requiere de diferentes materiales, sin embargo, tiene procesos en común con los anteriores productos, cuenta con tres procesos de producción como son la extrusión, impresión y refilado, los materiales necesarios para su correcta extrusión son metaloceno 9211, pigmento negro LR-74, blanco LL-70, polietileno LDPE 200F, y LLDPTE 122F, para el caso de la impresión necesita de tinta de color (azul reflexión, azul cian, rojo medio, gris y un barniz protector), etanol y NTA, finalmente para el caso de refilado se requiere de una colocación correcta de los parámetros de corte en la máquina refiladora M – 79757 N. en la Figura 26-3., se observa el producto obtenido de este proceso.



**Figura 26-3.** Lámina para leche impresa

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Los parámetros necesarios para la obtención de la lámina de leche impresa se observan en la Tabla 21-3.

**Tabla 21-3:** Parámetros para elaborar lámina para leche impresa

Temperatura del cabezal (ext. de alta densidad)					Temperatura del tornillos (ext. de alta densidad)		
T. 1 °C	T. 2 °C	T. 3 °C	T. 4 °C	T. 5 °C	T. 1 °C	T. 2 °C	T. 3 °C
190	185	180	175	170	205	200	195
Velocidad del tornillos (rpm)					Velocidad de corte (golpes/min)		
13					35		
Temperatura de sellado °C							
80							

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

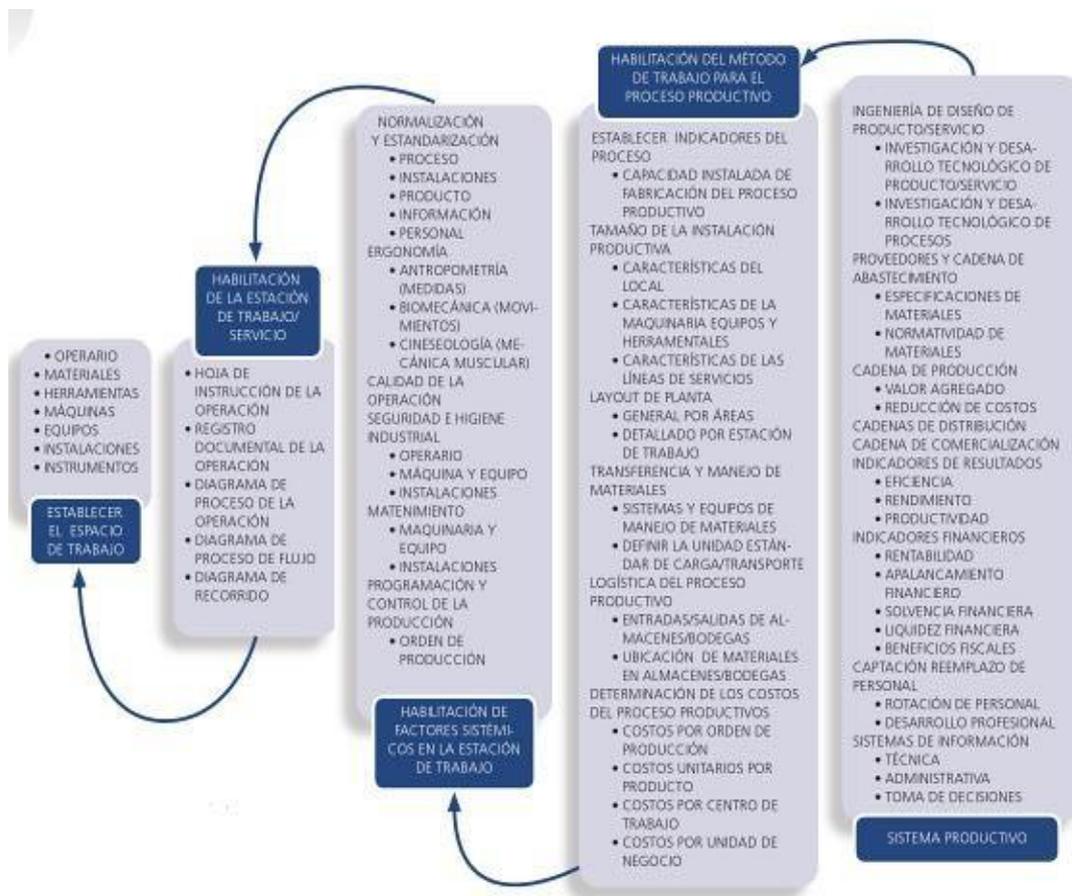
### 3.12.4 Análisis del proceso

A continuación, se presenta el flujograma de procesos concerniente a la elaboración de funda impresa pollo el placer, detallando las actividades y su respectiva secuencia que conlleva a la

manufactura del producto mencionado, como se muestra en la Figura 26-3. Es necesario señalar que el análisis se realizó englobando todos los procesos para determinar la incidencia de cada uno en la producción y a su vez identificar los que presentan inconvenientes significativos como cuellos de botella o retrasos innecesarios.

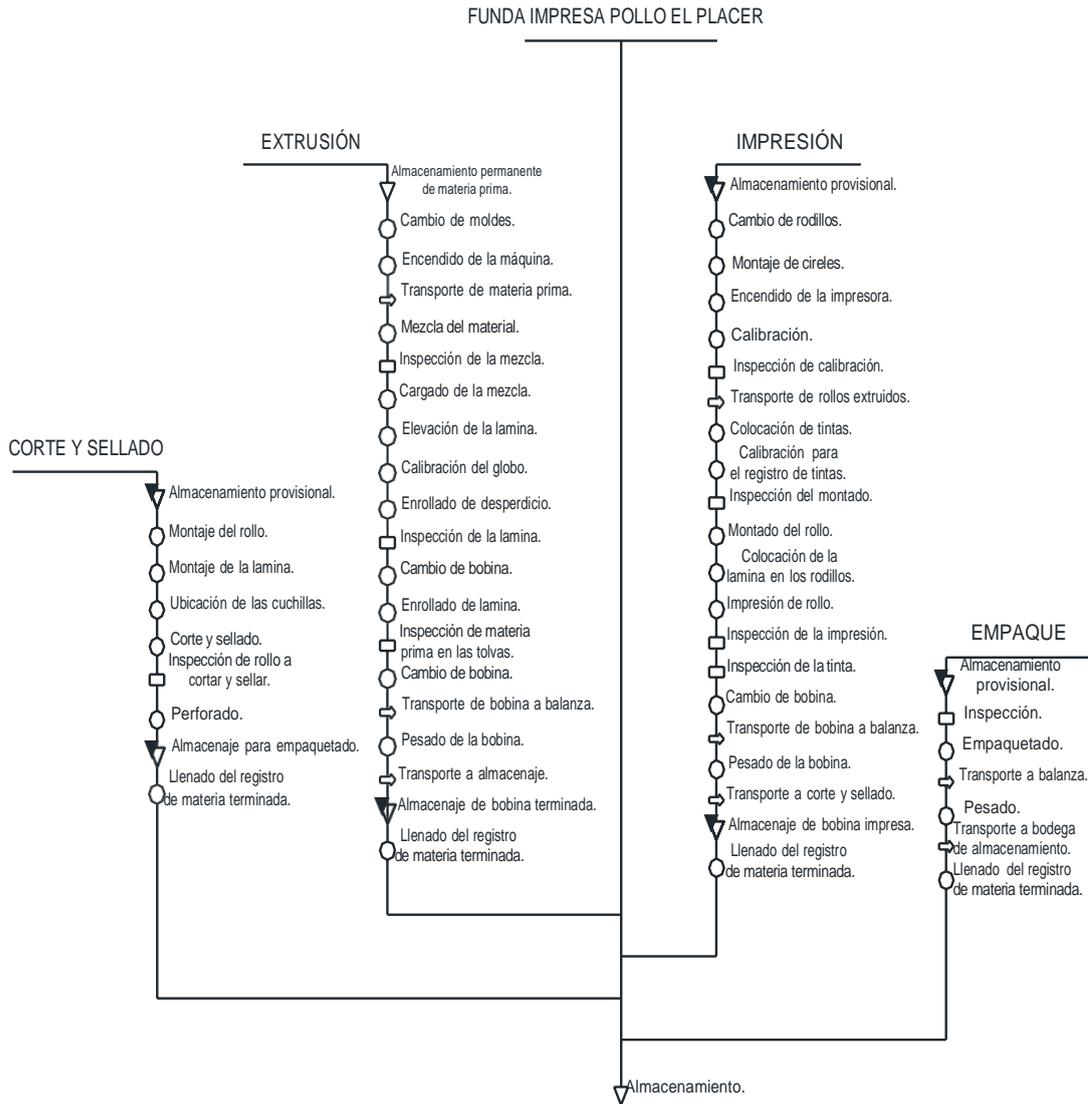
Posteriormente se mostrarán las hojas de registro en donde se detallan los tiempos y distancias determinadas en cada uno de los procesos.

El estudio de tiempos y movimientos consta de un complejo proceso el cual es detallado a continuación en la Gráfica 10-3.



**Gráfico 10-3.** Método de trabajo y su interacción con el sistema productivo

Fuente: Peralta et al., 2014.



**Figura 26-3.** Flujograma de procesos para la elaboración de Funda impresa pollo el placer  
**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De igual manera para los demás productos estrella identificados se realizó el análisis del flujograma de los procesos, lo cual se muestran en el ANEXO D.

#### 3.12.4.1 Análisis 5's en el área de producción

El análisis de las 5's se realizó con el propósito de determinar el estado actual del sistema de producción para determinar la eficiencia de trabajo que ofrece el área de trabajo, esto se puede observar en la Tabla 22-3 y 23-3., en donde se detalla el análisis completo.

**Tabla 22-3.** Tabla de evaluación 5's.

TABLA DE EVALUACION 5's				
Realizado por: Gonzalez M, Rodriguez E.				
Fecha: 11 de Mayo de 2021				
<b>ESCALA DE PUNTUACIÓN</b>				
5 = Excelente				
4 = Muy bueno				
3 = Bueno				
2 = Regular				
1 = Malo				
0 = Muy malo				
CATEGORIA	N°	PREGUNTA	PUNTUACIÓN	TOTAL
CLASIFICACIÓN (SEIRI)	1	Existe una delimitación de las áreas de trabajo	3	12
	2	Los equipos o herramientas son de fácil alcance	4	
	3	Los pasillos están libres de obstáculos	2	
	4	Las herramientas o equipos se encuentran en un lugar no designado	3	
ORDEN (SEITON)	1	Se identifican las áreas de almacenaje	4	12
	2	Las herramientas se colocan en su lugar después de ser utilizadas	4	
	3	Las herramientas y equipos tienen lugares designados y adecuados	3	
	4	Existe acumulación de objetos	1	
LIMPIEZA (ZEIZO)	1	El piso está libre de desechos, líquidos o polvo	3	11
	2	Los equipos y herramientas se limpian después de su uso	3	
	3	Se realiza una limpieza programada	2	
	4	Las máquinas se encuentran libres de polvo o aceites	3	
ESTANDARIZACIÓN (SEIKETSU)	1	Se lleva un control de los procesos y stock	4	10
	2	Los diferentes procesos se los realiza con instructivos detallados	1	
	3	El personal utiliza equipo y vestimenta de protección adecuado	3	
	4	Existen señalamientos estandarizados	2	
DISCIPLINA (SHITSUKE)	1	Los operadores conocen sus responsabilidades y uso de herramientas	4	13
	2	Se almacena de forma correcta tanto herramientas, equipos y materiales	3	
	3	Se realiza un control visual de limpieza y orden en los procesos	3	
	4	Son conocidos los procesos estandarizados	3	

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

**Tabla 23-3.** Tabulación de resultados

TABULACIÓN					
	PUNTOS OBTENIDOS	PUNTOS POSIBLES	PORCENTAJE	CALIFICACIÓN	LETRADA
<b>CLASIFICACIÓN</b>	12	20	60%	Regular	C
<b>ORDEN</b>	12	20	60%	Regular	C
<b>LIMPIEZA</b>	11	20	55%	Regular	C
<b>ESTANDARIZACIÓN</b>	10	20	50%	Deficiente	D
<b>DISCIPLINA</b>	13	20	65%	Regular	C
<b>TOTAL GENERAL</b>	58	100	58%	Regular	C

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Para la determinación de los porcentajes necesarios para realizar la escala de evaluación se requirió de la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que el valor de 20 es la puntuación máxima alcanzable en cada nivel evaluado.

$$PORCENTAJE = \frac{\text{Puntos Obtenidos}}{\text{Puntos Psobles}} * 100 (7)$$

Y los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 24-3.

**Tabla 24-3:** Escala para evaluación

ESCALA PARA EVALUACIÓN		
CALIFICACIÓN	RANGO	LETRA
<b>Excelente</b>	91% - 100%	A
<b>Bueno</b>	71% - 90%	B
<b>Regular</b>	51% - 70%	C
<b>Deficiente</b>	0% - 50%	D

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Tras realizar una evaluación basada en las 5's, solo se alcanza un 58% de eficiencia en general, como se observa en la Tabla 23-3., con lo cual, se puede determinar que el sistema productivo que se lleva actualmente es regular. Por consiguiente, se debe mejorar para que sea un sistema óptimo.

Se presenta la parte más deficiente en la estandarización, donde tan solo se cumple un 50%, como se aprecia en la Tabla 23-3., siendo este el punto donde más se debe mejorar, adicional a esto se presenta deficiencia en cuanto al orden y distribución de la planta con el fin de mejorar el área de trabajo y el ambiente laboral. A continuación, en la Figura 27-3., se evidencia el estado actual del área de manufactura.



**Figura 27-3.** Estado actual del área de producción

Fuente: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### 3.12.4.2 Toma de tiempos de en el área de producción

Con el fin de determinar los tiempos de cada proceso involucrado en la elaboración de un producto, se llevó a cabo una toma de los períodos con la ayuda del cronómetro al momento en

que los operarios realizaban las operaciones, con el fin de determinar actividades que no generen valor al producto o a su vez cuellos de botella, las mismas que se analizarán al momento determinar la productividad de cada proceso productivo.

El cálculo del número de repeticiones que se deben realizar para la determinación el tiempo de operación más próximo a la realidad se realizó bajo la validación con la fórmula (1) del tamaño de la muestra, la que estadísticamente trabaja con un nivel de confianza del 95%, lo que representa que el 95% de la muestra no se encuentra afectada de un error mayor a  $\pm 5\%$  del tiempo correcto del elemento observado.

Los tiempos obtenidos al realizar las tomas de los ciclos de trabajo para las Fundas impresas para pollos el placer se muestran la Tabla 25-3, la cual representa el número de observaciones tomadas en el proceso que contenía la mayor variabilidad en sus medidas por lo cual se tomó este número de observaciones como un estándar. Los demás tiempos cronometrados de los procesos y los productos se detallan en el ANEXO E.

**Tabla 25-3:** Tabla de observaciones tomadas de la operación con mayor variabilidad

OBSERVACIONES		
N°	Xi	$Xi^2$
1	0.27	0.0729
2	0.32	0.1024
3	0.34	0.1156
4	0.32	0.1024
5	0.3	0.09
6	0.28	0.0784
7	0.26	0.0676
8	0.34	0.1156
9	0.33	0.1089
10	0.27	0.0729
11	0.29	0.0841
12	0.36	0.1296
13	0.32	0.1024
14	0.3	0.09
15	0.35	0.1225
<b>TOTAL</b>	<b>4.65</b>	<b>1.4553</b>

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Sustituyendo la fórmula (1):

$$n = \left( \frac{40\sqrt{15(1.4553) - (4.65)^2}}{4.65} \right)^2$$

$$n = 15.3174 \sim 15$$

Lo cual significa que el mayor número de observaciones realizadas es de 15, las mismas que se tomaron para todos los procesos con el fin de evitar el cálculo de cada proceso, esto dándonos la certeza que el estudio realizado es correcto.

Debido a que se observa que el operario trabaja a ritmo normal se considera un factor de valoración de 100%, por lo que se confirma que el tiempo de ciclo actual es normal.

A continuación, en la Tabla 26-3, se detalla un resumen del análisis de tiempos tomados para el producto Fundas impresas para pollos el placer.

**Tabla 26-3:** Cuadro resumen de tamaño de muestra de procesos para Fundas impresas para pollos el placer

CUADRO RESUMEN DE TAMAÑO DE MUESTRA				
PRODUCTO: Fundas impresas para pollos el placer				
PROCESO: EXTRUSIÓN			MODELO: THDP - 45	
ACTIVIDAD	N'	$\Sigma xi$	$\Sigma xi^2$	N
Cambio de molde	15	1350	121723.991	2.949681
Encendido y calentado de la extrusora	15	3600	864000	0
Transporte de materia prima	15	13.5	12.24	11.85185
Mezcla de materia	15	86.4	500.4098	8.827803
Inspección de mezcla	15	3	0.6052	13.87
Cargado de mezcla	15	19.5	25.5522	12.76213
Elevación de la lámina	15	360	8674.0708	6.309407
Calibración del globo	15	555	20663.3716	10.00217
Enrollado de desperdicios	15	1035	71684.3716	6.035071
Inspección de la lamina	15	4.65	1.4553	15.3174
Cambio de bobina	15	11.55	8.933	7.16
Enrollado de lamina	15	2595	450635	6.058784
Inspección de materia prima	15	1.65	0.1831	14.10468
Cambio de bobina	15	36.75	90.6477	10.84348
Transporte a balanza	15	9.75	6.3831	11.5124
Pesado de la bobina	15	15.3	15.6594	5.474817
Transporte a almacenamiento	15	27.45	50.6469	13.16731
Llenado del registro de materia prima	15	14.4	13.9182	10.90278
PROCESO: IMPRESIÓN			MODELO: XY - 61000	
ACTIVIDAD	N'	$\Sigma xi$	$\Sigma xi^2$	N
Cambio de rodillos	15	1800	216172	1.274074
Montaje de cirales	15	675	30454.3856	4.181628
Encendido de la impresora	15	12	9.6412	6.866667
Calibración	15	1260	106164	4.897959
Inspección de calibración	15	127.35	1085.0953	5.762182
Transporte de rodillos extruidos	15	27	49.0182	13.7679
Calocación de tintas	15	480	15418.757	6.120521
Calibración para el registro de tintas	15	1050	73590.3508	1.96682
Inspección del montaje	15	315	6650.059	8.479879
Montado del rollo	15	31.8	67.92	12.02
Colocación de la lamina en los rodillos	15	195	2545.7778	6.802556
Impresión del rollo	15	2235	333170.171	0.745535
Inspección de la impresión	15	33.45	75.1967	12.93839
Inspección de tinta	15	56.25	212.1253	9.009683
Cambio de bobina	15	11.55	8.9205	4.85748
Transporte de bobina a balanza	15	5.55	2.0697	12.62235
Pesado de la bobina	15	12.6	10.6392	8.344671
Transporte a corte y sellado	15	17.1	19.566	5.909511
Llenado del registro de materia terminada	15	12.3	10.1174	4.981162
PROCESO: CORTE Y SELLADO			MODELO: SNP - 700	
ACTIVIDAD	N'	$\Sigma xi$	$\Sigma xi^2$	N
Montaje del rollo	15	25.8	44.5564	6.504417
Montaje de la lamina	15	111	823.4708	4.033699
Ubicación de las cuchillas	15	8.55	4.909	11.49
Corte y sellado	15	3810	968852	1.83851
Inspección de rollo a corte y sellado	15	3	0.6038	10.13333
Perforado	15	9	5.4324	9.6
Llenado del registro de materia terminada	15	16.95	19.2809	10.64244
PROCESO: EMPAQUETADO			MANUAL	
ACTIVIDAD	N'	$\Sigma xi$	$\Sigma xi^2$	N
Empaquetado	15	3845.7	986377.888	0.677222
Transporte a balanza	15	5.55	2.0707	13.40151
Pesado	15	1.95	0.2559	15.15
Transporte a bodega de almacenamiento	15	6.45	2.7955	12.69154
Llenado del registro de materia terminada	15	23.25	36.3291	12.94651

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.12.4.3 Análisis de los métodos de trabajo

Para el proceso de producción de fundas plásticas y láminas para productos lácteos se dispone de procesos determinados con diferentes tiempos de trabajo, los mismos que han sido analizados mediante el uso de hojas de registro de procesos en las cuales se incorporan datos relevantes como el tiempo promedio de procesamiento y la distancia recorrida para la realización del mismo. Las mismas que se presentan a continuación en la Figura 28-3., como parte del proceso de extrusión de película para la producción de Fundas impresas para pollos el placer. Los demás diagramas Cursogramas analíticos de material se aprecian en el ANEXO F.

CURSOGRÁMA ANALÍTICO DEL MATERIAL.										
DIAGRAMA 3, HOJA 1	RESUMEN									
	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA							
Objetivo: Análisis del proceso de producción actual.	Operación	○								
	Transporte	⇒								
ACTIVIDAD: extrusión de lamina para fundas de pollos el placer	Demora	D								
	Inpección	□								
	Almacenamiento permanente	∇								
	Almacenamiento temporal	▽								
MÉTODO ACTUAL	DISTANCIA (metros):									
LUGAR: Área de producción	TIEMPO (minutos):									
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (metros)	TIEMPO (minutos)	SIMBOLO			OBSERVACIONES			
Almacenamiento permanente de materia prima.	Resinas			○	⇒	D	□	∇	▽	
Cambio de moldes.	1 molde		90							
Encendido y calentamiento de la extrusora.			240							
Transporte de materia prima.	75 Kg	28.40	0.9							
Mezcla del material.	75 Kg		5.76							
Inspección de la mezcla.	10 gr		0.20							
Cargado de la mezcla.	25 Kg		1.3							Cada 90 min
Elevación de la lamina.	1 lamina extruida		24							
Calibración del globo.	1 lamina de (fundas para pollos el placer)		37							
Enrollado de desperdicio.	35 kg		69							
Inspección de la lamina.	1 lamina		0.31							Cada 30 min
Cambio de bobina.	1 bobina		0.77							
Enrollado de lamina.	2 rollo (de 80 Kg)		173							
Inspección de materia prima en las tolvas.	5 gr		0.11							Cada 30 min
Cambio de bobina.	2 bobina		2.45							
Transporte de bobina a balanza.	1 bobina (de 80 Kg)	10.65	0.65							
Pesado de la bobina.	1 bobina (de 80 Kg)		1.02							
Transporte a almacenaje.	1 bobina (de 80 Kg)	10.96	1.83							
Almacenaje de bobina terminada.	1 bobina (de 80 Kg)									
Llenado del registro de materia terminada.	1 Registro		0.96							
<b>TOTAL</b>		50.01	649.26							
RESUMEN										
Operación	○	12								
Transporte	⇒	3								
Demora	D	0								
Inpección	□	3								
Almacenamiento temporal	∇	1								
Almacenamiento permanente	▽	1								

**Figura 28-3.** Cursograma analítico del material para la elaboración de Fundas impresas para pollos el placer

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Con el objetivo de determinar el índice de productividad de acuerdo a las operaciones que generan valor agregado al producto y al mismo tiempo establecer los procesos con grandes retrasos o cuellos de botella.

