UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA DE AGUA MINERAL SITUADA EN EL ESTADO MIRANDA PARA EL AÑO 2019”

TRABAJO DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR: González Izquierdo, Arturo

PROFESOR GUÍA: Guevara, José

FECHA: Junio 2019

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA DE AGUA MINERAL SITUADA EN EL ESTADO MIRANDA PARA EL AÑO 2019"

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado de: _____.

JURADO EXAMINADOR

Firma: _____ **Firma:** _____ **Firma:** _____

Nombre: _____ **Nombre:** _____ **Nombre:** _____

REALIZADO POR: González Izquierdo, Arturo

PROFESOR GUÍA: Guevara, José

FECHA: Junio 2019

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
Escuela de Ingeniería Industrial

"DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA DE AGUA MINERAL SITUADA EN EL ESTADO MIRANDA PARA EL AÑO 2019"

Autor: Br. González Izquierdo, Arturo

Tutor: Ing. Guevara, José

Fecha: Junio 2019

RESUMEN

El trabajo de grado que se presenta a continuación tiene como finalidad realizar una propuesta de rediseño de la empresa embotelladora de Agua Mineral Minalba, ubicada en San Pedro de los Altos Edo Miranda, motivado por la incorporación de equipos adicionales, teniendo en cuenta la restricción de espacio se utilizaron diferentes herramientas para poder resolver el problema y obtener toda la información necesaria para analizar posteriormente todos aquellos datos encontrados. Algunas de las herramientas a usar fueron la observación directa, entrevistas no estructuradas al personal operativo de la planta y supervisores del área de producción.

Mediante datos obtenidos en la planta, se evaluaron los tiempos de cada puesto de trabajo para determinar los tiempos estándar de operaciones para poder proponer diferentes alternativas a los puestos de trabajo especialmente a los procesos que se realizan completamente manual, así como los tiempos de paradas correspondientes a los equipos, específicamente el caso del paletizado representa un cuello de botella, además se tiene adicionar una máquina colocadora de asas ya que el medio de transporte de las botella exige que están no tengas asas.

Palabras claves: Diseño, mejora, proceso, eficiencia, eficacia, distribución en planta, líneas llenadoras, tiempos de ciclo

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
Escuela de Ingeniería Industrial

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN ..... **I**

ÍNDICE GENERAL ..... **II**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **VII**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **IX**

INTRODUCCIÓN **1**

1 CAPÍTULO I **3**

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.2 OBJETIVOS 5

1.2.1 Objetivo General *5*

1.2.2 Objetivos específicos *5*

1.3 ALCANCE 5

1.4 LIMITACIONES 6

2 CAPÍTULO II **8**

2.1 ANTECEDENTES 8

2.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES BÁSICAS 8

2.2.1 Coeficiente de Variación de Pearson *8*

2.2.2 Cuello de Botella *9*

2.2.3 Desviación Estándar *9*

2.2.4 Diagrama de Flujo de Procesos *9*

2.2.5 Diagrama de Pareto *9*

2.2.6 Diagrama de Procesos de Operación *9*

2.2.7 Diagrama de Recorrido *9*

2.2.8 Diagrama de Relación de Actividades *10*

2.2.9 Diagrama Adimensional de Bloque *10*

2.2.10 Distribución en planta *10*

2.2.11 Inocuidad *10*

2.2.12 Línea de Producción *10*

2.2.13 Manufactura Esbelta: *11*

2.2.14 Estudio de Tiempos *11*

2.2.15 Suplementos u Holguras *11*

2.2.16 Tiempo de Ciclo 11
2.2.17 Tiempo Estándar 11
2.2.18 Tiempo Normal 12
2.3 Conceptos Técnicos 12
2.3.1 Llenadora 12
2.3.2 Despaletizador 12
2.3.3 Lámpara UV 12
2.3.4 Ósmosis Inversa 12
2.3.5 Rinser 13
2.3.6 Tapadora 13
3 CAPÍTULO III 14
3.1 Tipo de Investigación 14
3.2 Diseño de Investigación 14
3.3 Población, Unidad de Análisis y Muestra 14
3.4 Enfoque de la Investigación 15
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 15
3.5.1 Observación Directa 15
3.5.2 Entrevista no Estructurada 15
3.5.3 Análisis de Datos 16
3.6 Estructura desagregada del trabajo de grado 17
4 CAPÍTULO IV 18
4.1 Producto 18
4.2 Tramado 18
4.3 Insumos y Recursos 19
4.4 Proveedores de Insumos 20
4.4.1 Equivalencia de las Presentaciones de Insumos 21
4.5 Lista de materiales 21
4.6 Captación del agua de proceso 22
4.7 Agua de servicios 23
4.8 Recepción de Materia Prima 23
4.9 Proceso Productivo 24
4.9.1 Despaletizado 25

4.9.2 Llenado y Tapado de Botellas ... 26
4.9.3 Empaquetado ... 28
4.9.4 Paletizado ... 30
4.9.5 Envolvedoras SIAT ... 31
4.10 Despacho ... 31
4.11 Distribución Actual L3 ... 32
4.11.1 Diagrama de flujo de proceso ... 35
4.11.2 Diagrama de recorridos ... 36
4.12 Cálculo y Análisis del Tiempo de Ciclo de la línea 3 ... 37
4.13 Cálculo y Análisis de la eficiencia y eficacia ... 43
4.14 Análisis de Tiempos de Paradas ... 46
4.14.1 Cajas perdidas ... 49
4.14.2 Fallas Operacionales ... 50
4.14.3 Fallas por mantenimiento ... 51
4.15 Diagrama de Ishikawa ... 52
5 CÁPITULO V ... 53
5.1 Equipos Nuevos ... 53
5.1.1 Llenadora ... 53
5.1.2 Empaquetadora ... 54
5.1.3 "Rinser" ... 55
5.1.4 Colocador de Asas Semi Automático ... 56
5.1.5 Colocador de asas Automático. ... 58
5.1.6 Comparación de Colocadores de Asas. ... 59
5.1.7 Propuesta del Puesto del Despaletizado ... 59
5.1.1 ... 62
5.1.2 Propuesta del Puesto de Paletizaje. ... 62
5.2 Diagrama de flujo de proceso de propuesta. ... 64
5.4 Análisis de la Distribución Ideal. ... 65
5.5 Distribución Propuesta 1 ... 67
5.5.1 Diagrama de Recorridos Propuesta 1 ... 69
5.6 Distribución Propuesta 2 ... 70
5.6.1 Diagrama de Recorridos Propuesta 2. ... 71
5.7 Comparación de las Propuestas de Distribución ... 72

5.7.1 Ventajas y Desventajas de las Propuestas de Distribución. 73

5.8 COMPARACIÓN DE LAS PROPUESTAS CON LA SITUACIÓN ACTUAL. 74

5.9 PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN 77

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 80

6.1 CONCLUSIONES 80

6.2 RECOMENDACIONES 81

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 83

ANEXOS 85

ANEXO 1: PLANO GENERAL DE PLANTA SAN PEDRO 85

ANEXO 2: PALETA DE BOTELLAS VACÍAS DE 5 LTS 86

ANEXO 2: ÁREA DE ENVASADO 86

ANEXO 3: EQUIPOS DE L3 87

Despaletizado 87

Arrumador 87

Llenadora 88

Tapadora 88

Codificador 89

Empaquetadora 89

Paletizado 90

Envolvedora SIAT 90

ANEXO 4: ALMACÉN DE PT 91

ANEXO 5: ALMACÉN DE PALETAS VACÍAS 91

ANEXO 6: TIEMPOS DEL PROCESO DE DESPALETIZADO 92

ANEXO 7: TIEMPOS DE LA LLENADORA 93

ANEXO 8: DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA DE LA LLENADORA 94

ANEXO 9: RESULTADOS DEL DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA 94

ANEXO 10: GRAFICO HOMBRE-MÁQUINA 94

ANEXO 11: TIEMPOS DE LA EMPAQUETADORA 95

ANEXO 12: DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA DE LA EMPAQUETADORA 96

ANEXO 13: RESULTADOS DEL DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA 96

ANEXO 14: GRAFICO HOMBRE-MÁQUINA 96

ANEXO 15: TIEMPOS DEL PALETIZADO 97

ANEXO 16: ANÁLISIS DE OPERACIÓN: "COLOCAR PRIMERA CAMADA" 98
Histograma de Frecuencia con 4 grupos *98*
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados *98*
Histograma de Frecuencia con 3 grupos *98*
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados *99*
Histograma de Frecuencia con 2 grupos *99*
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados *99*
ANEXO 17: ANÁLISIS DE OPERACIÓN: "COLOCAR SEGUNDA CAMADA" 100
Histograma de Frecuencia con 4 grupos *100*
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados *100*
Histograma de Frecuencia con 3 grupos *100*
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados *101*
Histograma de Frecuencia con 2 grupos *101*
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados *101*
ANEXO 18: ANÁLISIS DE OPERACIÓN: "COLOCAR TERCERA CAMADA" 102
Histograma de Frecuencia con 4 grupos *102*
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados *102*
Histograma de Frecuencia con 3 grupos *102*
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados *103*
Histograma de Frecuencia con 2 grupos *103*
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados *103*
ANEXO 19: TIEMPO ENTRE LLEGADAS DE PAQUETES AL PALETIZADO 103
ANEXO 20: SUPLEMENTOS 104
ANEXO 21: PLAN DE PRODUCCIÓN DE L3 104
ANEXO 22: GRAFICO COMPARATIVO PLAN VS PRODUCCIÓN REAL 104

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
Escuela de Ingeniería Industrial

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 8
TABLA 2: UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN. 14
TABLA 3: CONFIGURACIÓN DE PALETA DE BOTELLAS DE 5 LTS 18
TABLA 4: PROVEEDORES DE INSUMOS Y MATERIA PRIMA 21
TABLA 5: CANTIDAD DE PRODUCTO POR EMPAQUE 21
TABLA 6: LISTA DE MATERIALES DE UN PAQUETE DE DOS BOTELLAS DE 5 LTS 21
TABLA 7: LISTA DE MATERIALES PARA FORMAR UNA PALETA DE BOTELLAS DE 5 LTS 22
TABLA 8: RECURSOS DEL DESPALETIZADOR 26
TABLA 9: RECURSOS E INSUMOS QUE UTILIZA LA LLENADORA EN SU OPERACIÓN 27
TABLA 10: RECURSOS DE LA EMPAQUETADORA 29
TABLA 11: RECURSOS E INSUMOS DEL PUESTO DE TRABAJO DEL PALETIZADO 30
TABLA 12: RECURSOS E INSUMOS DEL PUESTO DE TRABAJO DE LAS ENVOLVEDORAS SIAT 31
TABLA 13: DESCRIPCIÓN DE LOS TRAMOS VÍAS TRANSPORTADORAS 34
TABLA 14: TIEMPOS NORMALES DE LA OPERACIÓN DE DESPALETIZAJE 37
TABLA 15: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TIEMPO DE LA OPERACIÓN DE PALETIZAJE 38
TABLA 16: RESULTADOS DE LA MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS DATOS AGRUPADOS 39
TABLA 17: TIEMPOS NORMALES DEL PUESTO DE PALETIZAJE 39
TABLA 18: SUPLEMENTOS A UTILIZAR EN LA LÍNEA 3 40
TABLA 19: TIEMPO ESTÁNDAR PARA LAS OPERACIONES MANUALES 41
TABLA 20: TIEMPO DE CICLO DE LA LÍNEA 3 42
TABLA 21: RESULTADOS DEL DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA DEL PUESTO DE TRABAJO DEL DESPALETIZADO 44
TABLA 22: RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS DIAGRAMAS HOMBRE-MÁQUINA 45
TABLA 23: CAUSAS DE TIEMPOS DE PARADAS EN LA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE 5 LTS 47
TABLA 24: TIEMPOS DE PARADAS DE L3 EN LOS MESES DE ESTUDIO 49
TABLA 25: PRODUCCIÓN FALTANTE DADO A QUE SE PERDIERON 20.126 MINUTOS 49
TABLA 26: DÍAS PERDIDOS 49
TABLA 27: TIEMPO DE PARADAS NO PLANIFICADOR POR FALLAS OPERACIONALES 50
TABLA 28: CAUSAS DE PARADAS NO PLANIFICADAS POR FALLAS DE MANTENIMIENTO 51
TABLA 29: COMPARACIÓN DE LA LLENADORA ACTUAL VS. LA NUEVA 53
TABLA 30: RESULTADOS DEL DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA DEL PUESTO DEL LLENADOR 54
TABLA 31: COMPARACIÓN DE LA EMPAQUETADORA ACTUAL VS. LA NUEVA 54
TABLA 32: RESULTADOS DEL DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA DEL PROCESO DE EMPAQUETADO 55

TABLA 33: TIEMPO DE CICLO DE LA EMPAQUETADORA NUEVA 57
TABLA 34: CALCULO DE TIEMPO DE CICLO DEL COLOCADOR DE ASAS SEMI AUTOMÁTICO 57
TABLA 35: COMPARACIÓN ENTRE COLOCADOR DE ASAS SEMI AUTOMÁTICO VS AUTOMÁTICO 59
TABLA 36: TIEMPO NORMAL Y ESTÁNDAR DE LA OPERACIÓN DEL DESPALETIZADO PROPUESTO 60
TABLA 37: RESULTADOS DEL DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA DEL PROCESO DE DESPALETIZADO PROPUESTO. 61
TABLA 38: COMPARACIÓN DEL DESPALETIZADO ACTUAL VS EL PROPUESTO. 62
TABLA 39: PLAN DE PRODUCCIÓN DE L4 62
TABLA 40: CARACTERÍSTICAS DEL PALETIZADO DE L4 62
TABLA 41: COMPARACIÓN DEL PALETIZADO ACTUAL VS EL CRUCE PROPUESTO 63
TABLA 42: CANTIDADES DE RELACIONES 66
TABLA 43: DESCRIPCIÓN DE LAS VÍAS TRANSPORTADORAS DE LA OPCIÓN 1 DE DISTRIBUCIÓN 68
TABLA 44: DESCRIPCIÓN DE LAS VÍAS TRANSPORTADORAS DE LA OPCIÓN 2 DE DISTRIBUCIÓN 70
TABLA 45: COMPARACIÓN DE LA DISTANCIA DE LAS PROPUESTAS DE DISTRIBUCIÓN 72
TABLA 46: CUADRO COMPARATIVO DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS 73
TABLA 47: TIEMPO ESTÁNDAR DE LOS PUESTOS DE TRABAJOS PROPUESTOS 74
TABLA 48: COMPARACIÓN DE LOS TIEMPOS DE OCIOS DE LOS EQUIPOS 74
TABLA 49: % DE UTILIZACIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO 75
TABLA 50: COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL VS LA PROPUESTA 76
TABLA 51: DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO 77
TABLA 52: PLANIFICACIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES DEL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN 79