Con este análisis se busca tener una visión más amplia de los problemas que tiene actualmente la empresa previa a la elaboración de un plan de mejora.

Para la determinación del índice de productividad se tomó el análisis del IVA (Índice de valor agregado), el mismo que mediante la medición del V.A.E. (Valor agregado a la empresa) y V.A.C. (Valor agregado al cliente) según la fórmula (2) no presenta un valor que debe ser superior al 75% para ser considerado efectivo, este indicador se aplicó a cada proceso para cada producto como se muestra en la Tabla 27-3., con el estudio del proceso de extrusión para la elaboración de la película de polietileno usado para las Fundas impresa para pollos el placer. Los análisis de los demás procesos se detallan en el ANEXO G.

**Tabla 27-3:** Índice de valor agregado en el proceso de extruido del producto fundas impresas para pollos el placer.

ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO											
AMBAFLEX CÍA. LTDA.				PROCESO: EXTRUSIÓN							
FECHA: 2021-06-25		VERSIÓN: ACTUAL		DEPENDENCIA: DEPTO. DE PRODUCCIÓN							
N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	SIMBOLO	TIEMPO (min)	AGREGA VALOR		NO AGREGA VALOR				
					VAE	VAC	P	I	E	M	A
1	Almacenamiento permanente de materia prima	Operador de extrusora (ROBERT MOYA)	▽								X
2	Cambio de moldes		⊙	106.2			X				
3	Encendido y calentamiento de la extrusora		⊙	240	X						
4	Transporte de materia prima		⇨	1.062							X
5	Mezcla del material		⊙	6.7968			X				
6	Inspección de la mezcla		⊙	0.236				X			
7	Cargado de la mezcla		⊙	1.534			X				
8	Elevación de la lamina		⊙	28.32			X				
9	Calibración del globo		⊙	43.66			X				
10	Enrollado de desperdicio		⊙	69	X						
11	Inspección de la lamina		⊙	0.3658				X			
12	Cambio de bobina		⊙	0.9086			X				
13	Enrollado de lamina		⊙	173		X					
14	Inspección de materia prima en las tolvas		⊙	0.1298				X			
15	Cambio de bobina		⊙	2.891			X				
16	Transporte de bobina a balanza		⇨	0.767							X
17	Pesado de la bobina		⊙	1.2036	X						
18	Transporte a almacenaje		⇨	2.1594							X
19	Almacenaje de bobina terminada		▼								X
20	Llenado del registro de materia terminada		⊙	1.1328	X						
<b>TOTAL</b>				679.3668	4	1	7	3	0	3	2

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES	TOTAL	VAE	VAC	P	I	E	M	A
ACTIVIDADES	20	4	1	7	3	0	3	2
TIEMPO TOTAL (min)	679.3668	311.3	173.0	347.1	0.73	0.00	3.99	0.00
TIEMPO ACTIVIDADES (%)	100	45.83	25.46	51.09	0.11	0.00	0.59	0.00
TIEMPO DE VALOR AGREGADO (min)	484.3	SI IVA >= 75% : PROCESO PRODUCTIVO						
INDICE DE VALOR AGREGADO (%)	71.2923269	<b>PROCESO NO EFECTIVO</b>						

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

A continuación, en la Tabla 28-3 se detallan los Índices de valor agregado de todos los procesos con su respectivo análisis de cuáles se consideran más críticos y se los puede considerar cuellos de botella.

**Tabla 28-3:** Resumen del IVA de todos los procesos de producción de los productos estrella

CUADRO RESUMEN DE IVA		
PROCESO	INDICE DE VALOR AGREGADO (%)	TIPO DE PROCESO
<b>PRODUCTO: Fundas impresas para pollos el placer</b>		
Extrusión	71.29	<b>PROCESO NO EFECTIVO</b>
Impresión	52.59	<b>PROCESO NO EFECTIVO</b>
Corte y sellado	95.64	<b>PROCESO EFECTIVO</b>
Empaquetado	99.69	<b>PROCESO EFECTIVO</b>
<b>PRODUCTO: Lamina para leche</b>		
Extrusión	22.88	<b>PROCESO NO EFECTIVO</b>
Impresión	47.92	<b>PROCESO NO EFECTIVO</b>
Refilado	88.39	<b>PROCESO EFECTIVO</b>
Empaquetado	65.60	<b>PROCESO NO EFECTIVO</b>
<b>PRODUCTO: Funda natural de 23x40x2.5</b>		
Extrusión	80.46	<b>PROCESO EFECTIVO</b>
Corte y sellado	68.85	<b>PROCESO NO EFECTIVO</b>
Empaquetado	96.89	<b>PROCESO EFECTIVO</b>

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 3.12.4.4 Estudio de tiempos

Las necesidades de producción a cumplir por la empresa se rigen por el volumen de fabricación que alcanza la maquinaria en las condiciones actuales del área de trabajo. Con el fin de analizar la eficiencia productiva disponible en la planta, se realiza un estudio de tiempos y movimientos enfocados en cada uno de los procesos. En la Tabla 29-3. Se detallan los porcentajes a aplicar por suplementos de acuerdo a la OIT (Organización Internacional del trabajo), de acuerdo a las tablas disponibles de la misma organización, como se muestra en el Gráfico 11-3.

SUPLEMENTOS CONSTANTES					
	Hombres	Mujeres			
A Suplemento por necesidad personal	5	7			
B Suplemento base por fatiga	4	4			
SUPLEMENTOS VARIABLES					
	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A Suplemento por trabajar de pie	2	4	F Concentración intensa		
B Suplemento por postura anormal			Trabajos de cierta precisión	0	0
Ligeramente incómodo	0	1	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
Incomodo (inclinado)	2	3	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Muy incomodo (echado, estirado)	7	7	G Ruido		
C Uso de fuerza / energía muscular (Levantar, tirar, empujar) Peso levantado (Kg)			Continuo	0	0
2.5	0	1	Intermitente y muy fuerte	2	2
5	1	2	Estridente y fuerte	5	5
10	3	4	H Tensión mental		
25	9	20	Proceso bastante complejo	1	1
35.5	22	max	Proceso complejo o atencion devida entre muchos objetos	4	4
D Mala iluminación			Muy complejo	8	8
Ligeramente por debajo de la poetencia calculada	0	0	I Monotonía		
Bastante por debajo	2	2	Trabajo algo monótono	0	0
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo bastante monótono	1	1
E Condiciones atmosfericas			Trabajo muy monótono	4	4
Indice de enfriameinto Kata			J Tedio		
16	0		Trabajo algo aburrido	0	0
8	10		Trabajo bastante aburrido	2	1
4	45		Trabajo muy aburrido	5	2
2	100				

**Gráfico 11-3.** Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los tiempos básicos

**Fuente:** Cruelles, 2012.

Análisis del sistema actual para el proceso de extrusión de láminas para fundas impresas para pollos el placer.

**Tabla 29-3:** Tabla de porcentaje suplementario en el proceso de extrusión para fundas impresas pollos el placer

TABLA DE PORCENTAJE SUPLEMENTARIO EN EXTRUSIÓN			
SUPLEMENTOS CONSTANTES			
Tipo de suplemento	Hombre (%)	Mujer (%)	
A	Suplemento por necesidades personales	5	N/A
B	Suplemento base por fatiga	4	N/A
SUPLEMENTOS VARIABLES			
Tipo de suplemento	Hombre (%)	Mujer (%)	
A	Suplemento por trabajo de pie	2	N/A
C	Uso de fuerza / energía muscular	3	N/A
	10 Kg		
H	Tensión metal	1	N/A
	Proceso bastante complejo		
I	Monotonía	1	N/A
	Trabajo bastante monótono		
J	Tedio	2	N/A
	Trabajo bastante aburrido		
<b>TOTAL</b>		<b>18</b>	<b>N/A</b>

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Valoración del ritmo de trabajo: Es considerado como un valor subjetivo que refleja el ritmo de trabajo, el cual es necesario para ajustar el tiempo observado a niveles normales, esto según el criterio propio del analista.

Para el caso estudiado se considera una valoración de 1=100% debido a que las mediciones realizadas se realizaron a un ritmo normal por parte de los trabajadores.

Aplicando la fórmula para determinar el tiempo normal (8) y el tiempo estándar (9), se tiene:

$$TN = TO * Valoración \text{ (8)}$$

$$TS = TN * (1 + \%S) \text{ (9)}$$

En donde:

- TN= Tiempo normal
- TO= Tiempo observado
- TS= Tiempo estándar
- S= Porcentaje suplementario

$$TN = 167.26 * 1 = 167.28 \text{ min}$$

$$TS = 167.26 * (1 + 0.18) = 197.367 \text{ min}$$

En la Tabla 30-3., se presentan los resultados de la situación actual en cada uno de los productos según los criterios analizados de tiempo normal y tiempo estándar.

**Tabla 30-3:** Tiempos estándar en los procesos de producción

CUADRO RESUMEN DE TIEMPOS ESTÁNDAR EN LA SITUACIÓN ACTUAL						
Producto: Funda impresa para pollos el placer						
Proceso	Tiempo tipo (min)	Ritmo de trabajo	Tiempo normal (min)	Suplementos	Tiempo Estandar (min)	Maquinaria
Extrusión	167	100%	167	18%	197	THDP-45
Impresión	408	100%	408	21%	494	XY-61000
Corte y sellado	10	100%	10	18%	12	SNP-700
Empaquetado	259	100%	259	23%	318	Manual
Producto: Lamina para leche						
Extrusión	163	100%	163	18%	192	THDP-45
Impresión	409	100%	409	21%	495	XY-61000
Refilado	9	100%	9	19%	11	M-79157N
Empaquetado	8	100%	8	23%	9	Manual
Producto: Funda natural 23 x 40 x 2.5						
Extrusión	95	100%	95	18%	113	Covex 60
Corte y sellado	40	100%	40	18%	47	AB 85
Empaquetado	94	100%	94	23%	115	Manual

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Adicional al IVA se determinó el índice de productividad combinada costo y tiempo, para corroborar el análisis realizado, cabe señalar que este análisis se realiza adicionando los tiempos suplementarios de operaciones con los costos registrados por la producción de los productos estrella, reemplazando la fórmula (3) tomamos como ejemplo el producto Fundas impresas para pollos el placer:

$$Productividad\ combinada\ costo\ y\ tiempo = \frac{166.8}{(2 \times 60)}$$

$$Productividad\ combinada\ costo\ y\ tiempo = 1.39 \frac{Kg}{dolar * hora}$$

El valor determinado de 0.000289 representa la producción en Kilogramos por cada minuto y dólar invertido en la producción actual de la empresa.

A continuación, en la tabla 31-3, se presenta el cuadro resumen de la productividad en las líneas de producción para los productos estrella.

**Tabla 31-3:** Resumen de productividad de las líneas de producción

Resumen de Productividad actual por producto.					
Producto	Cantidad producida (Kg)	Costo unitario incurrido (\$)	Tiempo incurrido (H)	Productividad combinada costo tiempo (kg/\$*H)	% Productividad
Funda impresa para	167	2	60	1,39	30
Lamina para leche	108	3	52	0,63	14
Funda natural de 23x40x2.5	249	3	28	2,63	57

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Como conclusión del análisis de productividad realizada enfocada en los procesos por separado y la productividad de la producción real generada, se corrobora el resultado de que el proceso realizado para la elaboración de fundas naturales de 23 x 40 x 2.5 es el más eficiente y por otro lado el método de trabajo usado para la producción de lámina para leche es el menos eficiente, siendo este el que requiere más énfasis en el estudio. Cabe resaltar que para el análisis de la producción real se tomaron los tiempos más sus respectivos suplementos para determinar un valor lo más cercano a la realidad.

En la Tabla 32-3 se presenta el resultado de tiempos considerando los suplementos determinados en la Tabla 30-3., para cada operación, estos datos se comparan con los índices de productividad del tiempo estándar en cada proceso, con el fin de determinar la eficiencia productiva según la fórmula (4), tomando en cuenta que una producción eficiente trabaja a un 85% de la capacidad máxima, la misma que se estima debido a que la empresa no cuenta con hojas de registro de tiempos de producción ni un histórico detallado.

**Tabla 32-3:** Resumen de eficiencia productiva

CUADRO RESUMEN DE EFICIENCIA PRODUCTIVA										
PROCESO	INDICE DE VALOR AGREGADO NORMAL (%)	INDICE DE VALOR AGREGADO SUPLEMENTOS (%)	TIEMPO + SUPLEMENTOS (min)	TIEMPO ESPERADO (min)	PRODUCTIVIDAD ACTUAL (%)	PRODUCTIVIDAD NORMAL (%)	PRODUCTIVIDAD ESPERADA (%)	PRODUCCIÓN REAL (Kg)	PRODUCCIÓN ESPERADA (Kg)	EFICIENCIA PRODUCTIVA (%)
<b>PRODUCTO: Fundas impresas para pollos el placer</b>										
Extrusión	48	48	3581	4112	74	74	85	167	192	76%
Impresión	55	53								
Corte y sellado	92	96								
Empaquetado	100	100								
<b>PRODUCTO: Lamina para leche</b>										
Extrusión	15	15	3138	4998	54	53	85	108	172	39%
Impresión	48	46								
Refilado	88	87								
Empaquetado	66	66								
<b>PRODUCTO: Funda natural de 23x40x2.5</b>										
Extrusión	78	77	1653	1757	81	80	85	249	265	89%
Corte y sellado	69	66								
Empaquetado	97	97								

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Gracias al análisis realizado en la Tabla 32-3 se valida el porcentaje de productividad determinada anteriormente, adicional a esto se establece el tiempo takt y el pitch actual de los procesos

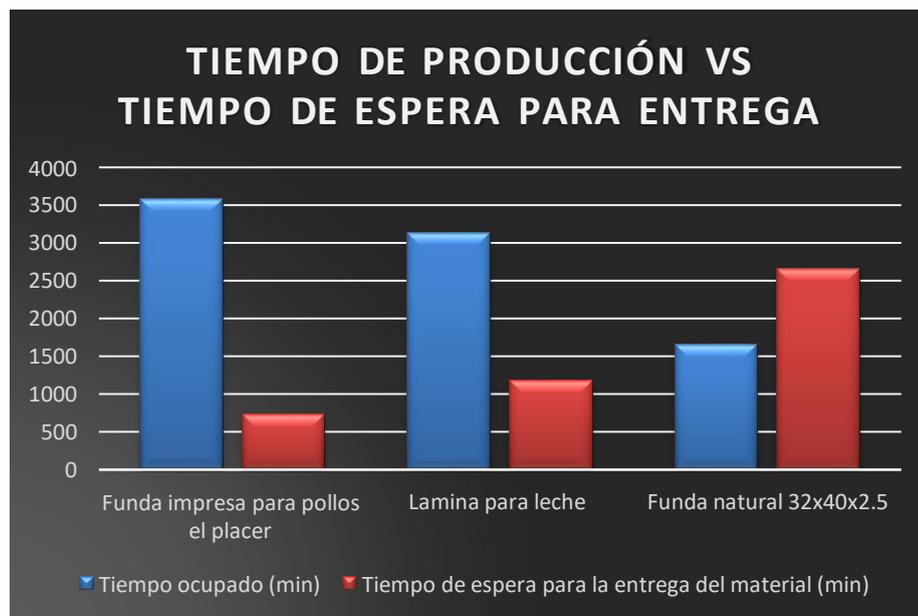
requeridos para la elaboración de los productos en análisis, según la fórmula (5) y (6) respectivamente, como se aprecia en la Tabla 33-3.

**Tabla 33-3:** Resumen de tiempo takt y pitch de la producción actual.

TAKT TIME Y PITCH						
Producto	Demanda del cliente (Kg)	Tiempo disponible (min)	Tiempo ocupado (min)	Tiempo Takt actual (Kg/min)	Pitch actual (Kg*u/min)	Tiempo de espera para la entrega del material (min)
Funda impresa para pollos el placer	166,8	4320	3581	0,039	1,18	739
Lamina para leche	108	4320	3138	0,025	0,40	1182
Funda natural 32x40x2.5	249	4320	1653	0,058	1,82	2667

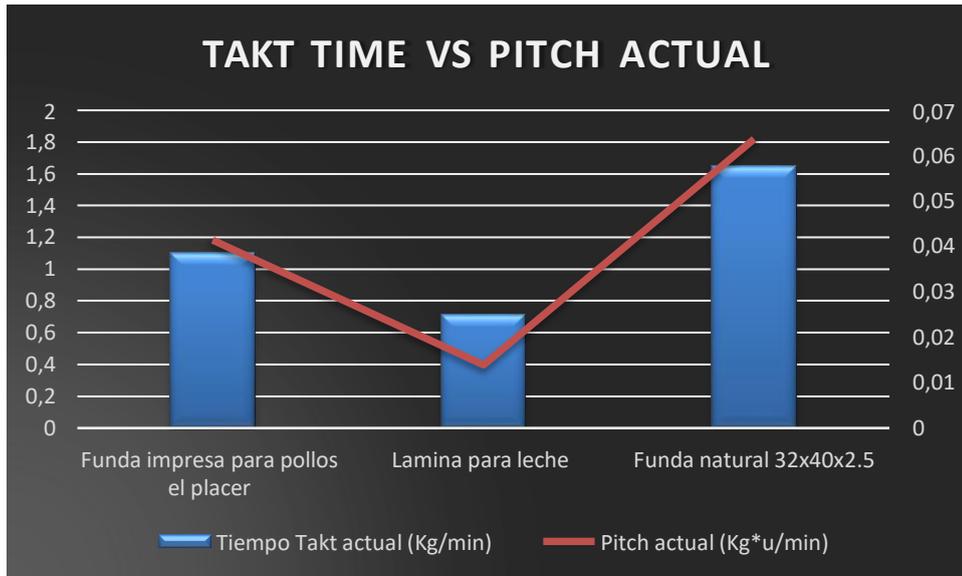
Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De acuerdo a los datos analizados se observa un tiempo almacenamiento de materia terminada demasiado prolongado en ciertos productos como se muestra en el Gráfico 12-3., así como un Takt time y pitch desbalanceado ya que la empresa dispone de 8 días laborables para la producción de un pedido, como se observa en las Gráfica 13-3.



**Gráfico 12-3.** Comparación de tiempo de producción y tiempo de entrega

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.



**Gráfico 13-3.** Comparación de takt time y pitch actual

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### 3.12.4.5 Análisis de distribución actual de planta

Para la determinación del área general necesaria para la producción se considera el área de cada máquina como se desarrolla a continuación en la Tabla 34-3.

**Tabla 34-3:** Equipos disponibles en la empresa

EQUIPOS			
Maquinaria	Modelo	Superficie estarica (m <sup>2</sup> )	N
ESTRUSORA	THDP - 45	34	1
ESTRUSORA	Covex 60	26	1
ESTRUSORA	XY - 50x2	13	1
IMPRESORA	XY - 61000	7	1
IMPRESORA	TAGA 1500	29	1
REFILADORA	M-79157 N	4	1
SELLADORA	AB 85	14	1
SELLADORA	850	14	1
SELLADORA	SNP - 700	10	1
SELLADORA	CW - 1000 SBD	7	1
SELLADORA	XYB - 900	13	1
PRE CORTE	XY - 1000	7	1
PRENSA HIDRAULICA	GSB - 100	0,5	1
<b>TOTAL</b>		<b>180</b>	

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Para determinar la superficie necesaria para la ubicación de la maquinaria se requiere del cálculo de la superficie de gravitación (Sg), la superficie de evolución (Se) y la superficie total que representa la sumatoria de todas las superficies de evolución, para la determinación de este cálculo

se requiere de la elección de un coeficiente constante (K) que depende del tipo de industria y este que varía de 0.05 a 3, según se muestra en la Tabla 35-3., y cuyos resultados se presentan en la Tabla 36-3.