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: FASES CONTEMPLADAS EN EL TRABAJO DE GRADO 17
FIGURA 2: BOTELLAS PET EN PRESENTACIÓN 5 LTS 18
FIGURA 3: PALETA DE BOTELLAS DE 5 LTS 19
FIGURA 4: MAPA DE PROCESO DE LA LÍNEA, EN DONDE SE AÑADE LA INFORMACIÓN DEL RECURSO HUMANO ASIGNADO POR TURNO 20
FIGURA 5: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA 23
FIGURA 6: DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE ENVASADO DE LÍNEA 3 24
FIGURA 7: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DEL DESPALETIZADO 26
FIGURA 8: OPERACIÓN DE CONTROL DE PARADAS DEL LLENADOR 27
FIGURA 9: OPERACIONES DE CONTROL DE PARADAS DEL EMPAQUETADOR 29
FIGURA 10:DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PALETIZADO 30
FIGURA 11: DIAGRAMA DE FLUJO DEL DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO 32
FIGURA 12: ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL NIVEL 1 33
FIGURA 13: ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL NIVEL 2 34
FIGURA 14: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA SITUACIÓN ACTUAL 35
FIGURA 15: DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA SITUACIÓN ACTUAL 36
FIGURA 16: HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE LOS TIEMPOS EN ARMAR LA PRIMERA CAMADA DE UNA PALETA 39
FIGURA 17 CUELLO DE BOTELLA DE LA SITUACIÓN ACTUAL 43
FIGURA 18: DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA DEL DESPALETIZADO 44
FIGURA 19: GRAFICA DEL DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA 45
FIGURA 20: DIAGRAMA DE PARETO DE LAS CAUSAS DE PARADAS DE L3 48
FIGURA 21: DIAGRAMA DE PARETO DE LAS CAUSAS DE LAS FALLAS OPERACIONALES 50
FIGURA 22: DIAGRAMA DE PARETO DE LAS CAUSAS POR MANTENIMIENTO 51
FIGURA 23: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DE LOS 14 DÍAS PERDIDOS 52
FIGURA 24: DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA DEL PROCESO DE LLENADO NUEVO 53
FIGURA 25: DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA DEL PROCESO DE EMPAQUETADO NUEVO 55
FIGURA 26: ESQUEMA DEL COLOCADOR DE ASAS SEMI AUTOMÁTICO 56
FIGURA 27: ESQUEMA DE LA GUÍA DE COLOCACIÓN DE ASAS 56
FIGURA 28: ESQUEMA DEL PUESTO DE TRABAJO DEL COLOCADOR DE ASAS SEMI AUTOMATICO 57
FIGURA 29: ESQUEMA GENERAL DE LA VISTA DE PLANTA, CORRESPONDIENTE A LA COLOCADORA DE ASAS PROPUESTA 59
FIGURA 30:ESQUEMA DEL PUESTO DEL DESPALETIZADO PROPUESTO 60
FIGURA 31: DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA DEL PROCESO DE DESPALETIZADO PROPUESTO. 61

FIGURA 32: ESQUEMA PROPUESTO DEL PALETIZADO DE L3 Y L4 63
FIGURA 33: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA PROPUESTA 64
FIGURA 34: DIAGRAMA DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES 65
FIGURA 35: DIAGRAMA ADIMENSIONAL DE BLOQUE 67
FIGURA 36: ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN PROPUESTA 68
FIGURA 37: DIAGRAMA DE RECORRIDOS DE LA PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN 1 69
FIGURA 38: ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN PROPUESTA 2 70
FIGURA 39: DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN 2 71
FIGURA 40: GRAFICO DEL BALANCEO DE LOS EQUIPOS 75
FIGURA 41:PUESTOS DE TRABAJO DE LA PROPUESTA 76
FIGURA 42: DIAGRAMA GANTT DEL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN 78

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el hombre siempre ha buscado la manera más fácil y rápida para la obtención de bienes y servicios. Desde el nacimiento de la revolución industrial se comenzaron a establecer líneas de producción, trayendo como consecuencia aumento de la producción y automatización de los procesos.

Las líneas de producción no solo aceleran los procesos, si no también ayudan con la estandarización de los mismos. Sin embargo, estas líneas de producción necesitan de una mejora continua, ya que estas presentan problemas como, cuellos de botella, desperdicios, problemas ergonómicos, entre otros.

Para alcanzar una producción eficiente, los equipos que conforman las líneas de producción juegan un papel importante en el desarrollo de las actividades, así como los operadores en cada puesto de trabajo.

Al momento de diseñar una línea de producción se debe pensar en elementos básicos que la conforman, como el espacio físico disponible *("LayOut*"), maquinaria y puestos de trabajos, tomando en cuenta que la demanda va cambiando en función del tiempo y, en algunas situaciones es necesario la actualización del *"LayOut"*, maquinaria y puestos de trabajo para la satisfacción de la demanda.

Empresas Polar, C.A. es una empresa venezolana de consumo masivo cuyas actividades productivas se desarrollan en el sector de alimentos y bebidas. Dicha empresa se divide en tres áreas de negocio las cuales son: cervecería polar, alimentos polar y Pepsi-Cola Venezuela. Esta última es la encargada de la producción de refrescos y bebidas no carbonatadas, para lo cual posee 4 plantas ubicadas dentro del territorio venezolano, siendo una de esta la embotelladora de agua "MINALBA" ubicada en San Pedro de los Altos, estado Miranda.

Actualmente el área de envasado de dicha planta está dividida en diferentes líneas de producción para cada una de las presentaciones que existen en el mercado, el presente trabajo se enfoca en la línea 3, la cual envasa agua en botellas PET en presentación de 5lts, Dicha línea es la menos productiva de todas teniendo

una participación respecto a las 3 líneas de producción de la planta del 5% de la producción total semanal.

En tal sentido, la empresa decidió adquirir una nueva maquinaria para aumentar la producción de la línea 3, ya que la velocidad actual en la que se embotella agua mineral es de 22 botellas por minuto.

El presente trabajo se encuentra estructurado en V capítulos y una sección final compuesta por las conclusiones del estudio, recomendaciones, referencias y anexos; tal como se muestra a continuación:

Capítulo I, “Definición y delimitación del problema”; en esta sección se describe la problemática enfrentada por la empresa, el objetivo general y específicos del trabajo de grado, el alcance del estudio y sus limitaciones.

Capítulo II “Marco referencial”; en esta sección se presentan los antecedentes del estudio, así como las bases teóricas para cada uno de los términos, conceptos y normativas en las que se fundamenta.

Capítulo III “Marco metodológico”; en esta sección se presenta el tipo de estudio del presente trabajo de grado, su diseño, enfoque; así como la metodología y herramientas empleadas para su desarrollo.

Capítulo IV “Análisis de la información”; en esta sección se describe la situación actual de la línea a través de metodología de ingeniera de métodos tomando en cuenta los equipos, materiales, insumos y puestos de trabajo.

Capítulo V “Propuestas”; en esta sección realiza el análisis de las nuevas máquinas, así como las propuestas de los nuevos puestos de trabajo, para generar alternativas del sistema productivo.

1 CAPÍTULO I: DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

En los últimos años, el servicio de agua potable se ha visto afectado por los problemas que aquejan el país, causando insatisfacción en los habitantes, quienes se ven forzados a obtener dicho recurso a través de medios distintos a los tradicionales.

Actualmente en Venezuela, existen diversas empresas las cuales se dedican a la producción de agua mineral para el consumo masivo, siendo una de estas Pepsi-Cola Venezuela C.A. cuya planta embotelladora se encuentra ubicada en San Pedro de los Altos, Estado Miranda.

Dicha planta cuenta con cuatro líneas embotelladoras de agua mineral, las cuales se dividen según la capacidad del envase en: 355 ml, 600 ml, 1.5 lts y 5 lts. La planta San Pedro, es la más antigua de Pepsi-Cola Venezuela C.A y su diseño no estaba pensado en la futura expansión y crecimiento de la demanda (originalmente los espacios físicos de la planta eran Quintas residenciales, las cuales fueron adaptando hasta lo que es hoy en día), por lo que la ubicación y distribución de los sistemas de productivos fue improvisado.

Según información acumulada en los últimos años, se tiene conocimiento que la presentación del envase de 5 lts es el que resulta más atractivo a los consumidores, debido a la practicidad que presenta ante la frecuente escasez de agua que se vive en el país. Pepsi-Cola Venezuela C.A. decidió implementar un enfoque “Push” (empuje) en la cadena de suministros, donde la ejecución del mismo se inicia en anticipación de los pedidos con el fin de aumentar sus ganancias.

Como iniciativa a la situación presentada, surge un proyecto interno de la empresa enfocado en la línea 3, en la cual embotellan agua mineral en envases de 5 lts. Dicha línea es actualmente la más pequeña, ocupando 250 m^2 del espacio

físico del área de producción, pero a pesar de esto, con un total de 47.917.000 litros envasado semanal, esta contribuye con el 33% del volumen de producción, siendo la presentación que más litros envasa respecto a las demás existentes.

El proceso de envasado de 5 lts cuenta con un despaletizador manual, la llenadora y tapadora de botellas, la empaquetadora y el paletizaje. Actualmente, la máquina llenadora tiene una capacidad de 22 botellas por minuto (máquina ocupa 2 m^2). Los demás procesos como el despaletizador tiene una velocidad de 31 botellas por minuto, empacadora de 22 botellas por minuto (máquina ocupa 3,5 m^2) y el paletizaje de 23 botellas por minuto. Por último, esta línea es la menos automatizada, ya que el proceso de despaletizaje, y paletizado es realizado manualmente por un operador.

La empresa decide adquirir una nueva máquina llenadora más grande de área 10.6 m^2 para aumentar la producción de botellas de 5 lts, la cual trabaja a una velocidad nominal de 83 botellas por minutos, y con esto incrementar el nivel de ventas según aumente la demanda.

En otra planta de la empresa ubicada en Caucagua se encuentra una empaquetadora, cuya área es de 12,5 m^2 la cual trabaja a una velocidad de 40 paquetes por minutos, teniendo en cuenta que los paquetes de producto terminado de 5lts contienen 2 botellas, quiere decir que dicha empaquetadora trabaja a 80 botellas por minuto, y existe la posibilidad de trasladar la máquina debido a que esta no se encuentra operativa.

A diferencia de los demás procesos productivos existentes en la planta, la línea 3 no cuenta con un "*rinser*" o enjuagador de botellas, el cual tiene como finalidad lavar las botellas antes del llenado, por lo que el departamento de calidad exige la incorporación de este sistema, con la finalidad de mantener la inocuidad del producto.

Por lo anteriormente expuesto surge la siguiente interrogante:

¿Habrá una distribución de procesos, equipos productivos y puestos de trabajo que mejore la productividad, eficacia y eficiencia de la línea 3, considerando la incorporación de la nueva maquinaria?

Finalmente, se presenta la necesidad de formalizar el presente trabajo en el cual se realizará un estudio de los procesos de la línea de producción, así como un diseño de la distribución de las nuevas máquinas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar la distribución de Planta de una línea de producción en una embotelladora de agua mineral situada en el Estado Miranda para el año 2019.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudiar el proceso productivo de envasado de agua mineral en función de los equipos, materiales, insumos y puestos de trabajo involucrados.
- Analizar opciones de distribución de la nueva línea con base al espacio disponible y los requerimientos operativos.
- Seleccionar una opción de diseño de acuerdo a su relación entre sus ventajas y desventajas.
- Elaborar un plan para la implementación del diseño escogido.

1.3 Alcance

El alcance principal del presente trabajo estará enfocado en el diseño de la distribución de equipos y puestos de trabajo de la línea de envasado de agua mineral de 5 lts en una empresa ubicada en el Estado Miranda para el año 2019.

- Se utilizará la observación directa y entrevistas no estructuradas para el estudio de los procesos involucrados, realizando diagramas de flujos desde la recepción de materia prima hasta el despacho de los camiones. Una vez conocidos los procesos involucrados se realizarán estudios de tiempo y movimientos, para cada una de las operaciones de envasado, lo cual servirá

como información base para determinar colas, cuellos de botellas u otro tiempo que no agrega valor a la operación. Por último, se realizará una caracterización de los equipos de la línea en términos de los recursos y espacios en un cuadro descriptivo donde se observen las especificaciones técnicas y funcionales de cada una de las máquinas, así como los recursos que necesite.

- A partir de lo estudiado anteriormente se procederá a analizar las restricciones del proceso productivo y de la ubicación de los equipos a caracterizar, para ello se realizará un diagrama de relación de actividades con el fin de analizar las posibles configuraciones de la línea productiva, en función del proceso productivo y ubicación, posteriormente se procederá a efectuar un diagrama adimensional de bloques según lo obtenido por el diagrama de relación de actividades, y por último se hará uso de una aplicación de dibujo o diseño asistido por computadora, con el fin de presentar los diferentes diseños de mejora a evaluar.
- Se representará en una tabla descriptiva los resultados de la relación ventajas desventajas de cada una de las propuestas.
- Por último, se procederá a realizar un plan para la implementación del diseño planteado que contemple el procedimiento a realizar.

1.4 Limitaciones

- La cantidad y calidad de la información dependerá de lo suministrado por la empresa.
- La confidencialidad de los datos de demanda puede estar sujetos a criterios de confidencialidad.
- Las paradas no planificadas de los procesos involucrados pueden interferir en el estudio de tiempos y movimientos.
- La información de los costos dependerá de la disponibilidad de proveedores en el mercado para las propuestas de mejora, de manera que puede haber

costos cuya estimación pudiera realizar de manera indirecta a través de otras variables como: mano de obra, tiempos de paradas, artículos producidos etc.