**Tabla 35-3:** Coeficiente de la determinación

Razón de la empresa	Coeficiente K
Gran industria alimenticia	0,05 - 0,15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0,10 - 0,25
Textil - Hilado	0,05 - 0,25
Textil - Tejido	0,05 - 0,25
Relojería, Joyería	0,75 - 1,00
Industria mecánica pequeña	1,50 - 2,00
Industria mecánica	2,00 - 3,00

Fuente: (López, 2019).

$$Sg = Ss * N \quad (8)$$

$$Se = (Ss + Sg) * K \quad (9)$$

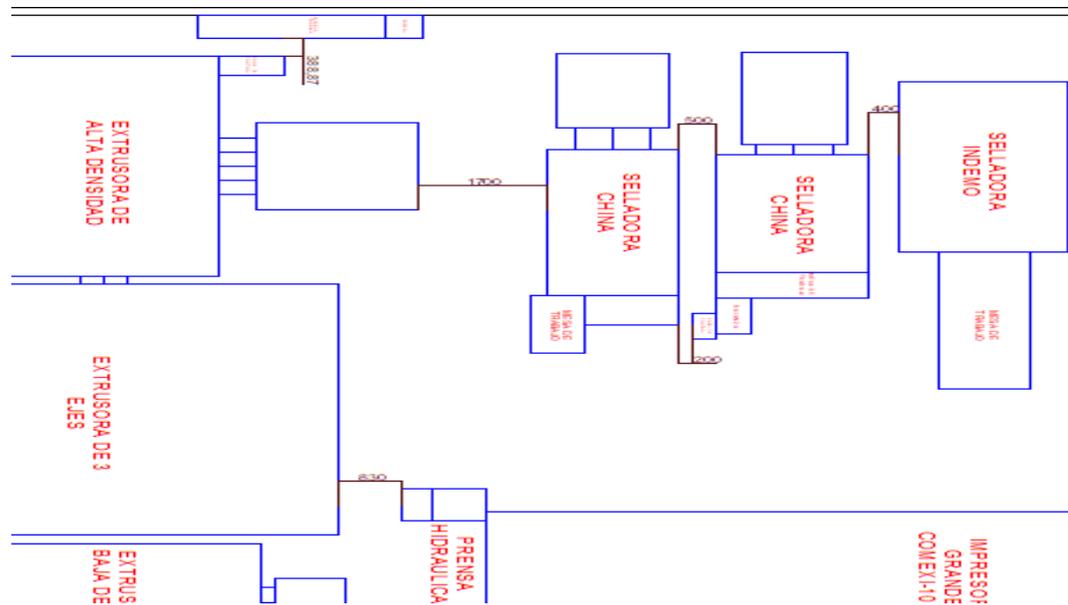
**Tabla 36-3:** Resumen del área necesaria para la maquinaria

RESUMEN DEL AREA NECESARIA PARA LA PRODUCCION						
Maquinaria	Modelo	Superficie estatica (m <sup>2</sup> )	N	Sg (m <sup>2</sup> )	Se (m <sup>2</sup> )	St (m <sup>2</sup> )
ESTRUSORA	THDP - 45	34	1	34	103	900
ESTRUSORA	Covex 60	26	1	26	78	
ESTRUSORA	XY - 50x2	13	1	13	38	
IMPRESORA	XY - 61000	7	1	7	22	
IMPRESORA	TAGA 1500	29	1	29	87	
REFILADORA	M-79157 N	4	1	4	13	
SELLADORA	AB 85	14	1	14	43	
SELLADORA	850	14	1	14	42	
SELLADORA	SNP - 700	10	1	10	31	
SELLADORA	CW - 1000 SBD	7	1	7	22	
SELLADORA	XYB - 900	13	1	13	38	
PRE CORTE	XY - 1000	7	1	7	20	
PRENSA HIDRAULICA	GSB - 100	0,5	1	0,5	1	
<b>TOTAL</b>		<b>180</b>	<b>TOTAL</b>	<b>180</b>	<b>540</b>	

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Actualmente la empresa cuenta con un área de 397,01 m<sup>2</sup> para el área de producción y almacenamiento, por lo que las instalaciones no disponen de una distribución adecuada como se muestra en la Figura 29-3., por la razón de que la maquinaria se ha ido adecuando al área de producción sin considerar los parámetros de seguridad presentes en el decreto 2393, y como se aprecia en la Tabla 36-3., expresa que el área necesaria es de 899.83 m<sup>2</sup>, esto dándonos una necesidad de 44.12% de área para su correcta distribución.

Con estos datos obtenidos se puede validar el análisis de 5's que refleja una mala distribución del área de trabajo y poca limpieza, como se aprecia en la Tabla 23-3, lo cual además de dificultar el trabajo alrededor de la maquinaria crea retrasos innecesarios y evitables.



**Figura 29-3.** Área de corte y sellado

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

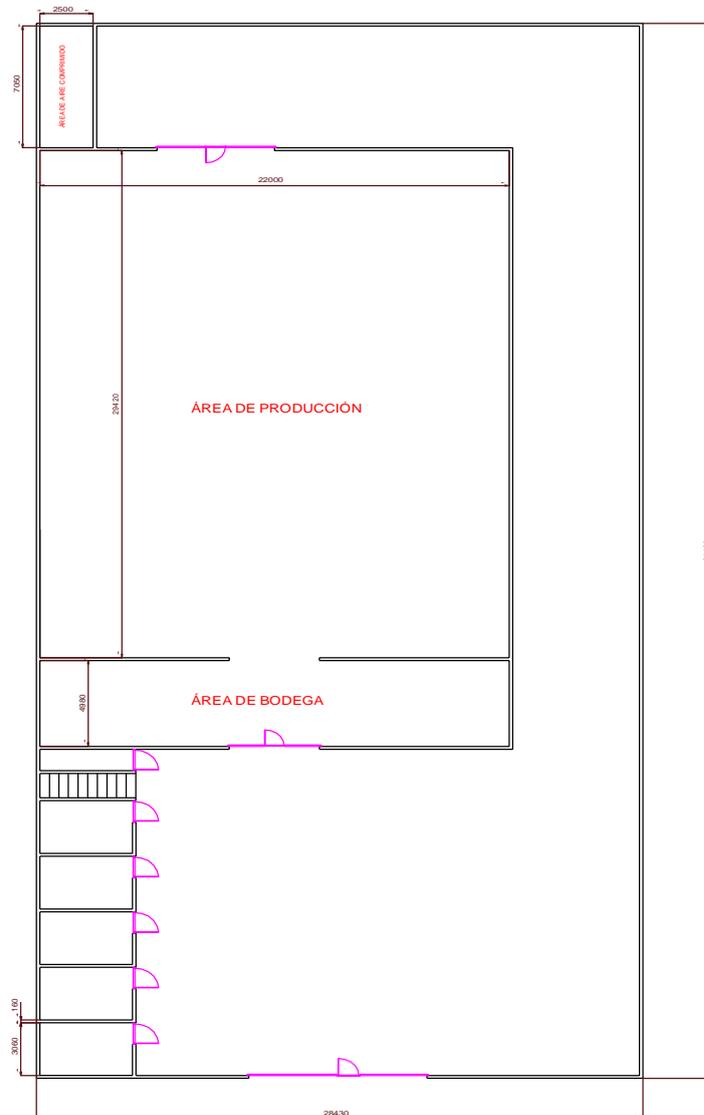
De acuerdo al modo de labor de la empresa en el que la materia prima se dirigía hacia las estaciones de trabajo con el fin de realizar la transformación de la materia prima y por el motivo de que se labora bajo un pedido previo del cliente (trabajo por lotes), se determina que el tipo de producción es funcional o por procesos como se presenta en la Figura 30-3., los demás diagramas de recorrido se detallan en el ANEXO H.





**Figura 31-3.** Medición del área de la nueva nave de la empresa AMBAFLEX

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.



**Figura 32-3.** Planos de la nueva planta de producción de la empresa

## Ambaflex.

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En el ANEXO I se aprecia el estudio de riesgo realizado en base al decreto 2393 en el cual se analizan los aspectos considerados como críticos en la planta actual de la empresa AMBAFLEX, mediante una matriz de evaluación y en el ANEXO J el plano de las mediciones realizadas la nueva planta de producción de la empresa AMBAFLEX.

### **3.13 Análisis de la problemática**

Al realizar observaciones directas en el proceso productivo, se pudieron identificar los diferentes factores con los cuales se generan falencias dentro del mismo.

Como se observa en la Tabla 28-3. Se resume el tipo de proceso según el IVA obtenido con un estudio estadístico para los productos estrella, teniendo como resultado que los procesos de extrusión e impresión son aquellos que se repiten como proceso no efectivo tanto para las fundas impresas como para lámina de leche, esto debido al mal sistema que llevan los operarios siendo realizado de forma empírica y en ocasiones desorganizado.

Además, que en la lámina para leche se presenta una deficiencia en el empaquetado, esto porque en ocasiones no se lleva un orden correcto a la hora de empacar los productos terminados.

Por otro lado, tras realizar una evaluación según la metodología 5's al proceso productivo en general, como se puede observar en la Tabla 24-3. Se dio como resultado que la estandarización es deficiente, lo cual afecta en la elaboración de los productos.

Adicional a esto se determinó un porcentaje de trabajo realizado por cada operación por producto según la fórmula (11), resultando un índice porcentual de carga laboral por operario como se muestra en la Tabla 37-3., esto como un enfoque a la nivelación que se desea realizar mediante el método Heijunka.

**Tabla 37-3:** Porcentaje de carga laboral por operación.

OCUPACIÓN DE OPERARIOS					
Producto: Fundas impresas para pollos el placer					
Proceso	Tiempo de operación del trabajador (min)	Tiempo de operación de la maquinaria (min)	Carga laboral en operación actual (%)	Carga laboral en operación esperada (%)	Carga laboral general (%)
Extrusión	247	482	29	34	35
Impresión	337	149	77	69	
Corte y sellado	93	254	5	27	
Empaquetado	161	0	100	66	
Producto: Lamina para leche					
Proceso	Tiempo de operación del trabajador (min)	Tiempo de operación de la maquinaria (min)	Carga laboral en operación actual (%)	Carga laboral en operación esperada (%)	Acumulado de carga laboral (%)
Extrusión	213	480	29	31	39
Impresión	317	84	86	79	
Refilado	32	58	16	36	
Empaquetado	6	0	100	71	
Producto: Funda natural 23x40x2.5					
Proceso	Tiempo de operación del trabajador (min)	Tiempo de operación de la maquinaria (min)	Carga laboral en operación actual (%)	Carga laboral en operación esperada (%)	Acumulado de carga laboral (%)
Extrusión	131	450	20	23	26
Corte y sellado	45	60	44	43	
Empaquetado	78	0	100	81	

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En cuanto a la distribución de planta, la empresa no cuenta con el suficiente espacio para poder organizar la maquinaria, por ello una máquina está muy cercana a otra. Provocando inconvenientes a la hora de poder realizar una circulación tanto del material como del personal. De igual forma esto provoca un desorden, encontrándose obstáculos o material en proceso en los pasillos, de acuerdo a la Tabla 38-3.

**Tabla 38-3:** Área actual y necesaria para la distribución de planta

ÁREA PARA PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO (m <sup>2</sup> )	
Actual	397,01
Necesaria	899,83

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Como se observa en las Tablas 36-3 y 38-3., el área actual es mucho menor que la necesaria, por lo que, al contar con una nueva planta de producción ya hecha, es necesaria una nueva distribución de la maquinaria.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS

#### 4.1 Estandarización de procesos

##### 4.1.1 Balanceo de líneas de producción mediante el método PERT/CPM

El plan de estandarización se desarrolla en primera instancia con un balance de las líneas productivas de los tres productos estrella seleccionados para el estudio. La investigación implica el control de la producción mediante el equilibrio en los puestos de trabajo para disminuir las variables encontradas que afectan la productividad.

El estudio se realizó de acuerdo a los datos de la Tabla 31-3., en donde se tomaron las consideraciones de tiempos suplementarios, volumen de producción y tiempos tipo para para producto, lo que nos entregó los resultados que se observan en la Tabla 1-4., del caso de las fundas impresas para pollos el placer en donde se detallan sus procesos predecesores.

**Tabla 1-4:** Tabla de precedencias de operaciones

DESIGNACION	ACTIVIDAD	TIEMPO (min)	PREDECESORAS
A	Cambio de moldes	106.20	-
B	Encendido y calentamiento de la extrusora	240.00	A
C	Transporte de materia prima	1.06	B
D	Mezcla del material	6.80	C
E	Inspección de la mezcla	0.24	D
F	Cargado de la mezcla	1.53	D
G	Elevacion de la lamina	28.32	B, E F
H	Calibración del globo	43.66	G
I	Enrollado de desperdicio	69.00	H
J	Inspección de la lamina	0.37	H
K	Cambio de bobina	0.91	J
L	Enrollado de lamina	173.00	K
M	Inpeccion de materia prima en las tolvas	0.13	L, I
N	Calmbio de bobina	2.89	L
O	Transporte de bobina a balanza	0.77	N
P	Pesado de la bobina	1.20	O
Q	Transporte a almacenamiento	2.16	P
R	Llenado del registro de materia terminada	1.13	M, Q

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

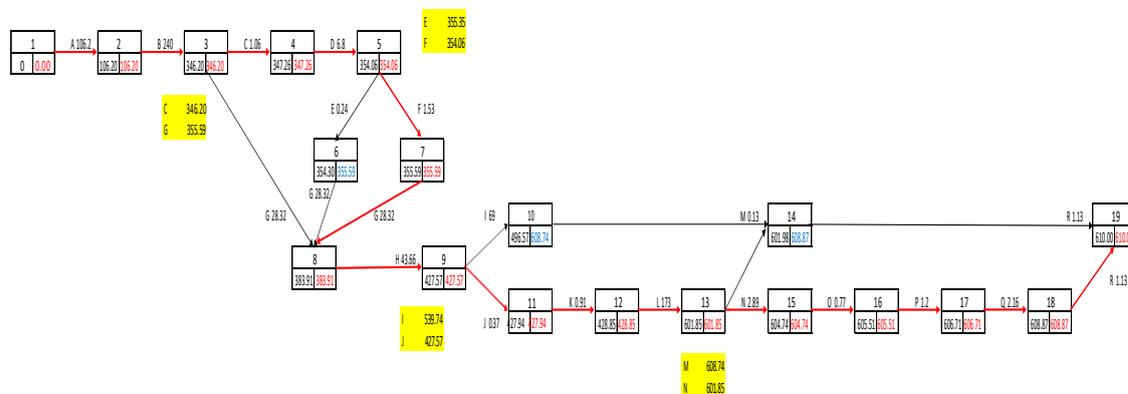
Adicional a esto en la Tabla 2-4., se detalla la secuencia de acuerdo a una matriz de modo que sea más entendible.

**Tabla 2-4:** Matriz de precedencia de operaciones

ACTIVIDAD	DESIGNACION	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Cambio de moldes	A		X																
Encendido y calentamiento de la extrusora	B			X				X											
Transporte de materia prima	C				X														
Mezcla del material	D					X	X												
Inspección de la mezcla	E							X											
Cargado de la mezcla	F							X											
Elevación de la lamina	G								X										
Calibración del globo	H									X	X								
Enrollado de desperdicio	I													X					
Inspección de la lamina	J											X							
Cambio de bobina	K												X						
Enrollado de lamina	L													X	X				
Inpeccion de materia prima en las tolvas	M																		X
Calmbio de bobina	N														X				
Transporte de bobina a balanza	O																X		
Pesado de la bobina	P																	X	
Transporte a almacenamiento	Q																		X
Ulenado del registro de materia terminada	R																		X

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Con el fin de ayudar a la identificación de la ruta crítica se presenta un diagrama PERT/CPM, en donde se resalta la ruta primordial de la materia prima con el fin de disminuir las operaciones que cuentan con alguna de modo de crear un proceso estandarizado y sin retrasos innecesarios, como se observa en la Figura 1-4. El resto de diagramas y tablas se pueden observar en el ANEXO K.



**Figura 1-4.** Diagrama PERT/CPM del producto fundas impresas para pollos el placer

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

A continuación, en la Tabla 3-4., se presenta una tabla resumen de las operaciones por producto en las que se presentan holguras en sus tiempos de trabajo y que posteriormente se deberán tratar para generar un proceso estandarizado.

**Tabla 3-4:** Resumen de ruta crítica de productos estrella

OPERACIONES CRITICAS DEL DIAGRAMA PERT/CPM		
<b>PRODUCTO: Funda impresas para pollos el placer</b>		
<b>PROCESO: EXTRUSIÓN</b>		
ACTIVIDAD	DESIGNACIÓN	TIEMPO (min)
Inspección de la mezcla	E	0.24
Elevación de la lamina	G	28.32
Enrollado de desperdicio	I	69
Inspección de materia prima en tolva	M	0.13
Llenado del registro de materia terminada	R	1.13
<b>PROCESO: IMPRESIÓN</b>		
Encendido de la impresora	C	0.97
Transporte de rollo extruido	F	2.18
Montado de rollo	J	2.57
Inspección de impresión	M	2.7
<b>PROCESO: CORTE Y SELLADO</b>		
Perforado	F	0.71
<b>PRODUCTO: Lamina para leche</b>		
<b>PROCESO: EXTRUSIÓN</b>		
Inspección de la mezcla	E	0.19
Elevación de la lamina	G	36.58
Enrollado de desperdicio	I	60
Inspección de materia prima en tolva	M	0.1
Llenado del registro de materia terminada	R	1.95
<b>PROCESO: IMPRESIÓN</b>		
Encendido de la impresora	C	0.97
Transporte de rollo extruido	F	2.9
Montado de rollo	J	4.21
Impresión de rollo	L	84
Inspección de tintas	N	0.28
<b>PROCESO: REFILADO</b>		
Montaje del rollo vacío	C	0.57
Colocación de lamina en el rollo	F	0.75
Refilado	G	58
Inspección de rollo refilado	I	1.84
<b>PRODUCTO: Funda natural 23x40x2.5</b>		
<b>PROCESO: EXTRUSIÓN</b>		
Inspección de la mezcla	E	0.2
Elevación de la lamina	G	31.86
Enrollado de desperdicio	I	120
Inspección de materia prima en tolva	M	0.1
Llenado del registro de materia terminada	R	1.95
<b>PROCESO: CORTE Y SELLADO</b>		
Corte	G	60.15
Inspección de sello	H	0.18
Llenado del registro de materia terminada	L	1.57
<b>PROCESO: EMPAQUETADO</b>		
Pesado	E	0.21
Llenado del registro de materia termianda	G	1.61

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### 4.1.2 *Análisis del proceso mediante diagrama de actividades múltiples*

Posterior a la identificación de la ruta crítica mediante la aplicación del diagrama P.E.R.T/C.P.M. y el estudio del recorrido, se optó por la combinación de operaciones con el fin de obtener procedimientos que generen más valor agregado al producto y a la empresa, con ayuda del método de diagrama de actividades múltiples se equilibró la carga laboral por parte de los operarios reduciendo el tiempo de trabajo en varios procesos, como se evidencia en la Tabla 4-4.

**Tabla 4-4:** Diagrama de actividades múltiples para el producto fundas impresas para pollos el placer

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES DEL PROCESO DE POLLOS EL PLACER									
Operacion	Tiempo normal (min)	Tiempo propuesto (min)	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Maquina 1	Maquina 2	Maquina 3
Cambio de molde	106	106							
Encendido y calentamiento de la extrusora	240	240							
Transporte y mezcla de materia prima	8	8							
Inspección y cargado de la mezcla	2	2							
Elevación y calibración de la lamina	72	72							
Enrollado de desperdicio e inspeccion de la lamina	69	69							
Cambio de bobina	1	1							
Enrollado de lamina e inspección de material en tolva	173	173							
Calmbio de bobina	3	3							
Transporte de bobina a balanza	1	1							
Pesado de la bobina y llenado de registro	2	2							
Transporte a almacenamiento	2	2							
Cambio de rodillos a imprimir	145	73							
Montaje de cireles	54	27							
Encendido y calibración de la impresora	103	103							
Inspeccion de calibración y montaje	36	36							
Colocación de tintas	39	39							
Calibración para el registro de tintas	85	85							
Transporte y montaje del rollo	5	5							
Colocación de la lamina en los rodillos	16	16							
Impresión de rollo e inspección de impresión y tintas	149	149							
Cambio de bobina	1	1							
Transporte de bobina a balanza	0	0							
Pesado de la bobina y llenado de registro	2	2							
Transporte a corte y sellado	2	2							
Montaje del rollo a corte y sellado	2	2							
Montaje de la lamina	9	9							
Ubicación de las cuchillas	1	1							
Corte y sellado	254	254							
Inspección de sello y perforado	1	1							
Llenado del registro de materia terminada	1	1							
Empaquetado	315	158							
Transporte a balanza	0	0							
Pesado y llenado del registro	2	2							
Transporte a bodega de almacenamiento	1	1							
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>1901</b>	<b>1643</b>							

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De acuerdo al análisis realizado se dispone que para elevar la eficiencia del trabajo de impresión y empaquetado se debe adicionar la ayuda de los operarios de extrusión y corte respectivamente con el fin de disminuir los tiempos de preparación de la impresora flexográfica y equilibrar el trabajo realizado manualmente por los operarios del elemento antes mencionado además del proceso de empaquetado, en el caso de la elaboración de láminas para leche, que se considera el proceso menos eficiente de distribuir el personal de manera tal que dos operarios sumen su ayuda para la preparación de la impresora flexográfica y uno para que disminuya el trabajo de empaquetado, siendo el operario menos ocupado el del proceso de refilado debido a sus tiempos de desocupación, finalmente en el caso del producto fundas naturales se designó la ayuda del operario de extrusión para ayudar con el empaquetado, siendo el proceso general de este producto el menos desbalanceado laboralmente.

A continuación, en la Tabla 5-4., se presenta un resumen de los tiempos normales de trabajo y los tiempos propuestos considerando la combinación de operaciones y trabajos por parte de los operarios, determinando el mejor aprovechamiento de los recursos expresado en forma porcentual. Los diagramas de procesos combinados se aprecian de mejor manera en el ANEXO L.

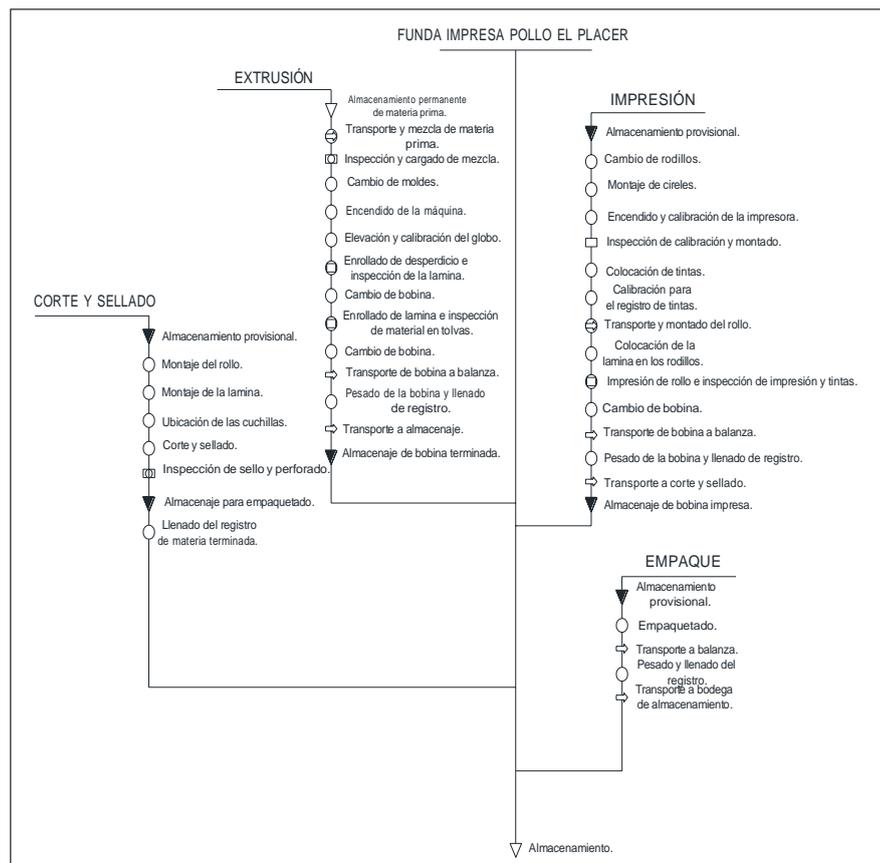
**Tabla 5-4:** Resumen de tiempos normales y estimados por la combinación de operaciones

RESUMEN DE CONTRASTES DE TIEMPOS REGISTRADOS Y ESTIMADOS					
PRODUCTO	TIEMPO SUPLEMENTARIO (min)	TIEMPO NORMAL ESTANDAR (min)	TIEMPO ESTIMADO ESTANDAR (min)	RELACIÓN T. SUPLEMENTARIO VS TIEMPO ESTANDAR (%)	RELACIÓN T. SUPLEMENTARIO VS TIEMPO ESTIMADO ESTANDAR (%)
Fundas impresas para pollos el placer	1909	1901	1643	0,4	14
Lamina para leche	2770	1325	1190	52	57
Funda natural	785	783	745	0,3	5

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### 4.1.3 Propuesta de procesos de operaciones

Después del análisis de las actividades que presentaban carga laboral excesiva, tiempos improductivos por parte de los operarios y actividades de preparación con un alto grado de complejidad, se realizó la combinación de actividades de acuerdo a los estudios previos y la distribución del personal que cuenta con tiempos de improductividad, dándonos como resultado el siguiente flujograma de procesos para el caso de fundas impresas para pollos el placer como se aprecia en la Figura 2-4. Los flujogramas de operaciones elaborados se detallan de mejor manera en el ANEXO M.