2 CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

En el presente capítulo se presentan los antecedentes del estudio, los cuales tendrán aportes fundamentales para la realización del presente trabajo de grado, así como las bases teóricas para cada uno de los términos y conceptos.

2.1 Antecedentes

Tabla 1: Antecedentes de la Investigación

Titulo	Autor /Tutor	Institución / Fecha	Objetivo General	Aporte
"DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS OPERACIONES DE ENSAMBLAJE EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MOTOCICLETAS SINCRÓNICAS"	**Autor** Arias Rivas, Jennifer Daniela Gómez Cabada, Daniela **Tutor** Ing. Guevara, José	**Institución** Universidad Católica Andrés Bello **Fecha** Junio 2017	Diseñar una propuesta de mejoras en la distribución de las operaciones de ensamblaje en una línea de producción de motocicletas sincrónicas	-Referencias teóricas -Estructura de la Investigación
"DISEÑO DE UN PLAN DE ACCIÓN PARA LA MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE AGUA, UBICADA EN EL ESTADO MIRANDA"	**Autor** Medina G. Luis Mejías P. Raúl **Tutor** Ing. Alirio J. Villanueva	**Institución** Universidad Católica Andrés Bello **Fecha** Octubre 2013	Diseñar un plan de acción para la mejora del proceso productivo de una empresa embotelladora de agua mineral ubicada en el estado miranda	-Referencias teóricas -Estructura de la Investigación -Estudio de los procesos
"PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA, EQUIPOS Y PUESTOS DE TRABAJO DE UNA PLANTA MANUFACTURERA DE PASTILLAS PARA FRENOS"	**Autor** Panyella Mónica **Tutor** Ing. Giovanni Sparacio	**Institución** Universidad Católica Andrés Bello **Fecha** Septiembre 2011	Proponer la distribución de la maquinaria, equipos y puestos de trabajo en una planta manufacturera de pastillas de frenos	-Metodología de la investigación -Estructura de la Investigación -Estudio de los procesos

Fuente: Elaboración Propia

2.2 Conceptos y definiciones básicas

2.2.1 Coeficiente de Variación de Pearson

Según (Fernandez, 2002) "Es el cociente entre la desviación típica y la media, esta mide la dispersión relativa. Una muestra es representativa cuando el coeficiente de variación es bajo ya que representa una menor dispersión en la muestra".

2.2.2 **Cuello de Botella**

(krajewsky, 2000) afirma que “se llama cuello de botella la operación que tiene la capacidad efectiva más baja entre todas de la instalación y que, por lo tanto, limita la salida de productos del sistema.”

2.2.3 **Desviación Estándar**

(Guerrero, 2007) Indica el grado de dispersión o alejamiento de los datos con respecto a su promedio. Se calcula como la raíz cuadrada de la varianza

2.2.4 **Diagrama de Flujo de Procesos**

Para (Niebel, 2009); el diagrama es usado para cada componente de un ensamble o de un sistema, con el fin de obtener el máximo ahorro en la manufactura o procedimientos aplicables a un componente o una secuencia de trabajos específicos.

2.2.5 **Diagrama de Pareto**

Según (Eceizabarrena, 1995) el diagrama de Pareto representa uno de los primeros pasos que se deben darse para realizar mejoras, su función principal es evidenciar las prioridades para facilitar las tomas de decisiones utilizando de la regla 80-20.

2.2.6 **Diagrama de Procesos de Operación**

De acuerdo con (Niebel, 2009) el diagrama de operaciones de procesos “muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado.

2.2.7 **Diagrama de Recorrido**

Según Niebel (2009), un diagrama de recorrido es una representación gráfica de la distribución de la planta y los edificios, que se muestra la localización de todas las actividades del diagrama de flujo del proceso. Sirve para identificar posibles áreas de con miras a lograr una distribución de planta ideal.

2.2.8 **Diagrama de Relación de Actividades**

Para (Hodson, 1997) “Es una forma semimatiz donde pueden registrar las relaciones que guarda cada actividad (función, área o máquina) con todas las demás actividades”.

2.2.9 **Diagrama Adimensional de Bloque**

(Matthew, 2006) explica que “El diagrama adimensional de bloque es el primer intento de distribución y resultado de la gráfica de relación de actividades y la hoja de trabajo. Aun cuando esta distribución es adimensional, será la base para hacer la distribución maestra”.

2.2.10 **Distribución en planta**

De acuerdo con (Matthew, 2006) “Es el arreglo físico de máquinas, equipos para la producción y manejo de materiales, estaciones de trabajo, personal, ubicación de materiales de todo tipo y toda etapa de elaboración”.

2.2.11 **Inocuidad**

Según la Organización Mundial de la Salud la inocuidad (2000) “es la condición de los alimentos y bebidas que garantiza que no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso que se destinan. La inocuidad es uno de los 4 grupos básicos de características que, junto con las nutricionales, las organolépticas y las comerciales componen la calidad de los alimentos y bebidas.

2.2.12 **Línea de Producción**

Según (Groover, 1997) “las líneas de producción son una serie de estaciones de trabajo ordenadas para que los productos pasen de una estación a la siguiente y en cada posición se realice una parte del trabajo total”

2.2.13 **Manufactura Esbelta:**

(Hernández, 2013) lo define como; “Una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios”.

2.2.14 **Estudio de Tiempos**

(Niebel, 2009) lo define como una “técnica que permite establecer un estándar de tiempo permitido para llevar a cabo una determinada tarea, con base en las mediciones del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y retardos inevitables del personal”.

2.2.15 **Suplementos u Holguras**

Según Niebel, (2009) define los suplementos como “las interrupciones personales, como viajes al baño y a los bebederos, la fatiga que afecta a los individuos en la jornada laboral. A su vez existen retrasos inevitables, tales como, herramientas que se rompen, interrupciones del supervisor, variaciones con el material, a los cuales se les debe asignar un suplemento.

2.2.16 **Tiempo de Ciclo**

(Suñé, 2004) Lo define como “el tiempo que transcurre entre la producción de dos unidades consecutivas (siempre que se trabaje unidad por unidad)”

2.2.17 **Tiempo Estándar**

Según Niebel, (2009) “El tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a un paso estándar y realizando un esfuerzo promedio para realizar la operación se llama tiempo estándar (TE) de esa operación”

2.2.18 **Tiempo Normal**

Es el tiempo que requeriría un operario calificado para realizar un trabajo a un ritmo moderado usando un método prescrito.

2.3 Conceptos Técnicos

2.3.1 **Llenadora**

Según el Ing. Roque Rangel, gerente de envasado “Es un equipo cuya función principal es el llenado de envases de plásticos o vidrio. Esta máquina es ideal para el llenado por nivel, lo que permite obtener el mismo nivel en cada uno de los envases independientemente de alguna deformación en las botellas.”

2.3.2 **Despaletizador**

Es un conjunto de equipos y operaciones cuya función es separar los componentes de una paleta para disponerlos en la línea de producción.

2.3.3 **Lámpara UV**

Según el Ing. Jerry Abache súper intendente de calidad “Es el bactericida más eficiente en la producción de agua potable o para embotellar. La luz UV es un germicida poderoso que elimina microorganismos del agua purificada sin uso de químicos adicionados.

2.3.4 **Ósmosis Inversa**

(Lapeña, 1990) lo define como “el fenómeno por el cual el disolvente de una solución pasa a través de una membrana semipermeable mientras otros componentes no pueden atravesarla”; y según el Ing. Jerry Abache, súper intendente de calidad “Para poder purificar el agua necesitamos llevar a cabo el proceso contrario al de la ósmosis convencional, el cual es un proceso con membranas el cual permite forzar el paso del agua que se encuentra en la corriente de salmuera a la corriente de agua con baja concentración de sal siendo necesario presurizar el agua a un valor superior al de la presión osmótica.”

2.3.5 **Rinser**

Según el Ing. Roque Rangel, gerente de envasado “es un equipo que sirve para quitar las partículas de polvo y otros contaminantes secos de los envases. Está diseñado para enjuagar botellas con agua o detergentes específicos con concentración ajustable. Esta máquina tiene agarradores que capturan la botella y les hace un giro de 180° le introduce el agua de osmosis a presión y luego envía las botellas a la llenadora”

2.3.6 **Tapadora**

Para el Ing. Roque Rangel Gerente de envasado “Las tapadoras de botellas son equipos diseñados específicamente para llevar a cabo la tarea de cerrar las botellas con distintos tipos de tapas como pueden ser roscadas, a presión, engargoladas, de vidrio, plásticas, de PVC, etcétera.”

3 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se describe de manera detallada la información acerca de cómo se realizó la investigación junto con la metodología empleada para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

3.1 Tipo de Investigación

Se desarrollará un tipo de investigación proyectiva, la cual según (Hurtado, 2000), consiste en la elaboración de propuestas o de un modelo, para solventar un problema o necesidad de tipo práctico a partir de un estudio de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras.

3.2 Diseño de Investigación

Debido a la naturaleza de este trabajo de grado el diseño que se utilizará en esta investigación es de campo, el cual para (Arias, 2012) consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables. Para luego desarrollar propuestas como solución al problema teniendo como objetivo la explicación de las mismas.

3.3 Población, Unidad de Análisis y Muestra

Tabla 2: Universo, Población y Muestra de la Investigación.

Universo	Población	Muestra
Todas las instalaciones que contribuyen en la obtención de agua “MINALBA”	Línea de Producción 3	Tipo de muestra: no Aleatoria Tiempos de cada una de las operaciones de la línea Se considera muestra los valores que generaron el estudio de la línea de producción 3

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Enfoque de la Investigación

La presente investigación tiene un enfoque mixto ya que se estudiarán los procesos por medio de un análisis cualitativo, así como se recogerán datos de los puestos de trabajo como sus tiempos para obtener datos cuantitativos, debido a que, como dice Grinnell (1997) los dos enfoques (cuantitativo y cualitativo) utilizan cinco fases similares y relacionadas entre sí:

- Llevan a cabo la observación y evaluación de fenómenos.
- Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluaciones realizadas.
- Prueban y demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento.
- Revisan tales suposiciones o ideas sobre la base de las pruebas o del análisis.
- Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar, cimentar y/o fundamentar las suposiciones o ideas, incluso para generar otras.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1 Observación Directa

El presente trabajo se empleó la observación directa la cual es una técnica permite que el investigador se mantenga al margen del fenómeno estudiado, como un espectador pasivo, que se limita a registrar la información que aparece ante él, sin interacción, ni implicación alguna al no formar parte de la organización. Para facilitar esta observación el investigador se apoyará de herramientas tales como: fotografías, vídeos, grabadoras, cronómetros, entre otras

3.5.2 Entrevista no Estructurada

En el presente trabajo de grado se empleó la técnica de entrevista no estructurada la cual es un método de encuesta en la que investigador hace las

preguntas oralmente en lugar de escribirlas. Cuesta más y requiere mayor tiempo que el cuestionario, pero posee mayor flexibilidad. En el caso de la entrevista no estructurada se trabaja con preguntas abiertas, sin un orden preestablecido y no se tiene un orden de preguntas establecidas para entablar dichas preguntas

3.5.3 **Análisis de Datos**

Con respecto a los datos cualitativos, los cuales tienen como objetivo ayudar a la comprensión de la situación actual de la empresa, así como el diagnóstico de la problemática, se usarán: diagrama de procesos de la operación, diagramas de recorridos, diagrama de relación de actividades y diagrama adimensional de bloque.

Los datos cuantitativos se analizarán mediante el uso de diagramas de flujo de procesos, gráficos de barra, diagrama de Pareto y tablas con el fin de conocer cuáles son los puestos con problemas principales en las diferentes propuestas de distribución de la línea de envasado de botellas de 5 lts, además realizará un análisis estadístico descriptivo de los datos a través de las medias, desviaciones y los coeficientes de variación, así como la agrupación de los datos por medio de histogramas de frecuencias, para proponer parámetros que sean representativos de los datos a estudiar.