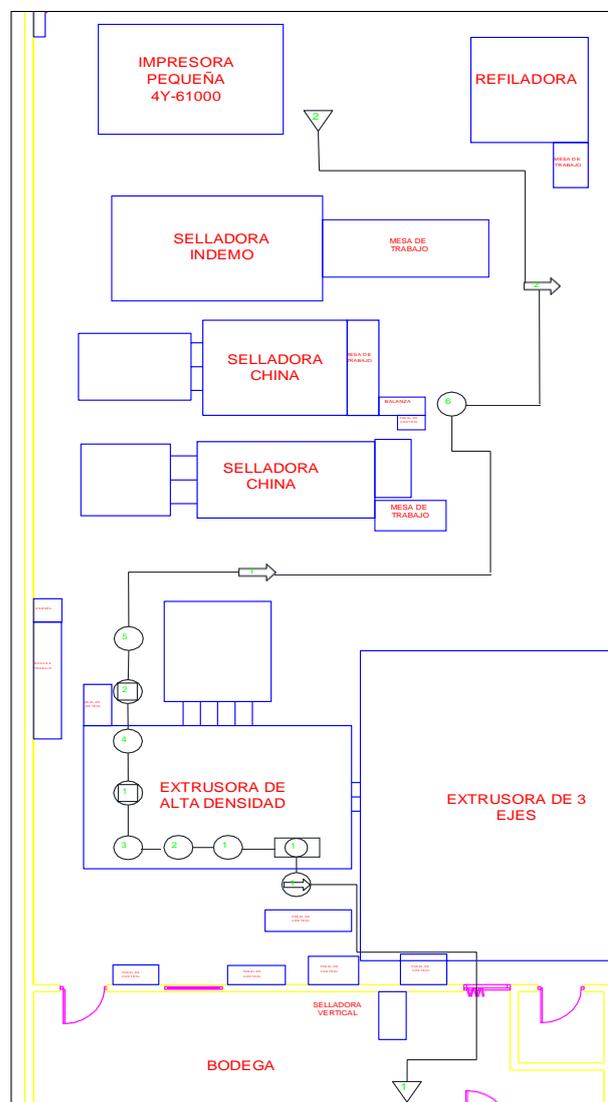


**Figura 2-4.** Flujograma de operaciones propuesto para el producto fundas impresas para pollos el placer

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Tras el estudio realizado se determinó una acción de mejora para el proceso de extrusión en el producto lamina para leche, el cual se enfoca en la eliminación de la espera de enfriamiento del rollo extruido, aplicando un enfriamiento en el interior de la burbuja o IBC, el mismo que se expresa en el flujograma de operaciones como la operación de extrusión, este proceso no afecta la calidad del producto ya que su función es inyectar aire frio de forma interna al globo adicional al necesario para la formación del globo y haciendo recircular el aire interno como fuente de enfriamiento, esta acción incrementa hasta en un 50% la velocidad de extrusión y en nuestro caso elimina el retraso de operaciones al momento de paralizar la línea de producción por espera.

#### 4.1.4 Diagramas de recorrido propuestos



**Figura 3-4.** Diagrama de recorrido propuesto para extrusión de fundas impresas para pollos el placer.

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Como se aprecia en la Figura 3-4., el diagrama de recorrido de materia prima cuenta con operaciones combinadas de acuerdo al flujograma de la Figura 2-4., el resto de diagramas se encuentran en la ANEXO N.

#### 4.1.5 Análisis de valor agregado esperado

Por motivo de los cambios realizados tanto en la carga laboral como en los tiempos de producción se realiza un análisis de valor agregado como se observa en la Tabla 6-4., con el fin de contrastar la mejora esperada con la propuesta de trabajo versus los datos recopilados en el estudio del estado actual de la empresa.

**Tabla 6-4:** Análisis de valor agregado del proceso propuesto de extrusión para el producto de fundas impresas para pollos el placer.

ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO											
AMBAFLEX CÍA. LTDA.				PROCESO: EXTRUSIÓN							
FECHA: 2021-06-25		VERSIÓN: PROPUESTO		DEPENDENCIA: DEPTO. DE PRODUCCIÓN							
N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	SIMBOLO	TIEMPO (min)	AGREGA VALOR		NO AGREGA VALOR				
					VAE	VAC	P	I	E	M	A
1	A Imacenamiento permanente de materia prima	Operador de extrusora (ROBERT MOYA)	▽								X
2	Cambio de moldes		○	106.2			X				
3	Encendido y calentamiento de la extrusora		○	240	X						
4	Transporte y mezcla de materia prima		○	7.8588	X						
5	Inspección y cargado de la mezcla		○	1.77		X					
6	Elevación y calibración de la lamina		○	71.98		X					
7	Enrollado de desperdicio e inspección de la lamina		○	69	X						
8	Cambio de bobina		○	0.9086			X				
9	Enrollado de lamina e inspección de material en tova		○	173		X					
10	Cambio de bobina		○	2.891			X				
11	Transporte de bobina a balanza		○	0.767							X
12	Pesado de la bobina y llenado de registro		○	2.3364	X						
13	Transporte a almacenamiento		○	2.1594							X
14	Almacenaje de bobina terminada		▽								X
<b>TOTAL</b>				678.8712	4	3	3	0	0	2	2

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES		TOTAL	VAE	VAC	P	I	E	M	A
ACTIVIDADES		14	4	3	3	0	0	2	2
TIEMPO TOTAL (min)		678.8712	319.2	246.8	110.0	1.77	0.00	2.93	0.00
TIEMPO ACTIVIDADES (%)		100	47.02	36.35	16.20	0.26	0.00	0.43	0.00
TIEMPO DE VALOR AGREGADO (min)		565.9	SI IVA >= 75% : PROCESO PRODUCTIVO						
INDICE DE VALOR AGREGADO (%)		83.3656222	<b>PROCESO EFECTIVO</b>						

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

A continuación, se presenta un cuadro de resumen en donde se comparan los porcentajes determinados en el estudio del estado actual de la empresa y los porcentajes esperados al realizar los cambios propuestos en la estandarización de los procesos como se observa en la Tabla 7-4.,

las demás tablas de los análisis de valor agregado realizadas para los otros productos se pueden visualizar de mejor manera en el ANEXO O.

**Tabla 7-4:** Resumen de comparación entre IVA actual y propuesto

CUADRO RESUMEN DE IVA ACTUAL VS PROPUESTO					
PROCESO	INDICE DE VALOR AGREGADO ACTUAL (%)	INDICE DE VALOR AGREGADO PROPUESTO (%)	TIPO DE PROCESO	TIPO DE PROCESO	MEJORA ESPERADA (%)
<b>PRODUCTO: Fundas impresas para pollos el placer</b>					
Extrusión	71.29	83.37	PROCESO NO EFECTIVO	PROCESO EFECTIVO	12.08
Impresión	52.59	70.82	PROCESO NO EFECTIVO	PROCESO NO EFECTIVO	18.23
Corte y sellado	95.64	95.73	PROCESO EFECTIVO	PROCESO EFECTIVO	0.09
Empaquetado	99.69	99.39	PROCESO EFECTIVO	PROCESO EFECTIVO	-0.30
<b>PRODUCTO: Lamina para leche</b>					
Extrusión	22.88	92.71	PROCESO NO EFECTIVO	PROCESO EFECTIVO	69.83
Impresión	47.92	68.74	PROCESO NO EFECTIVO	PROCESO NO EFECTIVO	20.82
Refilado	88.39	91.32	PROCESO EFECTIVO	PROCESO EFECTIVO	2.93
Empaquetado	65.60	82.13	PROCESO NO EFECTIVO	PROCESO EFECTIVO	16.52
<b>PRODUCTO: Funda natural de 23x40x2.5</b>					
Extrusión	80.46	93.79	PROCESO EFECTIVO	PROCESO EFECTIVO	13.33
Corte y sellado	68.85	92.31	PROCESO NO EFECTIVO	PROCESO EFECTIVO	23.46
Empaquetado	96.89	95.41	PROCESO EFECTIVO	PROCESO EFECTIVO	-1.47

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

## 4.2 Nivelación de la producción mediante el método Heijunka

### 4.2.1 Análisis de la productividad esperada

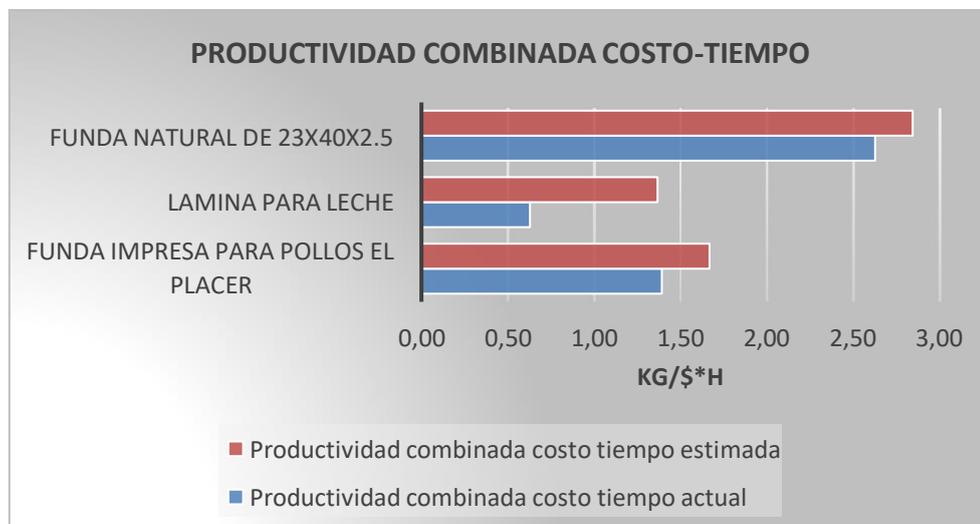
El análisis de productividad esperada se contrasta con la productividad determinada del estado actual de la empresa como se observa en la Tabla 8-4., en la cual se aprecian que los porcentajes de la productividad con respecto a la producción analizada varían, sin embargo al analizar la cantidad de material que se producirá implementando los estándares de producción y las correcciones efectuadas, se tiene un mayor beneficio en los procesos más críticos determinados en el capítulo III como son el proceso para las fundas impresas para pollos el placer y la lámina para leche en la cual se observa la mayor incidencia de los cambios realizados.

**Tabla 8-4:** Comparación de productividad

Resumen de Productividad actual por producto.						INCREMENTO ESPERADO EN LA PRODUCTIVIDAD (%)
Producto	Cantidad producida (Kg)	Costo unitario incurrido (\$)	Tiempo incurrido (H)	Productividad combinada costo tiempo (kg/\$*H)	% Productividad	
Funda impresa	167	2	60	1,39	29,96	
Lamina para leche	108	3	52	0,63	13,52	
Funda natural de	249	3	28	2,63	56,52	
Resumen de Productividad esperada por producto.						
Producto	Cantidad producida (Kg)	Costo unitario incurrido (\$)	Tiempo incurrido (h)	Productividad combinada costo tiempo (kg/\$*H)	% Productividad	
Funda impresa	167	2	50	1,67	28,36	
Lamina para leche	108	3	24	1,37	23,26	
Funda natural de	249	3	25	2,85	48,38	

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De acuerdo a los datos obtenidos al realizar las modificaciones de los procesos y la estandarización de las operaciones, se aprecia un incremento en la productividad combinada entre costo y tiempo lo cual esquemáticamente se aprecia en el Gráfico 1-4., en donde se señala su incremento por producto.



**Gráfico 1-4.** Contraste de productividad

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### 4.2.2 Planificación de la producción

De acuerdo a los parámetros de producción obtenidos al realizar la estandarización de procesos se considera que para una producción del tipo que se está analizando se puede generar un trabajo más equilibrado para los trabajadores, por esta razón se tomó el mayor tiempo estimado de

producción para nivelar la carga laboral diaria de los operarios según los criterios señalados en las siguientes tablas:

En la Tabla 9-4., se detalla el volumen de producción analizado según los datos recogidos.

**Tabla 9-4:** Datos de producción

DATOS				
TIPOS DE FUNDAS				
	FUNDA IMPRESA PARA POLLOS EL PLACER (Tipo A)	LAMINA PARA LECHE (Tipo B)	FUNDA NATURAL DE 23X40X2.5 (Tipo C)	TOTAL
<b>Kilogramos</b>	166.8	108	249	523.8
<b>BULTOS</b>	5	6	3	14

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En la Tabla 10-4., se detalla el tiempo disponible para la producción según el tiempo requerido para la elaboración del pedido que más carga laboral tiene.

**Tabla 10-4:** Datos de jornada de trabajo

DATOS DE JORNADA DE TRABAJO	
Tiempo de trabajo (min)	600
Turnos de operario al día	1
Tiempo de almuerzo (min)	60
Días de trabajo	6
Tiempo trabajado (min)	540
Tiempo disponible (min)	3240

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En la Tabla 11-4., se presenta el takt time esperado para la producción de acuerdo a los parámetros de la estandarización.

**Tabla 11-4:** Takt time estimado

TAKT TIME ESTIMADO		
FUNDA IMPRESA PARA POLLOS EL PLACER	0,051	min/kg
LAMINA PARA LECHE	0,033	min/kg
FUNDA NATURAL DE 23X40X2.5	0,077	min/kg

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De acuerdo a la tabla presentada se aprecian los kilogramos esperados de producción por minuto y por hora con el fin de alcanzar un ritmo constante para la producción y a su vez obtener indicadores que demuestren la eficiencia alcanzada.

De igual manera que en el caso anterior, en la Tabla 12-4., se presenta el Pitch esperado para una producción nivelada según el análisis realizado.

**Tabla 12-4:** Pitch estimado

PITCH ESTIMADO		
FUNDA IMPRESA PARA POLLOS EL PLACER	1,68	min/kg*u
LAMINA PARA LECHE	0,63	min/kg*u
FUNDA NATURAL DE 23X40X2.5	2,66	min/kg*u

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Mediante la aplicación de los indicadores de takt time y pich son las ineficiencias presentes en las líneas de producción, disminuyendo los cuellos de botella y generando una producción que evite la acumulación de materia en stock, para esto se dispone de una programación de la producción por medio del método Heijunka como se aprecia en la Tabla 13-4., la misma que es guiada de la Tabla 14-3., en donde se explica la distribución de trabajo por operación.

**Tabla 13-4:** Casillero Heijunka

CASILLERO DE HEIJUNKA PARA PRODUCCIÓN					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes
AA (preparación)	AA (preparación)	AA (preparación)	AA (preparación)	AA (preparación)	BB (impresión)
BB (preparación)	BB (preparación)	BB (preparación)	BB (preparación)	BB (preparación)	BB (impresión)
CC (preparación)	AA (extrusión)	CC (preparación)	CC (preparación)	CC (corte y sellado)	BB (impresión)
AA (preparación)	AA (extrusión)	AA (extrusión)	BB (extrusión)	BB (extrusión)	CC (empaquetado)
BB (preparación)	BB (extrusión)	BB (extrusión)	BB (preparación)	BB (extrusión)	AA (corte y sellado)
CC (preparación)	CC (preparación)	CC (extrusión)	CC (extrusión)	AA (impresión)	AA (empaquetado)
AA (preparación)	AA (extrusión)	AA (preparación)	BB (extrusión)	AA (impresión)	AA (empaquetado)
BB (preparación)	BB (extrusión)	BB (extrusión)	BB (extrusión)	CC (corte y sellado)	CC (empaquetado)
CC (preparación)	CC (extrusión)	CC (extrusión)	CC (preparación)	AA (impresión)	CC (empaquetado)
AA (preparación)	AA (preparación)	AA (corte y sellado)	AA (extrusión)	AA (corte y sellado)	AA (empaquetado)
BB (preparación)	AA (preparación)	BB (extrusión)	BB (extrusión)	BB (preparación)	BB (refilado)
BB (preparación)	AA (preparación)	AA (extrusión)	AA (extrusión)	AA (corte y sellado)	AA (empaquetado)
BB (extrusión)	BB (extrusión)	BB (extrusión)	BB (extrusión)	BB (preparación)	BB (refilado)
BB (extrusión)	BB (extrusión)	BB (extrusión)	AA (extrusión)	BB (preparación)	BB (empaquetado)

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Como se observa la mejor manera para tener una producción nivelada para una empresa que trabaja bajo pedido es equilibrando su producción y generando un proceso continuo de acuerdo a

la demanda, con lo cual se evitan tiempos muertos de desocupación del personal y demoras en las entregas, además de la eliminación de materia terminada en la bodega ya que se tiene un takt time controlado que evita acumulación de stock y les dará a los trabajadores un ritmo de producción que puede ser monitoreado para identificar problemas futuros.

De acuerdo al casillero Heijunka que se aprecia en la Tabla 13-4., se dispone de 14 actividades repartidas a lo largo de la jornada de trabajo de 9 horas, cada bloque representa un espacio de tiempo de 36 minutos entre los cuales se dispone la realización de las operaciones señaladas mientras con el fin de aprovechar el máximo la ocupación de los operarios y alcanzando a realizar un trabajo completo en el lapso de tiempo designado.

**Tabla 14-4:** Tabla de identificación de colores por operación

Producto	Actividades	Identificación
FUNDA IMPRESA PARA POLLOS EL PLACER	Extrusion	
	Impresion	
FUNDA IMPRESA PARA POLLOS EL PLACER	Corte y sellado	
	Empaquetado	
LAMINA PARA LECHE	Extrusion	
	Impresion	
	Refilado	
	Empaquetado	
FUNDA NATURAL DE 23X40X2.5	Extrusion	
	Corte y sellado	
	Empaquetado	

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### 4.2.3 *Análisis de la carga laboral esperada*

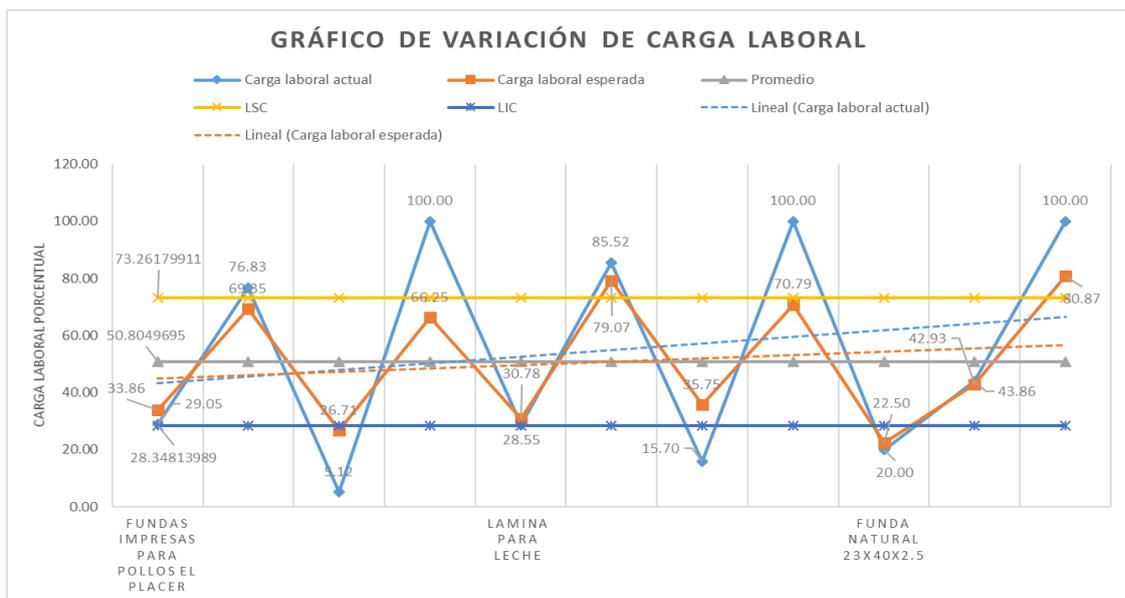
Con el fin de determinar la mejora en los procesos y la nivelación de la carga laboral se realiza el siguiente estudio por puestos de trabajo para contrastar con el análisis determinado en el Capítulo III y así apreciar el cambio de forma cuantitativa como se observa en la Tabla 15-4.