3.6 Estructura desagregada del trabajo de grado

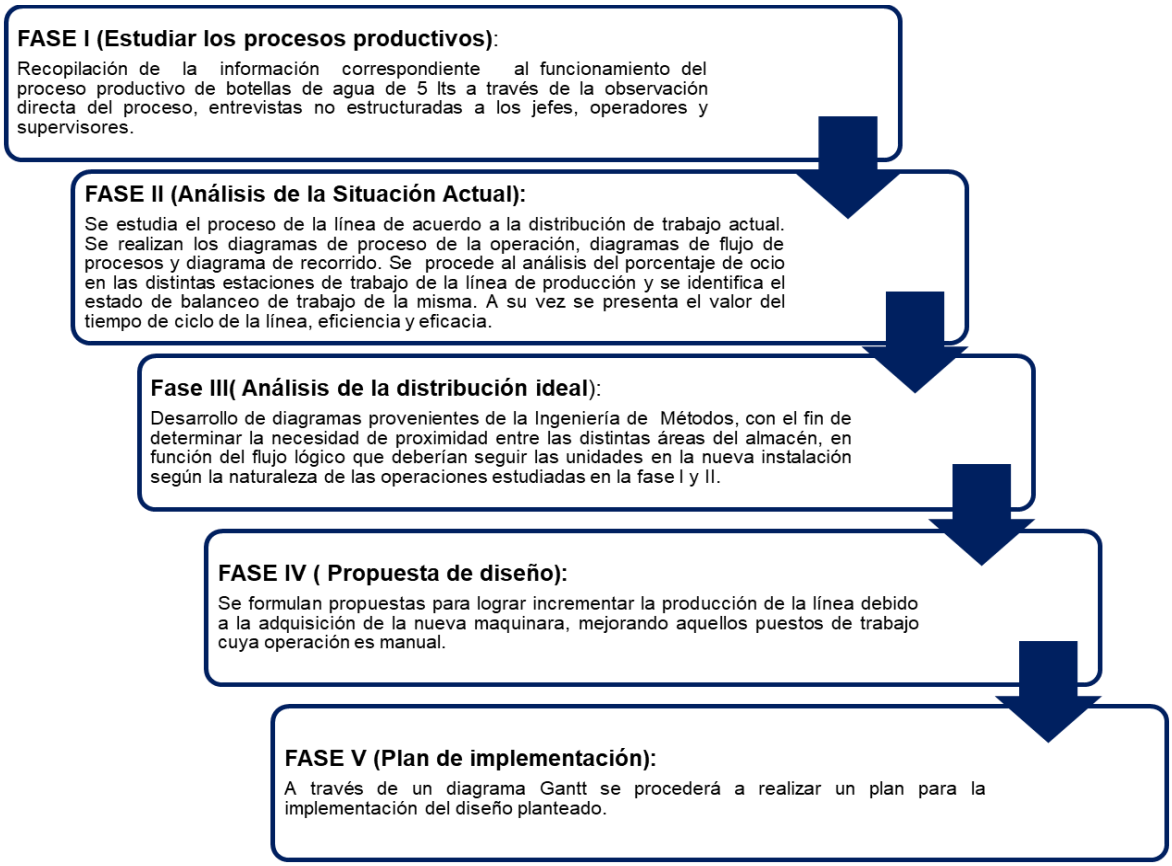


Figura 1: Fases Contempladas en el trabajo de Grado

Fuente: Elaboración Propia

4 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En el presente capítulo se describen el producto, el proceso productivo que se lleva a cabo en la empresa, los recursos involucrados y las instalaciones.

4.1 Producto

El producto que se produce en la línea 3 es agua mineral “MINALBA” en presentación de 5 Lts, empacado en cajas de dos botellas.

Figura 2: Botellas Pet en Presentación 5 Lts

Fuente: Departamento de aseguramiento de calidad

4.2 Tramado

Las cajas de botellas de 5 lts son colocadas en una paleta de acuerdo con la configuración mostrada en Tabla 3.

Tabla 3: Configuración de paleta de botellas de 5 Lts

Presentación	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Peso (Kg)	Volumen (m^3)
Envase	0,16	0,16	0,34348	5,1	0,009
Caja	0,32	0,16	0,34348	10,2	0,018
Paleta	1,12	0,96	1,192	703	1,282

Fuente: Elaboración Propia

La paleta tiene 3 pisos (camadas) de los cuales cada uno de ellos contiene 21 cajas es decir 42 botellas, por lo que en una paleta de paquetes de botellas de 5 lts contiene 126 envases como se muestra en la Figura 3

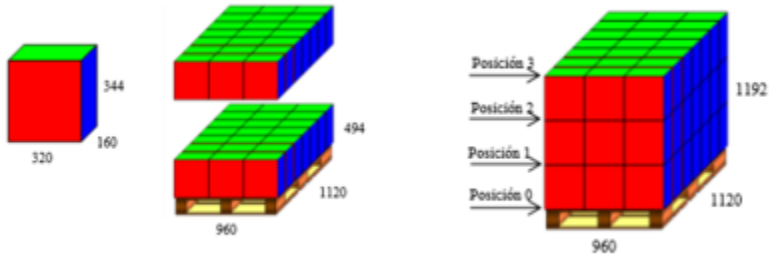


Figura 3: Paleta de Botellas de 5 Lts

Fuente: Departamento de Producción

4.3 Insumos y Recursos

El principal insumo en la línea de producción para el llenado de las botellas es el agua proveniente de los manantiales, los cuales se ubican en las montañas pertenecientes a la empresa.

Otros insumos que se utilizan al momento de envasado son productos que provienen de diferentes proveedores, como son: botellas plásticas, tapas, cartón, paletas, químicos, plástico termo-encogible y polistrech.

La planta no cuenta con una sopladora de botellas por lo que las botellas son producidas por medio de un tercero, las cuales ya vienen con etiqueta y asa.

En cuanto a la mano de obra, se necesita cinco operarios por turno de producción para el manejo de los equipos, los cuales cumplen una función específica en la línea de producción como se muestra en la Figura 4

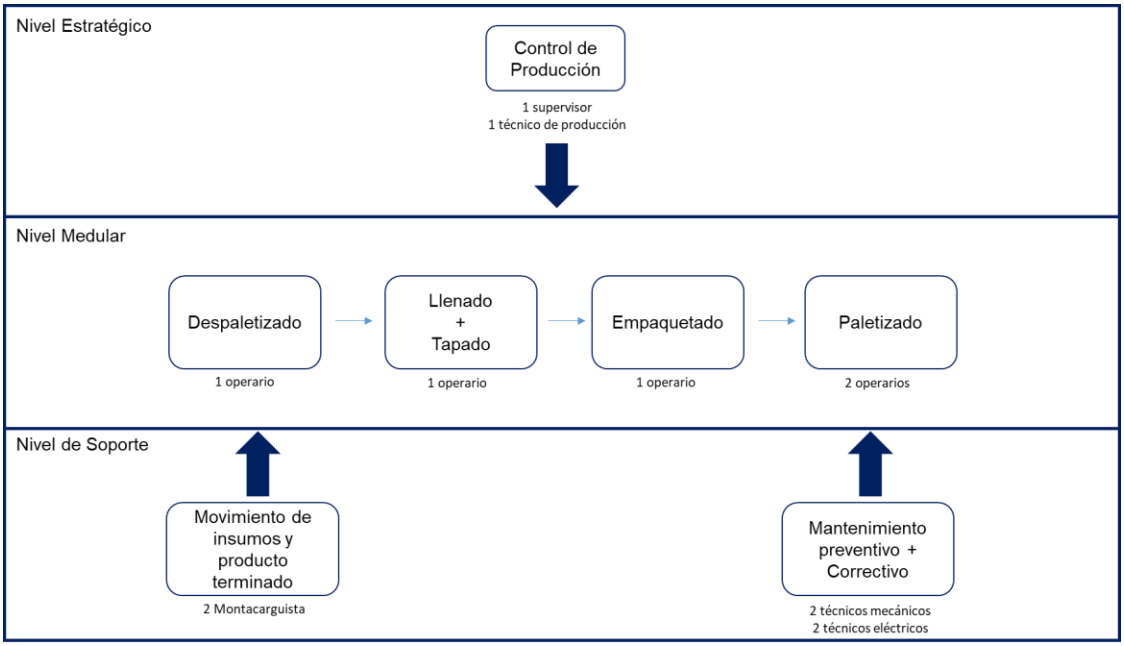


Figura 4: Mapa de proceso de la línea, en donde se añade la información del recurso humano asignado por turno

Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que el horario de producción se divide en 3 turnos de 8 horas cada uno, de lunes a viernes; el primer turno comprende entre las 6:00 am hasta las 2:30 pm, el segundo de 2:30 pm hasta las 10:30 pm y el tercero de 10:30 pm hasta las 6:00 am. Obteniendo un total de 21 operarios (contando los montacarguistas), 3 supervisores de línea y 3 técnicos de producción.

En el caso de los técnicos de mantenimiento trabajan todos los días de la semana (incluyendo sábados y domingos), estos se dividen en cuatro grupos. Tienen 2 turnos de 12 horas, un primer turno de 6:00 am a 6:00 pm y el segundo de 6:00 pm a 6:00 am, la rotación de los turnos de trabajo consiste en dos días seguidos en el mismo turno y descansan dos días.