**Tabla 15-4:** Análisis de la carga laboral esperada

OCUPACIÓN DE OPERARIOS					
Producto: Fundas impresas para pollos el placer					
Proceso	Tiempo de operación del trabajador (min)	Tiempo de operación de la maquinaria (min)	Carga laboral en operación actual (%)	Carga laboral en operación esperada (%)	Carga laboral general (%)
Extrusión	247	482	29	34	35
Impresión	337	149	77	69	
Corte y sellado	93	254	5	27	
Empaquetado	161	0	100	66	
Producto: Lamina para leche					
Proceso	Tiempo de operación del trabajador (min)	Tiempo de operación de la maquinaria (min)	Carga laboral en operación actual (%)	Carga laboral en operación esperada (%)	Acumulado de carga laboral (%)
Extrusión	213	480	29	31	39
Impresión	317	84	86	79	
Refilado	32	58	16	36	
Empaquetado	6	0	100	71	
Producto: Funda natural 23x40x2.5					
Proceso	Tiempo de operación del trabajador (min)	Tiempo de operación de la maquinaria (min)	Carga laboral en operación actual (%)	Carga laboral en operación esperada (%)	Acumulado de carga laboral (%)
Extrusión	131	450	20	23	26
Corte y sellado	45	60	44	43	
Empaquetado	78	0	100	81	

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Debido a las modificaciones realizadas por motivos de estandarización de procesos y distribución de trabajo bajo el criterio del método Heijunka se termina una disminución de carga laboral por parte de los operarios como se observa en el Gráfico 2-4.



**Gráfico 2-4.** Carga laboral por operario

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De acuerdo a la Tabla 4-4., se compartió el trabajo en dos y hasta tres operarios con el fin de disminuir los tiempos de preparación de la maquinaria y operaciones monótonas de empaquetado otorgándoles un trabajo más equilibrado y evitando futuras lesiones por carga de grandes pesos y según el gráfico anterior se aprecia una inclinación prácticamente nula de la línea de tendencia, lo cual significa que el trabajo se ha repartido más equitativamente entre el personal facilitando el trabajo continuo y garantizando operaciones seguras para los involucrados, así también como

se observa para que la variación de la carga laboral se encuentra dentro de los parámetros de las líneas de control considerándose apropiadas para el trabajo normal.

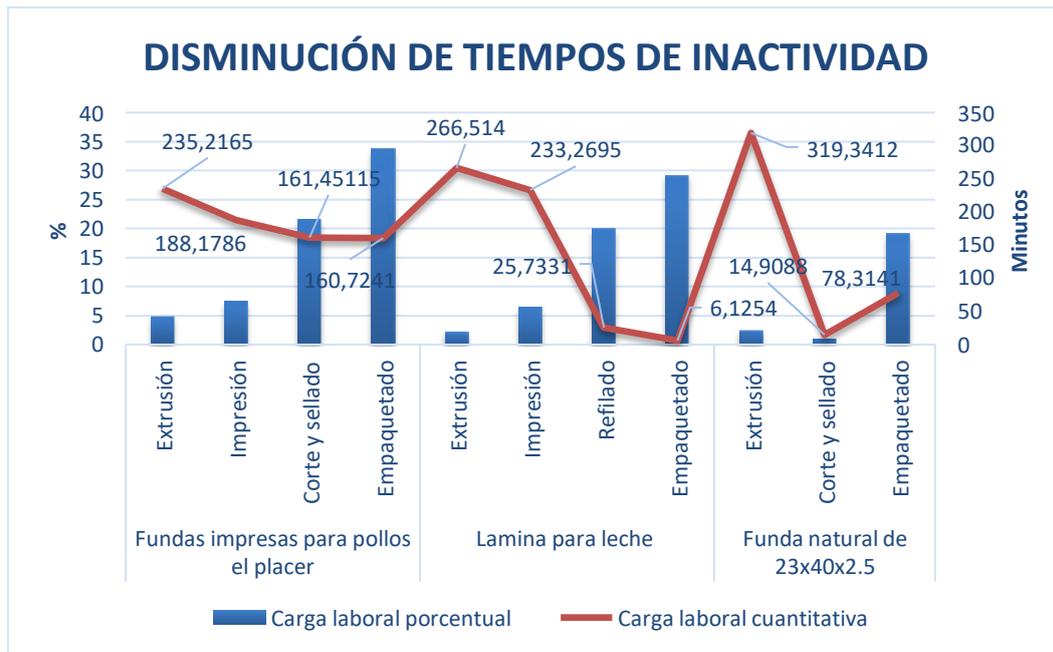
Con el fin de expresar de forma cuantitativa la disminución del tiempo de inactividad de los operarios en cada proceso, esto se presenta en la Tabla 16-4.

**Tabla 16-4:** Tabla de tiempos de inactividad esperada

<b>DISMINUCIÓN DE TIEMPO DE DESOCUPACIÓN</b>			
<b>Producto: Fundas impresas para pollos el placer</b>			
<b>Proceso</b>	<b>Variación de carga laboral (%)</b>	<b>Disminución de carga laboral (min)</b>	<b>Disminución de carga laboral por producto (min)</b>
Extrusión	5	235	746
Impresión	7	188	
Corte y sellado	22	161	
Empaquetado	34	161	
<b>Producto: Lamina para leche</b>			
Extrusión	2	267	532
Impresión	6	233	
Refilado	20	26	
Empaquetado	29	6	
<b>Producto: Funda natural 23x40x2.5</b>			
Extrusión	3	319	413
Corte y sellado	1	15	
Empaquetado	19	78	
<b>TOTAL (min)</b>			<b>1690</b>

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De acuerdo a los tiempos determinados por los estudios se aprecia una disminución de tiempos de desocupación que aportan de manera positiva a la continuidad de las operaciones y disminución de lapsos de entrega de pedidos, esto se aprecia esquemáticamente en el Gráfico 3-4.



**Gráfico 3-4.** Tiempos de inactividad por operación

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### 4.2.4 Análisis 5's de la propuesta de estandarización y nivelación

En la Tabla 17-4., se observa la tabla de evaluación 5's para el proceso estandarizado anteriormente y como resultado de lo analizado se realizó la tabulación en la Tabla 18-4 presentada a continuación.

**Tabla 17-4:** Tabla de evaluación 5's de la propuesta

TABLA DE EVALUACION 5's				
Realizado por: Gonzalez M, Rodriguez E.				
Fecha: 30 de Julio de 2021				
<b>ESCALA DE Puntuación</b>				
5 = Excelente				
4 = Muy bueno				
3 = Bueno				
2 = Regular				
1 = Malo				
0 = Muy malo				
CATEGORIA	N°	PREGUNTA	Puntuación	TOTAL
CLASIFICACIÓN (SEIRI)	1	Existe una delimitación de las áreas de trabajo	4	15
	2	Los equipos o herramientas son de fácil alcance	4	
	3	Los pasillos están libres de obstáculos	4	
	4	Las herramientas o equipos se encuentran en un lugar no designado	3	
ORDEN (SEITON)	1	Se identifican las áreas de almacenaje	4	15
	2	Las herramientas se colocan en su lugar después de ser utilizadas	4	
	3	Las herramientas y equipos tienen lugares designados y adecuados	4	
	4	Existe acumulación de objetos	3	
LIMPIEZA (ZEIZO)	1	El piso está libre de desechos, líquidos o polvo	4	16
	2	Los equipos y herramientas se limpian después de su uso	4	
	3	Se realiza una limpieza programada	3	
	4	Las máquinas se encuentran libres de polvo o aceites	5	
ESTANDARIZACIÓN (SEIKETSU)	1	Se lleva un control de los procesos y stock	5	19
	2	Los diferentes procesos se los realiza con instructivos detallados	5	
	3	El personal utiliza equipo y vestimenta de protección adecuado	4	
	4	Existen señalamientos estandarizados	5	
DISCIPLINA (SHITSUKE)	1	Los operadores conocen sus responsabilidades y uso de herramientas	4	17
	2	Se almacena de forma correcta tanto herramientas, equipos y materiales	4	
	3	Se realiza un control visual de limpieza y orden en los procesos	4	
	4	Son conocidos los procesos estandarizados	5	

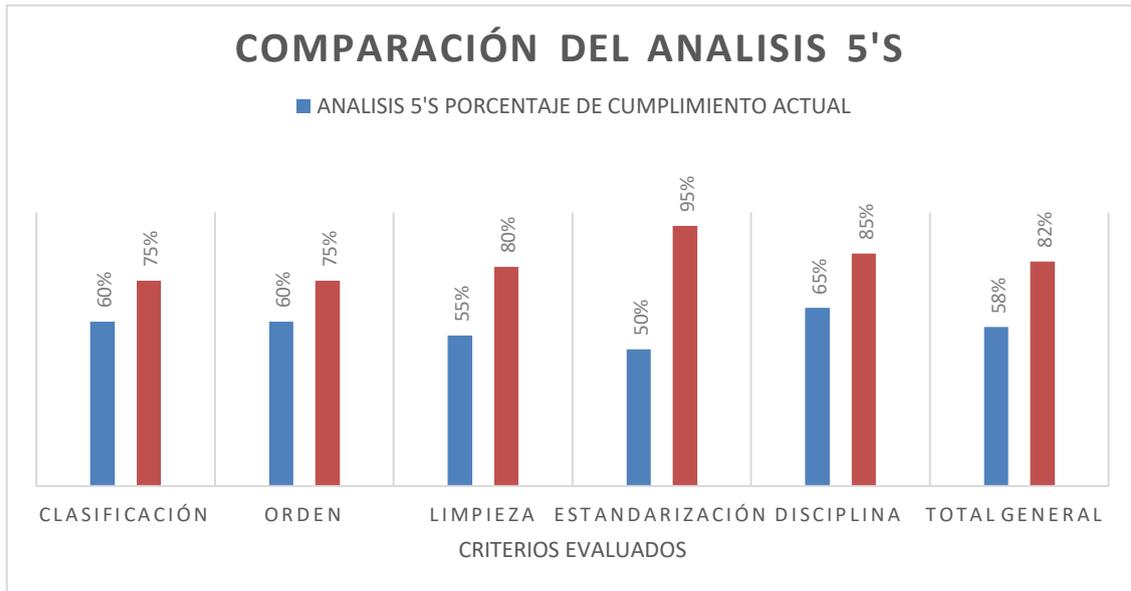
Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

**Tabla 18-4:** Tabulación de resultados

	TABULACIÓN				
	PUNTOS OBTENIDOS	PUNTOS POSIBLES	PORCENTAJE	CALIFICACIÓN	LETRA
<b>CLASIFICACIÓN</b>	15	20	75%	Bueno	B
<b>ORDEN</b>	15	20	75%	Bueno	B
<b>LIMPIEZA</b>	16	20	80%	Bueno	B
<b>ESTANDARIZACIÓN</b>	19	20	95%	Excelente	A
<b>DISCIPLINA</b>	17	20	85%	Bueno	B
<b>TOTAL GENERAL</b>	82	100	82%	Bueno	B

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Como se puede observar en la tabulación de resultados se registra un mayor cumplimiento en la metodología de trabajo 5's, con un mayor rango de mejora en la estandarización de procesos debido a que fue el punto en el cual se enfocó el estudio realizado, registrando un incremento del 50% determinado en la situación actual a un 95% por motivo de aplicación de la estandarización de procesos, nivelación de la producción mediante el método Heijunka y el reparto equilibrado de la carga laboral por operación, este estudio se aprecia de mejor manera en el Gráfico 4-4.



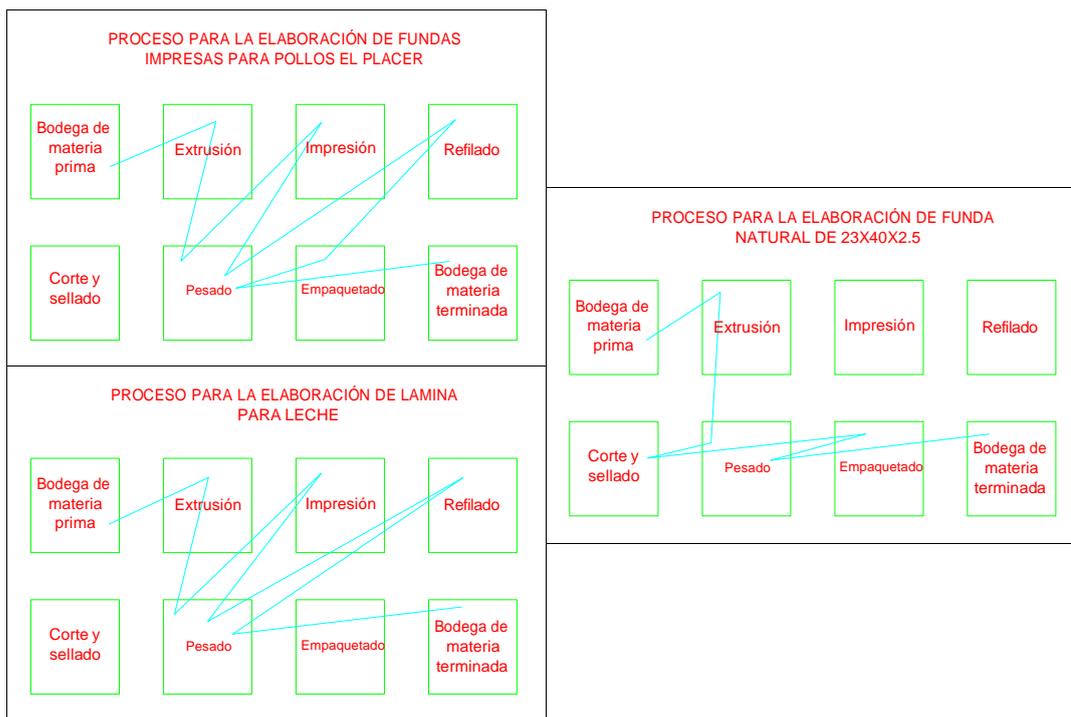
**Gráfico 4-4.** Comparación del análisis 5's

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### 4.3 Distribución de planta

Para la elaboración de la propuesta de distribución acorde a los análisis de la producción detallados en el Capítulo III, se separaron las áreas de trabajo por células para su correcta colocación como se muestra en la Figura 4-4., debido a su tipo de producción funcional, entre los cuales se tiene:

1. Célula de bodega de materia prima
2. Célula de extrusión
3. Célula de impresión
4. Célula de refilado
5. Célula de corte y sellado
6. Célula de empaquetado
7. Célula de bodega de materia terminada
8. Pesado



**Figura 4-4.** Recorrido de la materia prima a través de las células de trabajo

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### 4.3.1 Método de eslabones para distribución de planta

La distribución de planta por el método de eslabones requiere de un análisis cuantitativo del porcentaje que representa la elaboración de cada objeto analizado como se aprecia en la Tabla 16-4., adicional a esto es indispensable es estudio de las operaciones que se realizan desde y hacia los puestos de trabajo con el fin de determinar la relación existente entre la maquinaria y el proceso de trabajo como se puede observar en la Tabla 19-4.

**Tabla 19-4:** Análisis del porcentaje de producción

ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN				
TIPO DE FUNDAS	Funda impresa para pollos el placer	Lamina para leche	Funda natural de 23x40x2.5	TOTAL
Kilogramos	166.80	108.00	249.00	523.80
Porcentaje de producción	31.84%	20.62%	47.54%	100.00%

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En base al método de eslabones se analizó de forma cuantitativa la producción y su respectivo porcentaje de volumen producido, a su vez se estudiaron los movimientos en cada célula de trabajo con el fin de determinar una matriz de doble entrada en donde se relacionan el lugar de

partida con el de llegada del producto a lo largo de su transformación como se aprecia en la Tabla 20-4.

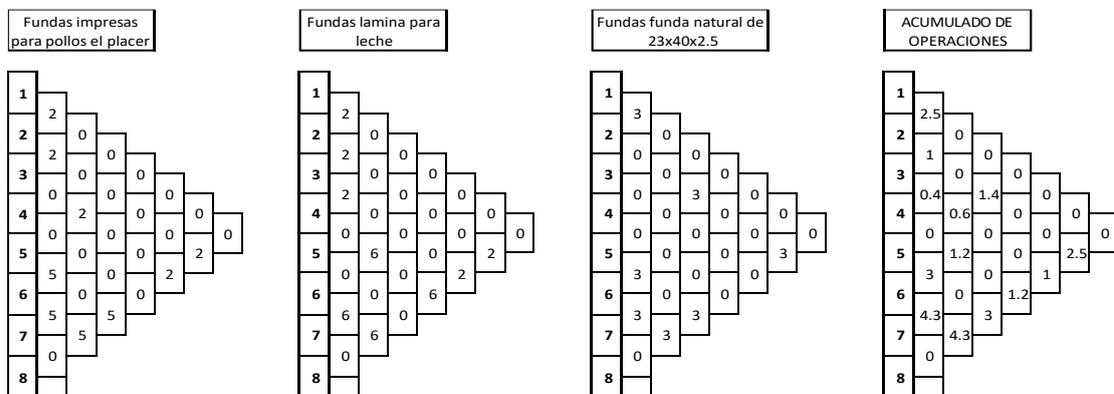
**Tabla 20-4:** Tablas de doble entrada

Célula de trabajo	PRODUCTO A					31.84%			
	DE/A	1	2	3	4	5	6	7	8
Bodega de materia prima	1	-	2	0	0	0	0	0	0
Extrusora (alta densidad)	2	0	-	2	0	0	0	0	2
Impresora (XY-61000)	3	0	0	-	0	2	0	0	2
Refilado	4	0	0	0	-	0	0	0	0
Corte y sellado	5	0	0	0	0	-	5	0	5
Empaquetado	6	0	0	0	0	0	-	5	5
Bodega de materia terminada	7	0	0	0	0	0	0	-	0
Pesado	8	0	0	0	0	0	0	0	-
Célula de trabajo	PRODUCTO B					20.62%			
	DE/A	1	2	3	4	5	6	7	8
Bodega de materia prima	1	-	2	0	0	0	0	0	0
Extrusora (Coextrusora 3 ejes)	2	0	-	2	0	0	0	0	2
Impresora (XY-61000)	3	0	0	-	2	0	0	0	2
Refilado	4	0	0	0	-	0	6	0	6
Corte y sellado	5	0	0	0	0	-	0	0	0
Empaquetado	6	0	0	0	0	0	-	6	6
Bodega de materia terminada	7	0	0	0	0	0	0	-	0
Pesado	8	0	0	0	0	0	0	0	-
Célula de trabajo	PRODUCTO C					47.54%			
	DE/A	1	2	3	4	5	6	7	8
Bodega de materia prima	1	-	3	0	0	0	0	0	0
Extrusora (alta densidad)	2	0	-	0	0	3	0	0	3
Impresora (XY-61000)	3	0	0	-	0	0	0	0	0
Refilado	4	0	0	0	-	0	0	0	0
Corte y sellado	5	0	0	0	0	-	3	0	3
Empaquetado	6	0	0	0	0	0	-	3	3
Bodega de materia terminada	7	0	0	0	0	0	0	-	0
Pesado	8	0	0	0	0	0	0	0	-

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Posterior a la tabla de doble entrada se presentaron los datos en la matriz triangular como se aprecia en la Tabla 21-4., con el fin de determinar su valor el valor de cada movimiento y establecer las relaciones en orden de importancia como se aprecia en la Tabla 22-4., la cual consiste en obtener el producto de la relación entre el número de movimientos y el porcentaje del volumen producido, este mismo análisis se presenta en el Gráfico 5-4.

**Tabla 21-4:** Matrices triangulares por producto y acumulada

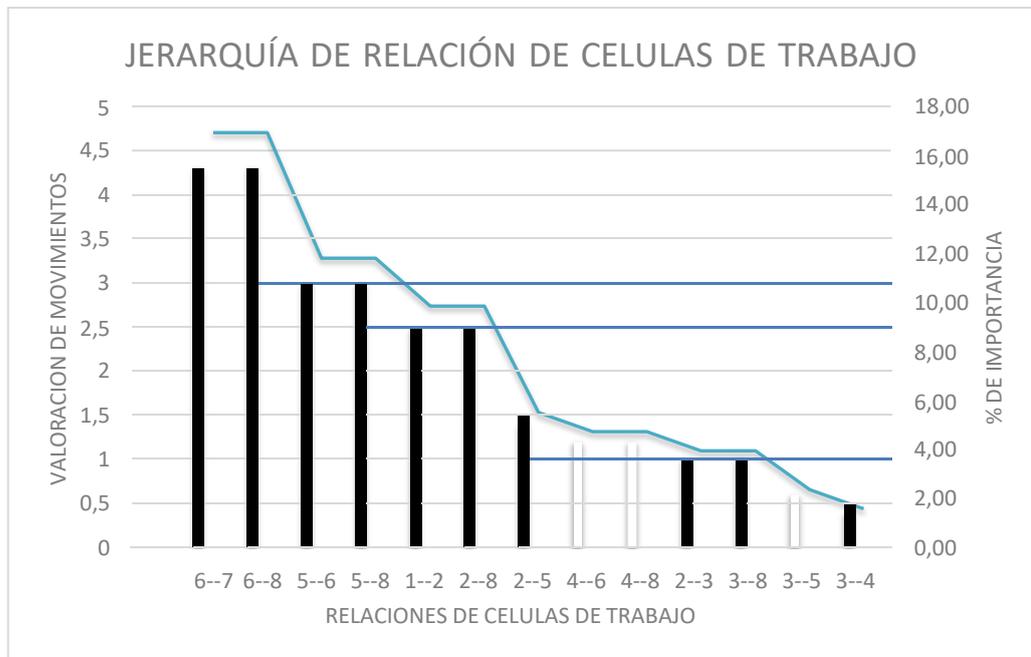


Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

**Tabla 22-4:** Relación entre células de trabajo y valor de movimiento

RELACIONES	VALOR DE MOVIMIENTOS	%
6--7	4.3	16.93
6--8	4.3	16.93
5--6	3	11.81
5--8	3	11.81
1--2	2.5	9.84
2--8	2.5	9.84
2--5	1.4	5.51
4--6	1.2	4.72
4--8	1.2	4.72
2--3	1	3.94
3--8	1	3.94
3--5	0.6	2.36
3--4	0.4	1.57
	<b>25.4</b>	

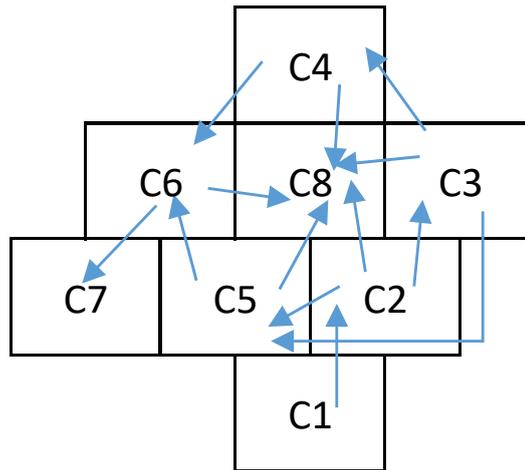
Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.



**Gráfico 5-4.** Jerarquía de relación de células de trabajo

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Como resultado de estos estudios realizados de forma cuantitativa se determinó la forma en la cual se relacionan cada célula de trabajo con la siguiente como se muestra en la propuesta de trabajo CHITEFOL en la Figura 5-4.



**Figura 5-4.** Esquema de distribución CHITEFOL

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De acuerdo al esquema Chitefol se aprecia las células de trabajo de acuerdo a su necesidad de cercanía debido a la cantidad de movimientos, las mismas que se conectan por medio de las flechas que indican la dirección hacia la cual recorrerá la materia prima para su transformación.

#### 4.3.1.1 Propuesta de distribución mediante método de eslabones

La distribución propuesta mediante el método de eslabones tiene en cuenta los análisis realizados anteriormente en la Tabla 22-4., y plasmados en la Figura 4-4., adicional a esto se consideraron las distancias de seguridad para trabajos con cargas pesadas de 400 mm alrededor del área de trabajo más 800 mm para transporte de operarios y materia prima, además se consideró el ruido medido en decibelios que para un trabajo de 8 horas debe ser menor a 85 dBs en trabajo continuo para lo cual el resultado promedio es de 76.43 decibelios basándonos en el artículo 55 de ruidos y vibraciones del decreto ejecutivo 2393, que para lo cual resultó con una distribución más apropiada para el trabajo, adicionando a ésta un área para almacenaje provisional y mezcla de materia prima y una célula de empaquetado con el fin de evitar exceso de material en el área de trabajo manual, esto se aprecia de mejor manera en el ANEXO P.

#### 4.3.2 Método S.L.P. para distribución de planta

De acuerdo al método S.L.P., se analizan los criterios cualitativamente según su importancia partiendo de las razones que se muestran en la Tabla 23-4., las mismas que relacionan la necesidad que tienen que estar entre unos y otros departamentos por las operaciones que se realizan.

**Tabla 23-4:** Criterios de calificación para la relación de proximidad de operaciones

RELACIÓN DE PROXIMIDAD	
Absolutamente necesaria	A
Especialmente necesaria	E
Importante	I
Importante ordinaria	O
No importatne	U
Indeseable	X

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Partiendo de esto, se realizó el análisis producto por producto con el fin de elaborar una matriz en donde se detallen los aspectos mencionados en la Tabla 23-4., esta tabulación se aprecia de mejor manera en la Tabla 24-3.

**Tabla 24-3:** Tablas descriptivas de doble entrada

LAMINA DE LECHE									
N	Celula de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Bodega de materia prima		A	U	U	U	U	U	U
2	Extrusora (Coextrusora de 3 ejes)			A	E	I	U	U	I
3	Impresora (XY-61000)				A	U	I	U	I
4	Refilado					U	A	U	O
5	Corte y sellado						U	U	U
6	Empaquetado							A	I
7	Bodega de materia terminada								U
8	Pesado								

FUNDA NATURAL DE 24X40X2.5									
N	Celula de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Bodega de materia prima		A	U	U	U	U	U	U
2	Extrusora (alta densidad)			U	U	A	I	U	I
3	Impresora (XY-61000)				U	U	U	U	U
4	Refilado					U	U	U	U
5	Corte y sellado						A	O	I
6	Empaquetado							A	I
7	Bodega de materia terminada								U
8	Pesado								

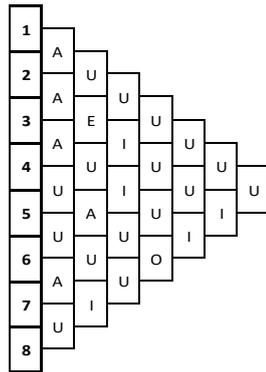
FUNDA IMPRESA PARA POLLOS EL PLACER									
N	Celula de trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Bodega de materia prima		A	U	U	U	U	U	U
2	Extrusora (alta densidad)			A	E	I	U	U	I
3	Impresora (XY-61000)				U	A	U	U	I
4	Refilado					U	U	U	U
5	Corte y sellado						A	I	I
6	Empaquetado							A	I
7	Bodega de materia terminada								U
8	Pesado								

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

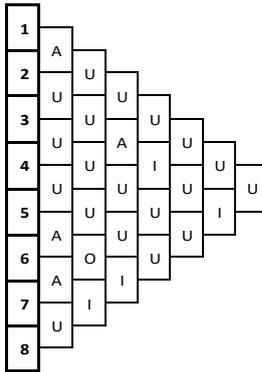
De acuerdo al método S.L.P., se deben representar estos resultados en una matriz triangular con el fin de apreciar de mejor manera la relación que existe entre células de trabajo como se observa en la Tabla 25-4.

**Tabla 25-4:** Matrices triangulares de análisis S.L.P.

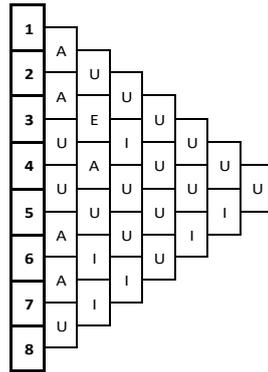
Lamina de leche (2)



FundasNatural de 24x40x2.5 (3)



Fundas impresas para pollos el placer (1)



Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Como siguiente paso se elaboró un listado descendente para especificar los procesos que se determinaron como se observa en la Tabla 26-4., y generar posteriormente su respectiva representación en la Gráfica 6-4.

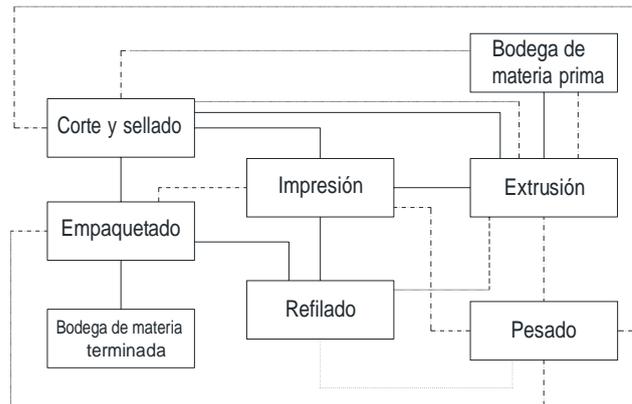
**Tabla 26-4:** Tabla de importancia de relaciones

IMPORTANCIA DE RELACIÓN		
Relacion de celulas de trabajo	Nomenclatura	PRODUCTOS
1--2	A	1--2--3
6--7	A	1--2--3
2--3	A	1--2
5--6	A	1--3
3--4	A	2
3--5	A	1
4--6	A	2
2--5	A	3
2--4	E	1--2
6--8	I	1--2--3
2--8	I	1--2--3
2--5	I	1--2
5--8	I	1--3
3--8	I	1--2
3--6	I	2
5--7	I	1
2--6	I	1
5--7	O	3
4--8	O	2

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Para la elaboración de la representación gráfica se debe considerar que los criterios de proximidad se representan en forma de líneas entre las que tenemos:

- A \_\_\_\_\_
- E \_ \_ \_ \_ \_
- I \_ \_ \_ \_ \_
- O \_ \_ \_ \_ \_
- U \_ \_ \_ \_ \_



**Figura 6-4.** Esquema de distribución S.L.P.

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De igual manera que en el caso de método de eslabones de consideraron los parámetros de seguridad para trabajos con cargas pesadas del decreto 2393, lo cual resultó una distribución tentativa que se puede apreciar de mejor manera en el ANEXO Q.

Posterior a las propuestas de distribución realizadas bajo el método de Eslabones y S.L.P., se aprecia que la disposición de la maquinaria toma forma de U debido al recorrido crítico que se genera entre los tres productos, ya que se analizó cuantitativamente el número de movimientos realizados entre procesos y cualitativamente la importancia entre la relación entre células de trabajo, las mismas que procuraron cumplir con el distanciamiento recomendado en la normativa vigente de seguridad otorgando así una distribución funcional y apta para una ejecución futura.

#### **4.4 Evaluación estadística de estandarización y nivelación de la producción mediante el método Heijunka**

##### **4.4.1 Análisis estadístico de productividad**

Con el propósito de realizar un análisis estadístico con los indicadores determinados para el monitoreo de la producción, siendo este el parámetro en el cual se enfocó el trabajo realizado, se opta por analizarlo mediante la prueba estadística T-Student debido a que se busca comparar entre dos situaciones (actual y esperada) de tres productos lo cual no representa un número de observaciones mayor a 30, esto con la intención de dejar un precedente válido para la aplicación del proyecto realizado.

A continuación, se presentan los datos analizados en los cuales se consideró el pitch como ritmo de producción para evaluar la viabilidad de la productividad del proceso mejorado, como se observa en la Tabla 27-4.

**Tabla 27-4:** Tabla de datos para la prueba T-Student

PRODUCTO	PITCH ESTIMADO (min/kg*u)	PITCH ACTUAL (min/kg*u)	Diferencia
Funda impresa para pollos el placer	1,68	1,18	0,50
Lamina para leche	0,63	0,40	0,23
Funda natura de 23x30x2.5	2,66	1,82	0,84

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Hipótesis:

- Ho: El Pitch estimado no es mayor al Pitch actual, por tanto, no incrementa la productividad.
- Ha: El Pitch estimado es mayor al Pitch actual, por tanto, incrementa la productividad.

Posterior a esto se realizó el análisis de los datos presentados en la Tabla 27-4., obteniendo la siguiente Tabla 28-4., de resultados, para los cuales se aplicó la fórmula (12) y (13).

**Tabla 28-4:** Validación estadística de propuesta de mejora la producción

$$s_d = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN	
Diferencia media	0,52
Desviación Estandar (Sd)	0,30
n	3
Grados de libertad (gl=n-1)	2
α	0,05
probabilidad (1-α)	0,95
t(1-α).(n-1)	2,92
p-valor	0,05
t	2,98

5%
----

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Adicional a esto se realizó un análisis con la ayuda de Excel el cual nos entregó un cuadro de datos resumiendo el proceso realizado manualmente, como se observa en la Figura 7-4.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	PITCH PROPUESTO (Kg/u*min)	PITCH ACTUAL (Kg/u*min)
Media	1.655243827	1.133053241
Varianza	1.026670741	0.507039408
Observaciones	3	3
Coefficiente de correlación de Pearson	0.99922976	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	2.984819861	
P(T<=t) una cola	0.04815167	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.09630334	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

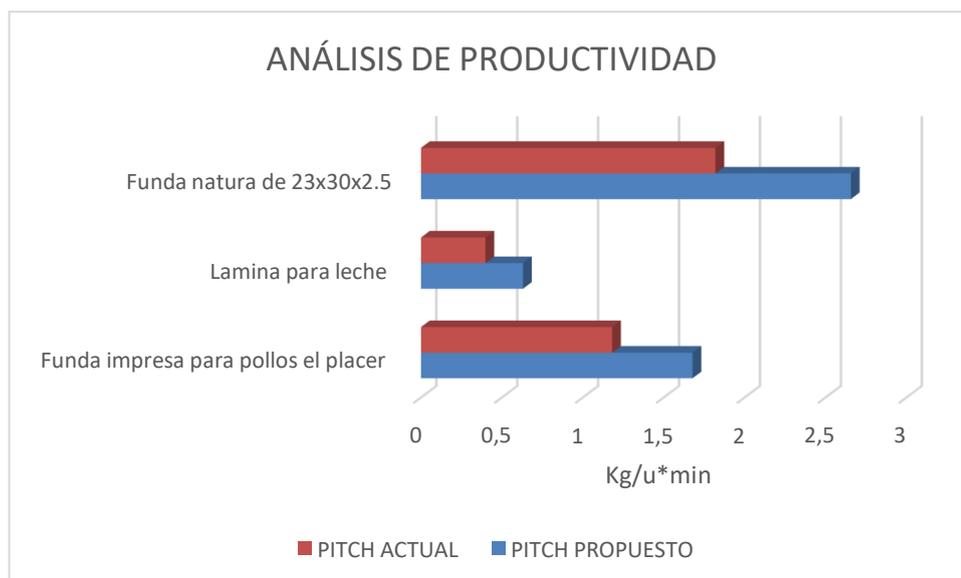
**Figura 7-4.** Prueba T-Student analizada por Excel

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

De acuerdo a los datos obtenidos previamente y a la representación esquemática observada se aprecia que el valor crítico es menor al estadístico de prueba:

$$t\alpha < T$$

Por lo cual la hipótesis nula se desecha y la hipótesis alternativa se acepta siendo esto un resultado que indica que el Pitch estimado es mayor al Pitch actual, por lo tanto, el ritmo de producción esperado al aplicar la estandarización de procesos incrementa la productividad de la empresa, dando la validez al estudio realizado con el fin de mejorar las condiciones de producción y trabajo actual, esto se refleja de forma esquemática en el Gráfico 6-4.



**Gráfico 6-4.** Incidencia del Pitch propuesta en la productividad de la empresa

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Gráficamente se aprecia el incremento del ritmo de producción al realizar los cambios sugeridos mediante la combinación de procesos y la distribución de operaciones entre operarios, con esto valida el estudio realizado.

#### 4.4.2 *Análisis estadístico de carga laboral*

De igual manera como se realizó una evolución estadística de la productividad, se validaron los datos de porcentaje de carga laboral que se relaciona directamente con el ritmo de producción con el fin de corroborar que los cambios realizados por la estandarización de procesos y prefijación de producción mediante el método Heijunka son viables para su aplicación, generando un trabajo más equilibrado.

##### 4.4.2.1 *Análisis estadístico del producto funda impresa para pollos el placer*

Los datos a analizar se presentan en la Tabla 29-4., en la cual se relaciona el número de actividades antes y después de la estandarización y nivelación de la producción y el tiempo registrado y estimado de operación con las observaciones que representan el porcentaje de carga laboral.

**Tabla 29-4:** Relación entre número de actividades y tiempo de operación por operario

TOTAL DE ACTIVIDADES	CARGA LABORAL (%)			
	TIEMPO EXTRUSIÓN	TIEMPO IMPRESIÓN	TIEMPO CORTE Y SELLADO	TIEMPO EMPAQUETADO
57	29,052	76,833	5,122	100
43	33,862	69,353	26,706	66,248

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

#### **Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** El total de actividades en la elaboración del producto funda impresa Pollos El Placer, no influye en el porcentaje de carga laboral por operario

**H<sub>a</sub>:** El total de actividades en la elaboración del producto funda impresa Pollos El Placer, influye en el porcentaje de carga laboral por operario

**H<sub>0</sub>:** El tiempo de operación del operario por proceso en la elaboración del producto funda impresa Pollos El Placer, no influye en el porcentaje de carga laboral para el operario

**Ha:** El tiempo de operación del operario por proceso en la elaboración del producto funda impresa Pollos El Placer, influye en el porcentaje de carga laboral para el operario

### Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TOTAL DE ACTIVIDADES	Fijo	2	43; 57
TIEMPO DE OPERACIÓN OPERARIO	Fijo	4	Corte y sellado; Empaquetado; Extrusión; Impresión

**Figura 8-4.** Información de factores analizados

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
16,4778	88,54%	73,26%

**Figura 9-4.** Resumen del modelo realizado

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Al obtener un valor de R-cuad del 88,54%, se puede concluir que los datos son confiables, y que los factores seleccionados explican en un alto porcentaje el comportamiento de los datos.

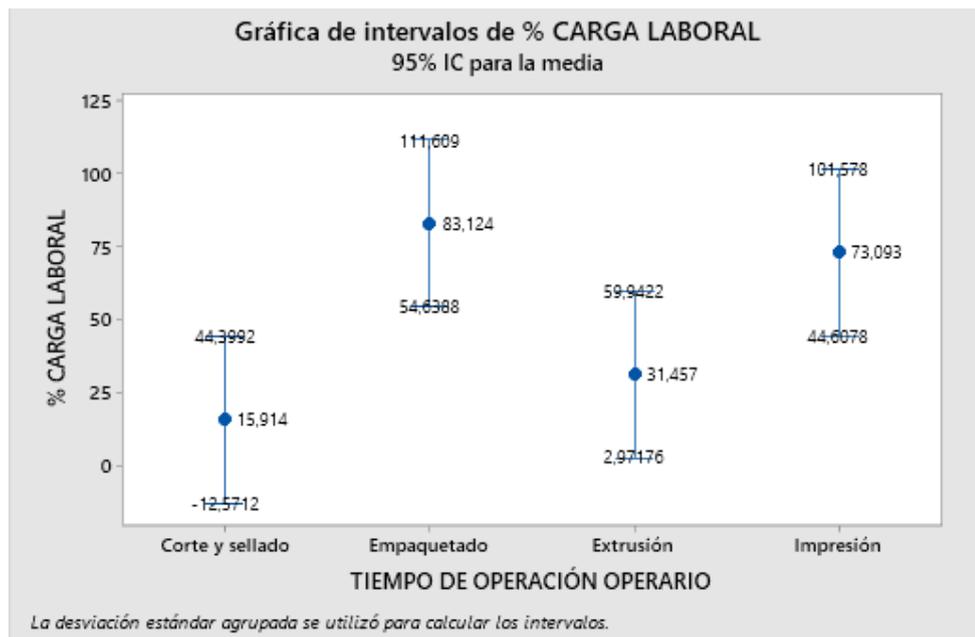
### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TOTAL DE ACTIVIDADES	1	27,52	27,52	0,10	0,771
TIEMPO DE OPERACIÓN OPERARIO	3	6265,93	2088,64	7,69	0,064
Error	3	814,56	271,52		
Total	7	7108,01			

**Figura 10-4.** Análisis de varianza

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En este caso ningún valor del estadístico de prueba p es menor al valor crítico de 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis nula; sin embargo, podemos observar que el tiempo de operación del operario tiene un valor de p cercano a 0,05 con 0.064. Lo que indica que este factor es el que tiene mayor incidencia en la carga laboral.



**Gráfico 7-4.** Gráfico de intervalos

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En la Gráfica 7-4, se puede observar los intervalos de porcentaje de carga laboral en cada proceso, indicando que después de realizar una distribución de tiempos de operación para los operarios, este porcentaje disminuye.

Siendo que un equilibrio de carga laboral da como resultado un mejor ambiente de trabajo, además de la reducción de tiempos de producción, generando una mayor productividad en el proceso de elaboración de fundas de Pollo El Placer.

#### 4.4.2.2 Análisis estadístico del producto Lamina de leche

Los datos a analizar se presentan en la Tabla 30-4., en la cual se relaciona el número de actividades antes y después de la estandarización y nivelación de la producción y el tiempo registrado y estimado de operación con las observaciones que representan el porcentaje de carga laboral.

**Tabla 30-4:** Relación entre el número de actividades y el tiempo de operación por operario

TOTAL DE ACTIVIDADES	CARGA LABORAL (%)			
	TIEMPO EXTRUSIÓN	TIEMPO IMPRESIÓN	TIEMPO CORTE Y SELLADO	TIEMPO EMPAQUETADO
62	28,5465	85,5222	15,704	100
44	30,784	79,066	35,746	70,789

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### Hipótesis

**Ho:** El total de actividades en la elaboración del producto lamina de leche, no influye en el porcentaje de carga laboral por operario

**Ha:** El total de actividades en la elaboración del producto lámina de leche, influye en el porcentaje de carga laboral por operario

**Ho:** El tiempo de operación del operario por proceso en la elaboración del producto lámina de leche, no influye en el porcentaje de carga laboral para el operario

**Ha:** El tiempo de operación del operario por proceso en la elaboración del producto lámina de leche, influye en el porcentaje de carga laboral para el operario

### Información del factor

Factor	Tipo	Niveles Valores
TOTAL DE ACTIVIDADES	Fijo	2 44; 62
TIEMPO DE OPERACIÓN OPERARIO	Fijo	4 Empaquetado; Extrusión; Impresión; Refilado

**Figura 11-4.** Información de factores analizados

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
14,4732	91,00%	79,00%

**Figura 12-4.** Resumen del modelo realizado

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Al obtener un valor de R-cuad del 91%, se puede concluir que los datos son confiables, y que los factores seleccionados explican en un alto porcentaje el comportamiento de los datos.

## Análisis de Varianza

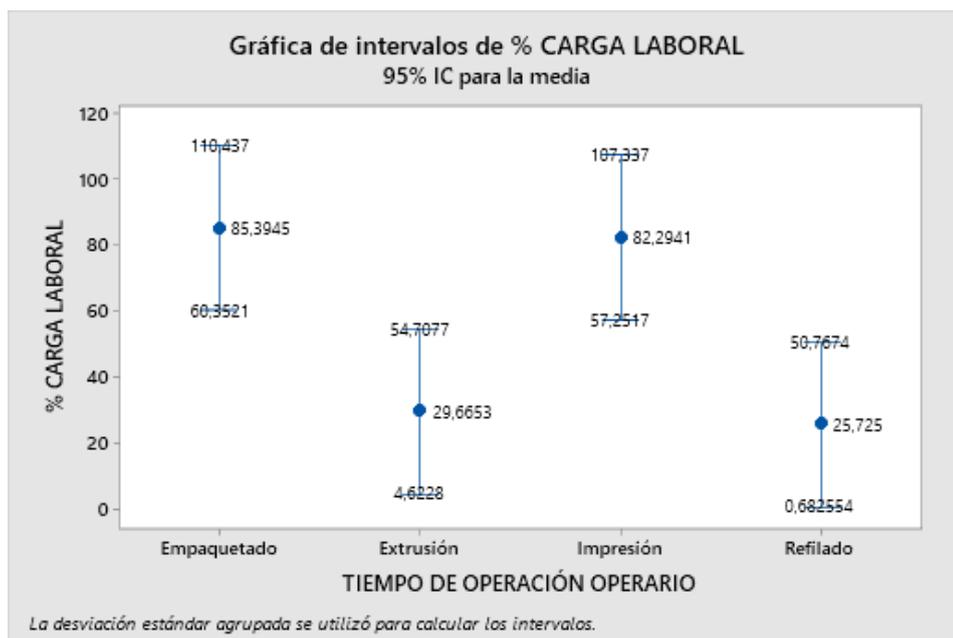
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TOTAL DE ACTIVIDADES	1	22,40	22,40	0,11	0,765
TIEMPO DE OPERACIÓN OPERARIO	3	6330,60	2110,20	10,07	0,045
Error	3	628,42	209,47		
Total	7	6981,42			

**Figura 13-4.** Análisis de varianza

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En el tiempo de operación del operario el valor del estadístico de prueba p es menor al valor crítico de 0.05, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa. Lo que indica que este factor es el que tiene mayor incidencia en la carga laboral.

El total de actividades tiene un valor del estadístico de prueba p mayor al valor crítico de 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis nula. Lo que indica que este factor no tiene incidencia en la carga laboral.



**Gráfico 8-4.** Gráfico de intervalos

**Realizado por:** González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En la Gráfica 8-4., se puede observar los intervalos de porcentaje de carga laboral en cada proceso, indicando que después de realizar una distribución de tiempos de operación para los operarios, este porcentaje disminuye.

Siendo que un equilibrio de carga laboral da como resultado un mejor ambiente de trabajo, además de la reducción de tiempos de producción, generando una mayor productividad en el proceso de elaboración de lámina de leche.

#### 4.4.2.3 Análisis estadístico del producto Funda natural de 23x40x2.5

Los datos a analizar se presentan en la Tabla 31-4., en la cual se relaciona el número de actividades antes y después de la estandarización y nivelación de la producción y el tiempo registrado y estimado de operación con las observaciones que representan el porcentaje de carga laboral.

**Tabla 31-4:** Relación entre el número de actividades y el tiempo de operación por operario

TOTAL DE ACTIVIDADES	CARGA LABORAL (%)		
	TIEMPO EXTRUSIÓN	TIEMPO IMPRESIÓN	TIEMPO CORTE Y SELLADO
43	20,001	44,857	100
32	22,502	42,927	80,871

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### Hipótesis

**Ho:** El total de actividades en la elaboración del producto funda natural, no influye en el porcentaje de carga laboral por operario

**Ha:** El total de actividades en la elaboración del producto funda natural, influye en el porcentaje de carga laboral por operario

**Ho:** El tiempo de operación del operario por proceso en la elaboración del producto funda natural, no influye en el porcentaje de carga laboral para el operario

**Ha:** El tiempo de operación del operario por proceso en la elaboración del producto funda natural, influye en el porcentaje de carga laboral para el operario

### Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TOTAL DE ACTIVIDADES	Fijo	2	32; 43
TIEMPO DE OPERACIÓN OPERARIO	Fijo	3	Corte y sellado; Empaquetado; Extrusión

**Figura 14-4.** Información de factores analizados

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
8,07928	97,47%	93,68%

**Figura 15-4.** Resumen del modelo realizado

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Al obtener un valor de R-cuad del 97,47%, se puede concluir que los datos son confiables, y que los factores seleccionados explican en un alto porcentaje el comportamiento de los datos.

### Análisis de Varianza

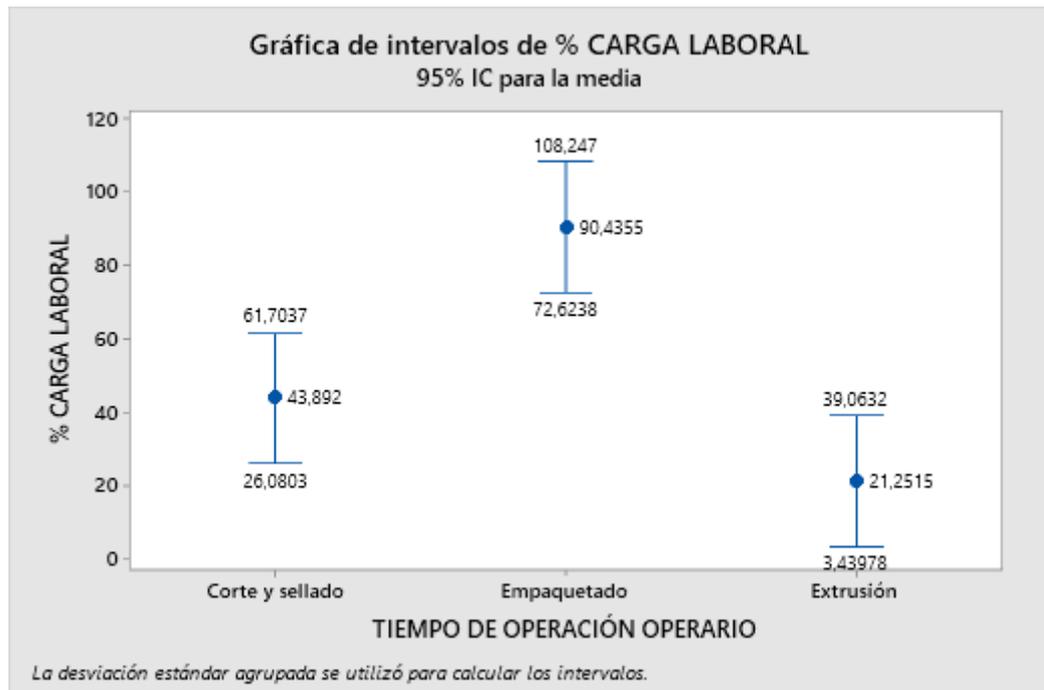
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TOTAL DE ACTIVIDADES	1	57,40	57,40	0,88	0,447
TIEMPO DE OPERACIÓN OPERARIO	2	4976,88	2488,44	38,12	0,026
Error	2	130,55	65,27		
Total	5	5164,83			

**Figura 16-4.** Análisis de varianza

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En el tiempo de operación del operario el valor del estadístico de prueba p es menor al valor crítico de 0.05, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa. Lo que indica que este factor es el que tiene mayor incidencia en la carga laboral.

El total de actividades tiene un valor del estadístico de prueba p mayor al valor crítico de 0.05, por lo cual se acepta la hipótesis nula. Lo que indica que este factor no tiene incidencia en la carga laboral.



**Gráfico 9-4.** Gráfico de intervalos

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En la Gráfica 9-4., se puede observar los intervalos de porcentaje de carga laboral en cada proceso, indicando que después de realizar una distribución de tiempos de operación para los operarios, este porcentaje disminuye.

Siendo que un equilibrio de carga laboral da como resultado un mejor ambiente de trabajo, además de la reducción de tiempos de producción, generando una mayor productividad en el proceso de elaboración de funda natural.

#### 4.4.2.4 *Análisis estadístico de producción en general*

Los datos a analizar se presentan en la Tabla 32-4., en la cual se relaciona el número total de actividades para la elaboración de los productos estrella antes y después de la estandarización y nivelación de la producción y el tiempo registrados y estimado de operación con las observaciones que representan el porcentaje promedio de carga laboral.

**Tabla 32-4:** Relación entre el número total de actividades y el tiempo de operación por operario

TOTAL DE ACTIVIDADES	CARGA LABORAL (%)		
	Funda impresa para pollos el placer	Lámina para leche	Funda natural de 23x40x2.5
162	52,752	57,443	54,953
119	49,042	54,096	48,767

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### Hipótesis

**Ho:** El total de actividades en la elaboración de los diferentes productos, no influye en el porcentaje de carga laboral por operario

**Ha:** El total de actividades en la elaboración de los diferentes productos, influye en el porcentaje de carga laboral por operario

**Ho:** El tiempo de operación del operario en la elaboración de los diferentes productos, no influye en el porcentaje de carga laboral para el operario

**Ha:** El tiempo de operación del operario en la elaboración de los diferentes productos, influye en el porcentaje de carga laboral para el operario

### Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TOTAL DE ACTIVIDADES	Fijo	2	119; 162
TIEMPO DE OPERACIÓN OPERARIO	Fijo	3	Funda impresa Pollos; Funda natural 23x40x2.5; Lámina de leche

### Figura 17-4. Información de factores analizados

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
1,09248	95,90%	89,76%

### Figura 18-4. Resumen del modelo realizado

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Al obtener un valor de R-cuad del 95,90%, se puede concluir que los datos son confiables, y que los factores seleccionados explican en un alto porcentaje el comportamiento de los datos.

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TOTAL DE ACTIVIDADES	1	29,230	29,230	24,49	0,038
TIEMPO DE OPERACIÓN OPERARIO	2	26,635	13,318	11,16	0,082
Error	2	2,387	1,194		
Total	5	58,252			

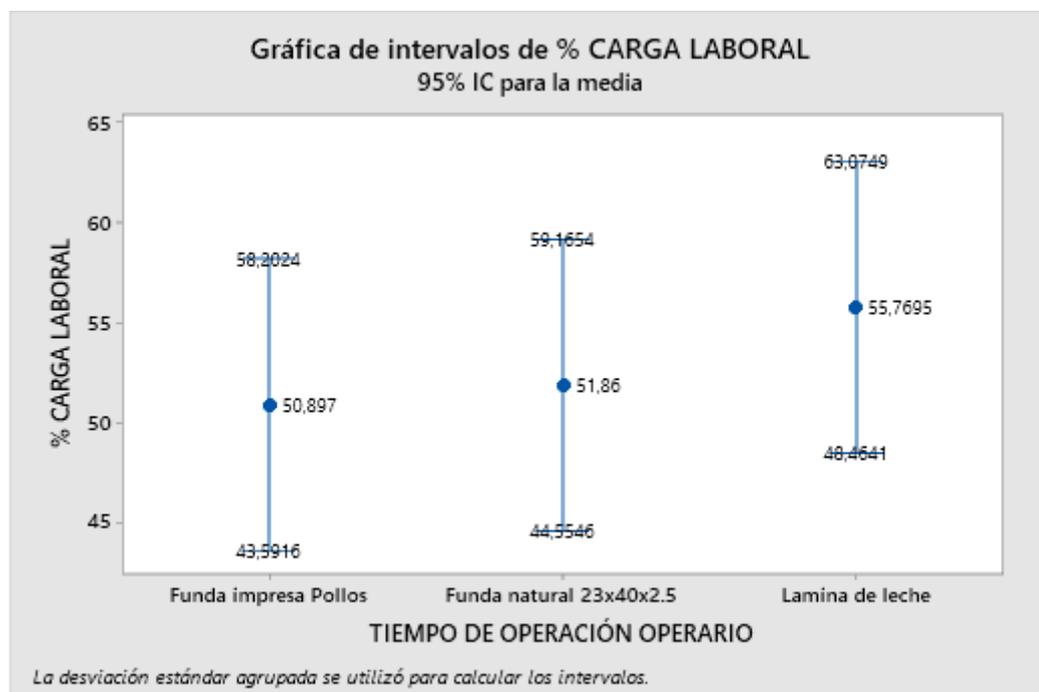
**Figura 19-4.** Análisis de varianza

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En el total de actividades el valor del estadístico de prueba p es menor al valor crítico de 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa. Lo que indica que este factor es el que tiene mayor incidencia en la carga laboral.

El tiempo de operación del operario tiene un valor del estadístico de prueba p mayor al valor crítico 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis nula. Lo que indica que este factor no tiene incidencia en la carga laboral.

En este caso al reducir el total de actividades en todos los procesos de los diferentes productos, se obtiene un mejor equilibrio en porcentaje de carga laboral por operario, lo cual infiere en una mejora de la productividad global.



**Gráfico 10-4.** Gráfico de intervalos

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

En la Gráfica 10-4., se puede observar los intervalos de porcentaje de carga laboral en cada producto, indicando que después de realizar una distribución de actividades para los operarios, este porcentaje disminuye.

Siendo que un equilibrio de carga laboral da como resultado un mejor ambiente de trabajo, además de la reducción de tiempos de producción, generando una mayor productividad en el proceso de elaboración de cada producto.

#### **4.5 Evaluación de la distribución de planta**

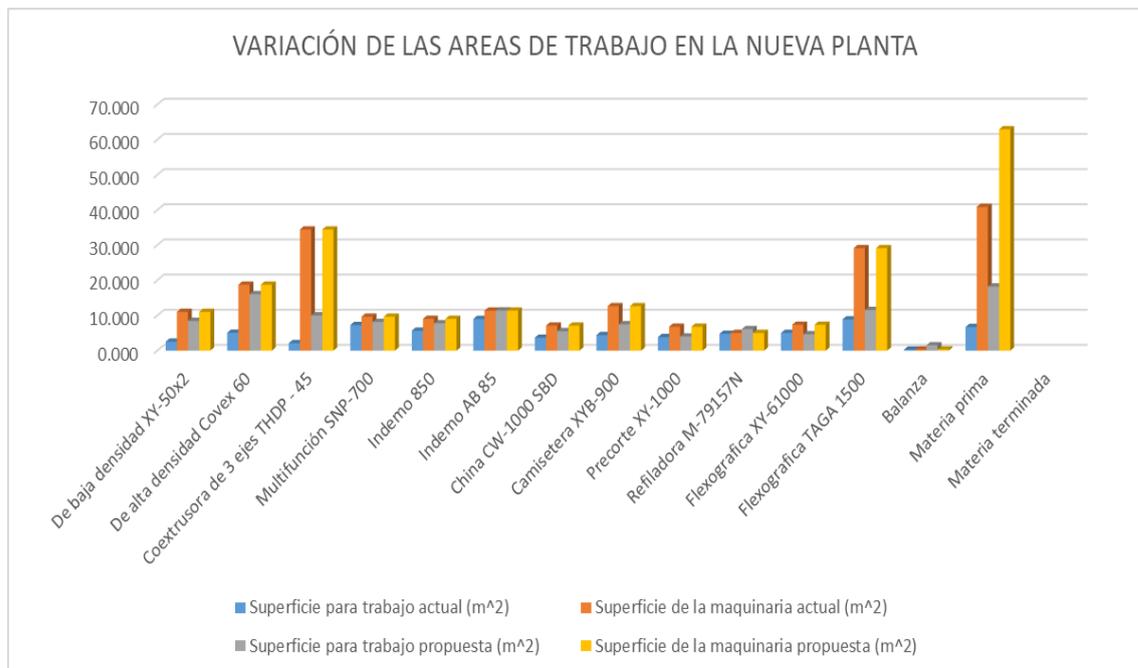
De acuerdo al análisis realizado para la estandarización de procesos y nivelación de la producción se observó que la principal falencia con respecto a la distribución actual de la planta es el área disponible para el transporte de la materia prima y trabajo de los operarios, de igual manera gracias al estudio realizado con el método 5's en las Tablas 23-3., y 18-4., en donde la limpieza y orden variaron en un 25% y 15% respectivamente, en donde se espera un incremento en la limpieza de las zonas de trabajo permitiendo la disminución en la acumulación de producto terminado, sin embargo el problema del transporte de rollos de material extruido sigue siendo un problema ya que debido al peso que se manipula es necesario realizar las actividades entre dos operarios para evitar lesiones y a su vez la falta de normativa para el trabajo causa conflictos al momento de realizar operaciones de calibración o mantenimiento alrededor de la maquinaria, estos aspectos señalados se pretenden ser eliminados gracias a una distribución propuesta que se acorde a la reglamentación de seguridad vigente en el Ecuador lo cual se expresa en la Tabla 33-4., en donde se presenta un estudio cualitativo de las áreas de trabajo y pasillos entre maquinaria con el fin de facilitar al personal el trabajo con herramientas de carga que serán operadas por un solo operario y evitar así molestias o problemas futuros de salud.

**Tabla 33-4:** Análisis de áreas de trabajo actuales y propuestas

Áreas en la planta actual de la empresa Ambaflex			
Celula de trabajo	Modelo de la maquinaria	Superficie para trabajo (m <sup>2</sup> )	Superficie de la maquinaria (m <sup>2</sup> )
Extrusión	De baja densidad XY-50x2	2.544	11.023
	De alta densidad Covex 60	5.075	18.758
	Coextrusora de 3 ejes THDP - 45	2.120	34.450
Sellado	Multifunción SNP-700	7.258	9.652
	Indemo 850	5.670	9.030
	Indemo AB 85	9.008	11.376
	China CW-1000 SBD	3.676	7.126
	Camisetera XYB-900	4.409	12.654
	Precorte XY-1000	3.843	6.800
Refilado	Refiladora M-79157N	4.776	5.030
	Flexografica XY-61000	5.040	7.360
Impresión	Flexografica TAGA 1500	8.894	29.150
	Balanza	0.280	0.338
Almacenaje	Materia prima	6.727	40.878
	Materia terminada		
Áreas en la nueva planta de la empresa Ambaflex			
Celula de trabajo	Modelo de la maquinaria	Superficie para trabajo (m <sup>2</sup> )	Superficie de la maquinaria (m <sup>2</sup> )
Extrusión	De baja densidad XY-50x2	8.445	11.023
	De alta densidad Covex 60	16.058	18.758
	Coextrusora de 3 ejes THDP - 45	10.025	34.450
Sellado	Multifunción SNP-700	8.152	9.652
	Indemo 850	7.770	9.030
	Indemo AB 85	11.410	11.376
	China CW-1000 SBD	5.528	7.126
	Camisetera XYB-900	7.488	12.654
	Precorte XY-1000	4.000	6.800
Refilado	Refiladora M-79157N	6.120	5.030
	Flexografica XY-61000	4.640	7.360
Impresión	Flexografica TAGA 1500	11.560	29.150
	Balanza	1.514	0.338
Almacenaje	Materia prima	18.231	62.952
	Materia terminada		

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

La distribución analizada con sus respectivas medidas se aprecia de mejor manera en el plano y cabe destacar que para cada pasillo entre maquinaria se respetaron los 800 mm recomendados para trabajos con cargas pesadas, todo este análisis se refleja en el Gráfico 11-4.



**Gráfico 11-4.** Variación de las dimensiones de trabajo registradas en la planta actual y en la distribución propuesta

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Adicionalmente, se evalúa la distribución de planta propuesta, mediante la matriz de riesgo utilizada en el Capítulo III con el fin de realizar una comparación entre los riesgos considerados inicialmente y su disminución y eliminación en la nueva área de producción, para contrastar de forma cualitativa el estudio realizado, y con el fin de tener un medidor cuantitativo se evaluaron los valores de riesgo analizados como se observa en la Gráfica 12-4. y 13-4, la matriz con sus criterios de medición se aprecia en el ANEXO R.

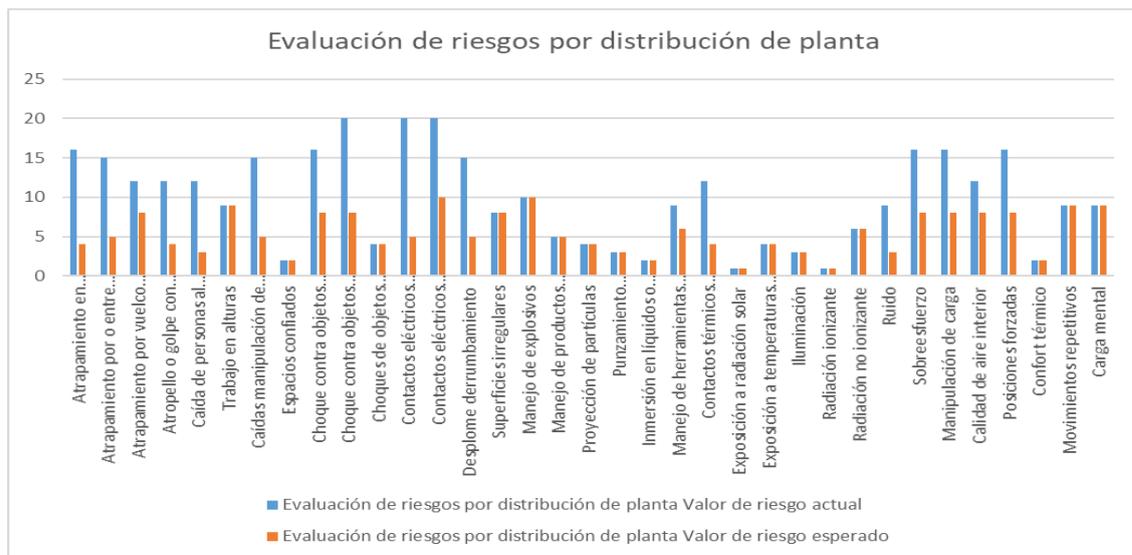


Gráfico 12-4. Resumen de evaluación de riesgos por distribución de planta

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

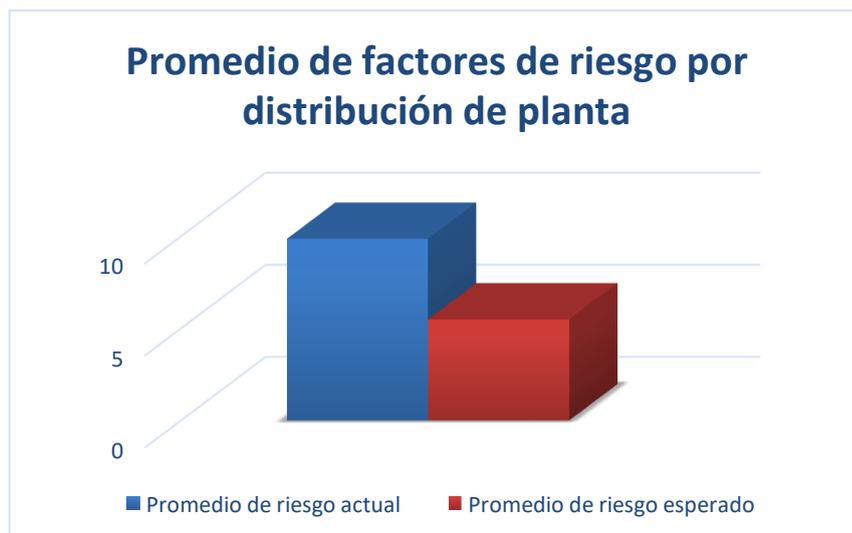


Gráfico 13-4. Promedio de factores de riesgo por distribución de planta

Realizado por: González, M.; Rodríguez, E. 2021.

Como se aprecia en el gráfico 16-4., el nivel promedio de riesgo disminuyó de 9.85 a 5.58, esto representa una disminución del 55% de riesgos registrados en las instalaciones gracias a la aplicación de la distribución de planta para la cual se tomaron criterios de movimientos de materia y prioridad de cercanía de maquinaria, dando como resultado dos modelos de distribución la mismo que se aceptó la elaborada bajo el método de eslabones.

Finalmente, con el fin de generar un aporte a la empresa por su ausencia de control a las operaciones que realiza el personal en el área de trabajo, se presenta una plantilla de hoja de seguimiento de operaciones con el propósito de empezar a generar históricos de tiempos y procesos de producción, con la finalidad de obtener datos de tiempo de operación para su posterior estudio y cálculo de indicadores que aporten con la identificación de cuellos de botella o inconvenientes adicionales que se generan al momento de operar, así buscando la mejora continua de los métodos de trabajo sin afectar al ritmo de producción estimado ya que las hojas de monitoreo cuentan con datos esenciales que el operario mismo será responsable de llenar, esta herramienta se aprecia de mejor manera en el ANEXO S.

## CONCLUSIONES

- La producción real evaluada en la planta de la empresa AMBAFLEX se encuentra por debido de los parámetros considerados adecuados para una producción eficiente, lo cual consiste en tener una efectividad de los procesos productivos superior al 75% generando cuellos de botella y retrasos en las células de trabajo de extrusión e impresión, esto generando un 54.55% de procesos no efectivos considerando los tres productos estrella analizados.
- De acuerdo a los tiempos de producción registrados para el estudio de la situación actual de la empresa, se determinó que, debido a los procesos realizados de forma empírica y sin un esquema de producción definido, se generan demoras innecesarias generando un valor de 50% como medición de estandarización, además de la identificación de actividades que no generan valor agregado al producto o a la empresa como son pasajes repetidos o tiempos ociosos que no aportan importancia al proceso.
- Debido al poco control del trabajo de los operarios se evidencian los malos métodos de trabajo que se aplican lo cual genera altos tiempos de preparación de la maquinaria previa a su arranque, principalmente en las extrusoras THDP-45, Covex 60 y en la impresora flexográfica XY-61000, creando una carga laboral elevada para los operarios de dichas áreas con un 29.05 y 28.55% en el caso de extrusión, 76.83 y 85.52% para impresión, apreciando así su desequilibrio y tiempo desperdiciado por parte de los operarios.
- En cuanto al área disponible para la producción y distribución actual de la maquinaria disponible en la empresa AMBAFLEX, su análisis reflejó una necesidad de 44.12% de superficie para la correcta ubicación de los equipos con el fin de trabajar de manera óptima y segura evitando accidente, siendo la dimensión actual de 397.01 m<sup>2</sup>, por lo cual la nueva planta disponible más acorde a las necesidades cumpliendo con un 84.45% de lo necesario, es decir 760.32 m<sup>2</sup>.
- Posterior a la elaboración del plan de estandarización de procesos y nivelación de la producción mediante el método Heijunka en donde se aplicaron criterios de distribución de carga laboral con el fin de disminuir los tiempos de preparación y la eliminación de la demora más significativa presente en la coextrusora THDP-45 al momento de la elaboración de la lámina para leche, mediante la modificación del proceso usando un sistema IBC., para el enfriamiento de la lámina, se registra un incremento del 26.09% de la productividad media

en las líneas de producción, considerando que el modelo aplicado es fácilmente adaptable a cambios ocasionados por reemplazo de maquinaria o redistribución de planta.

- De igual manera se aprecia una mejora significativa en la efectividad promedio de los procesos de trabajo incrementándose en 15.98%, así como el equilibrio del takt time y pitch de producción, lo cual genera una carga laboral más equitativa entre células de trabajo disminuyendo un total de 1689.78 minutos de tiempos ocioso registrado, aumentando el porcentaje de estandarización a un 95% resultando este excelente según el análisis 5's.
- Gracias a validación de datos realizada mediante el estudio estadístico t-Student, se afirma que las modificaciones realizadas por la estandarización y nivelación de la producción, si tienen gran incidencia en la productividad de la planta, con un valor del estadístico de prueba T de 13.2804 y un valor crítico t de 2.919 bajo un nivel de confianza del 95%, se confirma que los cambios realizados generan beneficios para la empresa, adicional a esto el análisis realizado para la nivelación de carga laboral arroja que, si se analizan los datos por proceso, el tiempo de trabajo que se redujo si tiene una gran influencia en la carga laboral de los operarios, siendo el proceso de producción de lámina de leche el más crítico y el que registra mayor beneficio con respecto a su situación actual con un valor del estadístico de prueba P de 0.045 con respecto al valor crítico de 0.05 y tratándolo de forma global a los procesos, el número de actividades que se redujeron incide en la carga laboral del operario con un valor del estadístico de prueba P de 0.038 con respecto al valor crítico de 0.05.
- Finalmente, se decide la aplicación del modelo de distribución mediante el método de eslabones ya que ambos estudios cuentan con similitudes y por cuestión de evaluar cuantitativamente se genera un mejor concepto de medición de trabajo, además de que al evaluar la fiabilidad de la distribución de planta enfocándonos en los riesgos de trabajo debido a su situación actual se determina una disminución del 55.65% de factores de riesgo con respecto a la distribución actual de la empresa.
- Los análisis realizados posteriores a la estandarización de procesos y a la nivelación de la producción mediante la aplicación del método Heijunka registra una disminución de 591.56 minutos en el proceso de producción de fundas impresas para pollos el placer, 1696.77 minutos para lamina de leche y 126.81 minutos para fundas naturales, y en el caso de distribución de planta, tras la aplicación del método de eslabones y S.L.P., demuestran índices positivos tanto en la evaluación de procesos como de carga laboral, disminuyendo en 1743.67 minutos de tiempo de inactividad, lo cual representa un aporte significativo a la organización.

## RECOMENDACIONES

- La maquinaria de la empresa debe contar con un programa de mantenimiento con el fin de evitar retrasos en la producción ocasionados por desperfectos antes o durante el trabajo.
- Para disminuir los tiempos de preparación de la maquinaria es recomendable distribuir a los trabajadores cuyo tiempo de trabajo sea inferior al de la máquina que requieren para realizarlo.
- Aplicación de sistemas de enfriamiento interno en las extrusoras para disminuir tiempos de espera por enfriamiento de material.
- El proceso de impresión requiere un estudio más a profundidad con respecto al método de trabajo ya que a pesar de los cambios realizados, los mismos que buscan no sobrecargar a los operarios y mantener un ambiente adecuado libre de exigencias de trabajo, sigue teniendo un margen de baja efectividad.
- Implementar como mínimo dos medios de transporte para evitar que los operarios sigan realizando cargas excesivas de pesos que son por materia prima o por rollos en proceso ya que pueden desencadenar en lesiones a largo plazo.
- Los operarios deben ser capacitados con el fin de colaborar con la institución con el registro de tiempos de procesos para generar datos estadísticos e históricos que la empresa actualmente no dispone.
- El área de producción requiere de mejor señalética tanto de rutas de trabajo como de áreas de almacenamiento con el fin de evitar aglomeración de materia prima que puede ocasionar accidentes.
- La clasificación de materia prima y producto terminado requiere de un estudio logístico para su recuperación y distribución ya que en ocasiones se evidenció el desabastecimiento de material para la producción de pedidos entrantes.

## GLOSARIO

**Takt Time:** Es el tiempo necesario para completar una tarea del proceso de fabricación. Tiempo permisible para fabricar un producto tomando en cuenta la cantidad solicitada por el cliente.

**Pitch:** Tiempo utilizado para la producción de un lote, basándose en el takt time.

**5's:** Es una metodología que plantea conductas dedicadas a tener áreas de trabajo más productivas, limpias y ordenadas, de manera que el operario realice sus actividades más eficientemente.

**Distribución en planta (layout):** Se refiere a la óptima disposición de las máquinas, los equipos y los departamentos de servicio, para lograr la mayor coordinación y eficiencia posible en una planta.

**Extrusión:** Proceso en el cual: se transporta, funde, homogeniza y bombea un material plástico a través de un dado donde adquiere su forma final

**Bobina:** La bobina hace referencia al rollo de película o lámina de polietileno enrollada sobre un cilindro de PVC u otro material equivalente, el cual debe ser de una sola pieza, rígido sin deformaciones, con la superficie interna lisa y de la misma dimensión del ancho de la bobina.

**Cirel:** Es una placa o plancha universal muy flexible capaz de adaptarse a los distintos soportes de impresión en la mayoría de los materiales. Tiene un tiempo de secado extremadamente corto y un amplio rango de exposición durante el procesamiento.

**Ciclo de Deming:** Este ciclo es un instrumento que se enfoca en la solución de problemas y el mejoramiento continuo, por medio de un diagnóstico inicial, se identifican las fallas para mejorar comparando los planes con los resultados, luego se analiza el resultado no deseado se replantea un nuevo diseño de medidas que anulen el problema y no vuelva a repetirse y conseguir un resultado aceptable.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, X., PISCO, I., QUINDE, L., & MONICA, A.** Estudio sectorial plasticos. [en línea], 2018. [Consulta: 21 mayo 2021]. Disponible en: [https://issuu.com/industrias/docs/cig-estudio\\_sectorial\\_pl\\_sticos](https://issuu.com/industrias/docs/cig-estudio_sectorial_pl_sticos)
- BENÍTEZ, N.** Propuesta de redistribucion de planta en la empresa de la industria del vestido. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 1). Universidad Autonoma del estao de Hidalgo, 2019, pp. 81-85.
- BERGHOLZ, S. OPTIMIZACION DE PROCESOS.** MEDWave. [en línea], 2011. p. 52. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/GES03-A/5062>
- BUENAVENTURA, L.** Diseño de guía para implementar las herramientas de lean manufacturing junto con herramientas de ingeniería Industrial en las empresas manufactureras, 2014, p. 18.
- CALLARI, J.** Vista previa de extrusión y compuestos. K2019 [en línea], 2019, pp. 62-66. [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.pt-mexico.com/articulos/k2019-vista-previa-de-extrusion-y-compuestos>
- CAMBIOTEC.** "Tendencias tecnológicas del sector plástico en el Estado de México." CamBioTec, (2018), 1(FECYT), pp. 1–8.
- CÁRDENAS, D.** Propuesta de distribución de planta y de ambiente de trabajo para la nueva instalación de la empresa Mv Contrucciones Ltda de la comuna de Llanquihue. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Austral de Chile. Chile. 2017. pp. 25-26. [Consulta: 2021-05-29]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/bpmfcic266p/doc/bpmfcic266p.pdf>
- CÁRDENAS, J., ANDRÉS, R., & GÁLVIZ, B.** “Cambio en la estructura química del polietileno de alta densidad al experimentar multiples reprocesameintos”. Revista Ingenierías Univerdad de Medellín , 2019, p. 113.
- CARRO, R., & GONZÁLEZ, D.** Productividad y competitividad. Administracion de Las Operaciones, [en línea], 2012, pp. 2-10. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en:

[http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02\\_productividad\\_competitividad.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf)

**CASALS, M., FORCADA, N., & ROCA, X.** Diseño de complejos Industriales. Fundamentos. 2008, (UPC) pp. 81-82.

**CHASE, R., JACOBS, R., & AQUILANO, N.** Administracion de operaciones. In Mc Graw Hill, Administracion de operaciones, produccion y cadena de suministro. [en línea], 2009, p. 226. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://bibliotecat2.files.wordpress.com/2014/10/administracion-de-operaciones-y-produccion-12-ed-chase-aquilano-jacobs-11.pdf>

**CHOCÓ, A.** Criterios para la elección de una prueba inferencial univariante. Revista de Medicina Interna de Guatemala. Guatemala. 2017. pp. 32–37. [Consulta: 2021-08-21]. Disponible en: <http://asomigua.org/wp-content/uploads/2017/11/ART-5.pdf>

**CRUELLES, J.** Productividad e incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricacion se cumplan, 1st ed. (2012), (MARCOMBO S.A.) p. 36.

**DA SILVA, A., & PASQUALINI, F.** Nivelamento da Produção de Componentes da colheitadeira utilizando Quadros Heijunka Um estudo na empresa AGCO DO BRASIL. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul DACEC. 2016, pp. 28-31.

**DÁVIDA, F.** AVA: Análisis de valor agregado. [en línea], 2014. p. 9. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <https://prezi.com/jsbunantd5fl/ava-analisis-de-valor-agregado/>

**DE LA FUENTE, D., & QUESADA, I.** "Distribucion en planta", Ediuno, 2005, p. 58.

**EDITOR MINITAB BLOG.** Compresión del Análisis de varianza (ANOVA) y la prueba F. Minitab, 2019, p. 3.

**FAJADO, M.** Estimación del consumo y tiempo de uso de fundas plásticas para el transporte de mercancías en los principales comercios de la ciudad de Cuenca, e impactos de la aplicación de medidas restrictivas. 2017, [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad del Azuay. pp. 46-47. [Consulta: 2021-05-24]. Disponible en: <http://201.159.222.99/bitstream/datos/6427/1/12566.pdf%0Ahttp://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7507>

- FONSECA, I.** Optimización de los procesos productivos en la fabricación de puertas de madera, en “Muebles Fonseca” . In Valoración del patrimonio cultural para dinamizar la actividad turística en la Parroquia Punín, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. (trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Chimborazo 2016. p. 174. [Consulta: 2021-05-28]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- GALVIS, D.** Análisis de cargas laborales en el instituto de desarrollo municipal (IDM), Dosquebradas, Risaralda. In Resources Policy (Vol. 7, Issue 1), 2017. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: [https://gain.fas.usda.gov/Recent GAIN Publications/Agricultural Biotechnology Annual\\_Ottawa\\_Canada\\_11-20-2018.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Agricultural%20Biotechnology%20Annual%20Ottawa%20Canada%2011-2018.pdf) <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101869> <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.039> <http://www.oecd.org/gov/regulatory-poli>, p.211.
- GARCÍA, E., & NAYELI, B.** Redistribución optima de planta mediante el método de eslabones. INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO REVISTA DIGITAL, [en línea], 2018, pp. 102-108. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: [https://iydt.files.wordpress.com/2019/01/3-3-redistribución-optima-de-planta-mediante\\_vf.pdf](https://iydt.files.wordpress.com/2019/01/3-3-redistribución-optima-de-planta-mediante_vf.pdf)
- GARCIA, J. P** Articipação E Special N Ota T Écnica Spg N O 23 . ROGLE, 1, 2013, pp. 5–6.
- GIMÉNEZ, L.** Heijunka: las herramientas para implementar esta metodología en una empresa. Conexionesan. [en línea], 2019, pp. 45-46. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/heijunka-las-herramientas-para-implementar-esta-metodologia-en-una-empresa/>
- GÓNORA, J. PABLO.** La industria del plástico en México y el mundo. Bancomext [en línea], 2014, p. 6. [Consulta: 21 mayo 2021]. Disponible en: [http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la\\_industria\\_del\\_plastico.pdf](http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la_industria_del_plastico.pdf)
- GOOGLE MAPS.** google maps. s [blog]. [Consulta: 4 junio 2021]. Disponible en: <https://www.google.com.ec/maps/place/Ambaflex/@-1.1693375,-78.5895784,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d47f400aaba555:0x5051e2434821eb9e!8m2!3d-1.1693479!4d-78.5873639>

- HERNANDEZ, J., & IDOPE, A.** Lean Manufacturing. In Human Systems Management (Vol. 12, Issue 1). [en línea]. 2013. [Consulta: 11 junio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/HSM-1993-12106>
- JARA, M.** El método de las 5s: su aplicación. 7(1), 2017, p. 170.
- JAUREGUI, A.** Distribución de planta. Lifeder. [en línea]. 2021. [Consulta: 29 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/distribucion-de-planta/#:~:text=Existen tres tipos de distribuci3n,por proceso y por producto. pp. 16-17>
- KUZU.** La importancia de la estandarizaci3n de los procesos industriales. [en línea]. 2020. p. 198 [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <https://kuzudecoletaje.es/la-importancia-de-la-estandarizacion-de-los-procesos-industriales/>
- LÍDERES.** La industria del plástico se mueve al ritmo de unas 600 empresas. El Comercio, [en línea], 2018, p. 1. [Consulta: 21 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-plastico-inversion-innovacion-ritmo.html>
- LÓPEZ, B.** Métodos de Distribuci3n y Redistribuci3n en planta. Ingenieria Industrial. [en línea]. 2019. p. 3 [Consulta: 21 julio 2021]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/disen0-y-distribucion-en-planta/metodos-de-distribucion-y-redistribucion-en-planta/>
- LÓPEZ, M.** Diagramas de actividades múltiples. [en línea], 2018. p. 79 [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/72958310-Diagramas-de-actividades-multiples.html>
- MARIANO.** Tecnología de los Plásticos. [blog]. 2011. [Consulta: 4 junio 2021]. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
- MARTIN ANDINO, R.** Gestión de Operaciones y logística. EOI [en línea], 2012, p. 142. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/19944/gestion-de-operaciones-y-logistica>
- MEJIA, C.** ¿Cómo medir la productividad? Planning, 1302(F3rmula 1), [en línea], 2013, p. 3. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: [http://www.planning.com.co/bd/valor\\_agregado/Febrero2013.pdf](http://www.planning.com.co/bd/valor_agregado/Febrero2013.pdf)

- MONTOYO, A., & MARCO, M.** Proceso de producción Profesores. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) In Universidad de Alicante, Alicante. 2012. p. 16. [Consulta: 2021-05-24]. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19047/1/Tema\\_4\\_-\\_Proceso\\_de\\_produccion.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19047/1/Tema_4_-_Proceso_de_produccion.pdf)
- OBANDO, K., & ACURIO, E.** Optimización de la eficiencia productiva a través de la metodología Kaizen en el proceso productivo de inyección de suelas para calzado en la empresa Textiles industriales Ambateños S. A. (trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. 2015. pp. 72-73.
- OROZCO, E., ORTIZ, L., & DE LA HOZ, R.** Distribución de planta con planeación sistemática de Layout. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Simón Bolívar. 2017. pp. 28-29.
- OTERO, DI.** Línea de producción. Profedotero. (2017). [blog]. p. 73. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <http://profedotero.blogspot.com/2017/03/linea-de-produccion-diagrama-de-flujo-y.html>
- PALACIOS, L.** Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos (Ecoe (ed.); 2nd ed.), 2016, p. 60, 119, 122, 128.
- PANTOJA, C., OREJUELA, P., & BRAVO, J.** Metodología de distribución de okantas en ambientes de agrupación celular. Estudios Generales, 1, 2017, p. 134.
- PERALTA, J., JIMÉNEZ, E., & ROCHA, M.** Estudio del trabajo (Trabajo de titulación). (Pregrado). Univerdidad Auyónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, 2014. p. 10
- PET TECHNOLOGIES.** La industria plástica en América Latina: ¿qué esperar en 2018 [blog]. pp. 6-45. [Consulta: 21 mayo 2021]. Disponible en: <https://pet-eu.com/wp-content/uploads/2018/05/TECNOLOGIA-DEL-PLASTICO-VOL-32-ED-6.pdf>
- PIÑEIRA, S.** PERT y CPM: Programación y control de proyectos. Universidad Complutense de Madrid,[en línea], 2016, pp. 273–274. [Consulta: 04 agosto 2021]. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/CESE/article/download/CESE9595110271A/10809>
- RIVERA, L.** Elementos de los procesos. (2014). [blog]. p. 57. [Consulta: 24 mayo 2021].

Disponible en: <https://es.slideshare.net/miguerrita/elementos-de-los-procesos-36071490>

**RODRIGUEZ, V.** Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção Lean Manufacturing, Entendendo, (2015), (Brasil), p. 31.

**SAAVEDRA, W.** Corte y rebobinado en la conversión de empaques flexibles. [blog]. [Consulta: 11 junio 2021]. Disponible en: <https://www.elempaque.com/blogs/Corte-y-rebobinado-en-la-conversion-de-empaques-flexibles+127078>

**SALAS, J.** Propuesta de automatización del proceso de alimentos bajo el enfoque lean manufacturing. In Manajemen Asuhan Kebidanan Pada Bayi Dengan Caput Succedaneum Di Rsud Syekh Yusuf Gowa Tahun (Vol. 1).(trabajo de titulación). (Pregrado) 2017. Universidad de San Buenaventura, Medellin, p. 17

**SALAZAR, B.** Cálculo del número de observaciones. Ingeniería Industrial. (2019a). [blog]. p. 44. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/calculo-del-numero-de-observaciones/>

**SALAZAR, B.** Heijunka: Nivelación de la producción. Ingeniería Industrial. (2019b). [blog]. p. 130. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/heijunka-nivelacion-de-la-produccion/>

**SALAZAR, B.** Método de distribución y redistribución de plantas. (2019c). [blog]. p. 12. [Consulta: 28 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/disenio-y-distribucion-en-planta/metodos-de-distribucion-y-redistribucion-en-planta/>

**SCIENTIFIC EUROPEAN FEDERATION OF OSTEOPATHS.** Prueba “t” de Student. [En línea], 2019, (Scientific European Federation Osteopaths), pp. 1–5. [Consulta: 20 agosto 2021]. <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Prueba-t-de-Student.pdf>

**SILVA, C.** Estudio de Trabajo. Blogspot. [en línea], 2013 pp. 12. [Consulta: 21 agosto 2021]. Disponible en: <http://cesarsilva922.blogspot.com/2013/09/diagramas-de-actividades-multiples.html>

- SORIA, D.** Estudio de tiempos y movimientos y su incidencia en la productividad del proceso de confección de overoles en la empresa Álvaro jeans del canton Pelileo (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad tecnologica Indoamerica. 2014. p. 16.
- TAPIA, L.** Políticas para gestión integral de plásticos en el Ecuador. LEXISFINDER, (2014), (Ecuador) pp. 19-5.
- UNENVIOMENT.** El estado de los plásticos. UNENVIOMENT [en línea], 2018 pp. 1-5. [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state\\_plastics\\_WED\\_SP.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_SP.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- VELÁSQUEZ, Y.** Definición de estándares de producción en la planta de tamales de la industria de alimentos IdeAl, almacenes éxitos S.A, 2018, p. 145, 166. [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1120700020921110><https://doi.org/10.1016/j.reuma.2018.06.001><https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.03.044><https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1063458420300078?token=C039B8B13922A2079230DC9AF11A333E295FCD8>
- VERA, F.** Trabajo estandarizado. s [blog]. 2015. [Consulta: 24 mayo 2021]. Disponible en: <https://prezi.com/dwvjeylouthg/trabajo-estandarizado/>