4.4 Proveedores de Insumos

Para realizar el estudio adecuado se describe los proveedores de los insumos, así como la unidad con la que despachan, los insumos que se tomaron en cuenta

fueron aquellos que aportan directamente en el llenado de botellas de 5 lts como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4: Proveedores de Insumos y Materia Prima

Materia Prima	Unidad	Unidades por paleta	Proveedor
Botella	Paleta	390 Botellas	Amcor C.A.
Tapas	Cajas	24 cajas	Total plastic C.A.
TermoEncogible	Rollos	15 Rollos	Empaques Lin C.A.
PoliStrech	Rollos	48 Rollos	Teleplastic C.A.

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1 **Equivalencia de las Presentaciones de Insumos**

Se describe cuantas unidades por presentación despacha el proveedor en la Tabla 5

Tabla 5: Cantidad de Producto por Empaque

Equivalencias	
Tapas	1 caja = 1700 tapas
TermoEncogible	1 Rollo = 26 kilogramos
PoliStrech	1 Rollo = 16,5 kilogramos

Fuente: Elaboración Propia

4.5 Lista de materiales

Se realiza una caracterización de la receta que se utiliza para el envasado de botellas en la Tabla 6 se muestra la lista de materiales requeridos para armar un paquete de botellas de 5 lts.

Tabla 6: Lista de Materiales de un paquete de dos botellas de 5 Lts

Lista de materiales de un paquete de de 5lt		
Botella Mba 5lts Plástica	2	Pza
Tapa plástica agua 5lts	2	Pza
Asa plástica agua 5lts	2	Pza
Agua Embotellada	20	Lts
Plástico Termoencogible 500x0,08 mm	36.867	Gr
Plástico Polistresh 23 Micras	4	Gr

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 7 se muestra la lista para formar una paleta de botellas de 5 lts.

Tabla 7: Lista de Materiales para formar una paleta de botellas de 5 Lts

Lista de materiales de una paleta de 5lt		
Botella Mba 5lts Plástica	126	Pza
Tapa plástica agua 5lts	126	Pza
Asa plástica agua 5lts	126	Pza
Agua Embotellada	630	Lts
Plástico Termoencogible 500x0,08 mm	2322.64	Gr
Plástico Polistresh 23 Micras	240	Gr
Chapaforte 850x1010 mm	4	Pza

Fuente: Elaboración Propia

4.6 Captación del agua de proceso

El proceso de envasado de agua mineral “MINALBA” inicia con la extracción de agua de manantial, proveniente de dos sectores de la localidad de San Pedro de los Altos, llamados la “Culebra”, el cual posee 24 tomas de agua, y el “Rincón”, que cuenta con 4 tomas de agua, esta es trasladada a un tanque recolector cuya capacidad es de 20.000 Lts. mediante un sistema de tuberías.

En dicho tanque es donde comienza el tratamiento para que cumpla con las características estipuladas por el departamento de Calidad, pasando por una serie de filtros físicos hasta llegar a las lámparas UV, en donde se elimina cualquier tipo microorganismos que se puedan encontrar en el agua sin uso de químicos adicionado, una vez que el agua pase todo este procedimiento es trasladada por medio de tuberías a tanques de almacenamiento de acero inoxidable de capacidad de 60.000 Lts.

Una vez el agua este en los tanques de almacenamiento, el departamento de calidad extrae una muestra del agua y le realiza pruebas fisicoquímicas y microbiológicas, comprobando que esta se encuentre dentro de los estándares exigidos, garantizando la inocuidad del producto.

El agua se mantiene en los tanques hasta que sea solicitada por la llenadora de botellas.

4.7 Agua de servicios

El agua utilizada para servicios en planta es extraída de un pozo mediante una bomba a un tanque de concreto de 250.000 Lts, donde es tratada con Hipoclorito de sodio en una concentración de 12,5%, para eliminar bacterias y otros microorganismos. Luego se realiza un proceso de osmosis inversa, que consiste en eliminar iones, moléculas y partículas más grandes del agua. Una vez finalizado este proceso, es contenida en un tanque de osmosis donde permanece para ser utilizada en actividades de saneamiento de equipos.

4.8 Recepción de Materia Prima

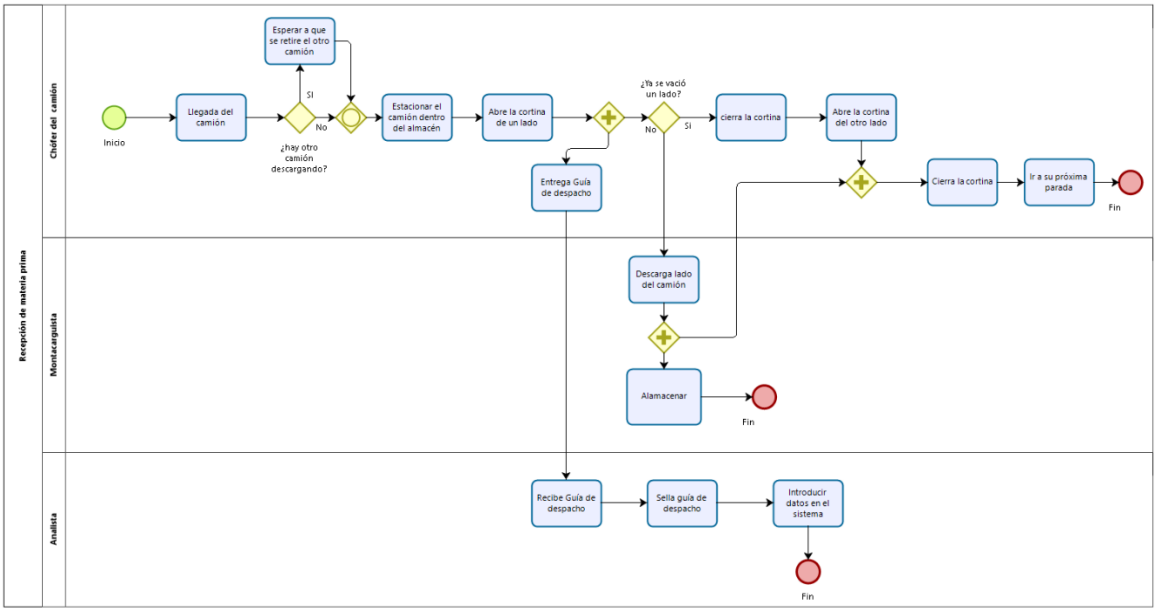


Figura 5: Diagrama de flujo de la recepción de materia prima

Fuente: Elaboración Propia

4.9 Proceso Productivo

Para poder elaborar una propuesta de diseño que sea realmente efectiva, es necesario en primer lugar determinar el flujo que siguen las unidades a través de la instalación. Antes de que las botellas sean llenadas estas pasan por una prueba del departamento de calidad, la cual consiste en extraer una muestra significativa del lote de botellas provenientes del proveedor, para asegurarse de que estas cumplan con los estándares mínimos para poder envasar el agua mineral, si esta prueba falla se le notifica al proveedor y se realizara una devolución del lote.

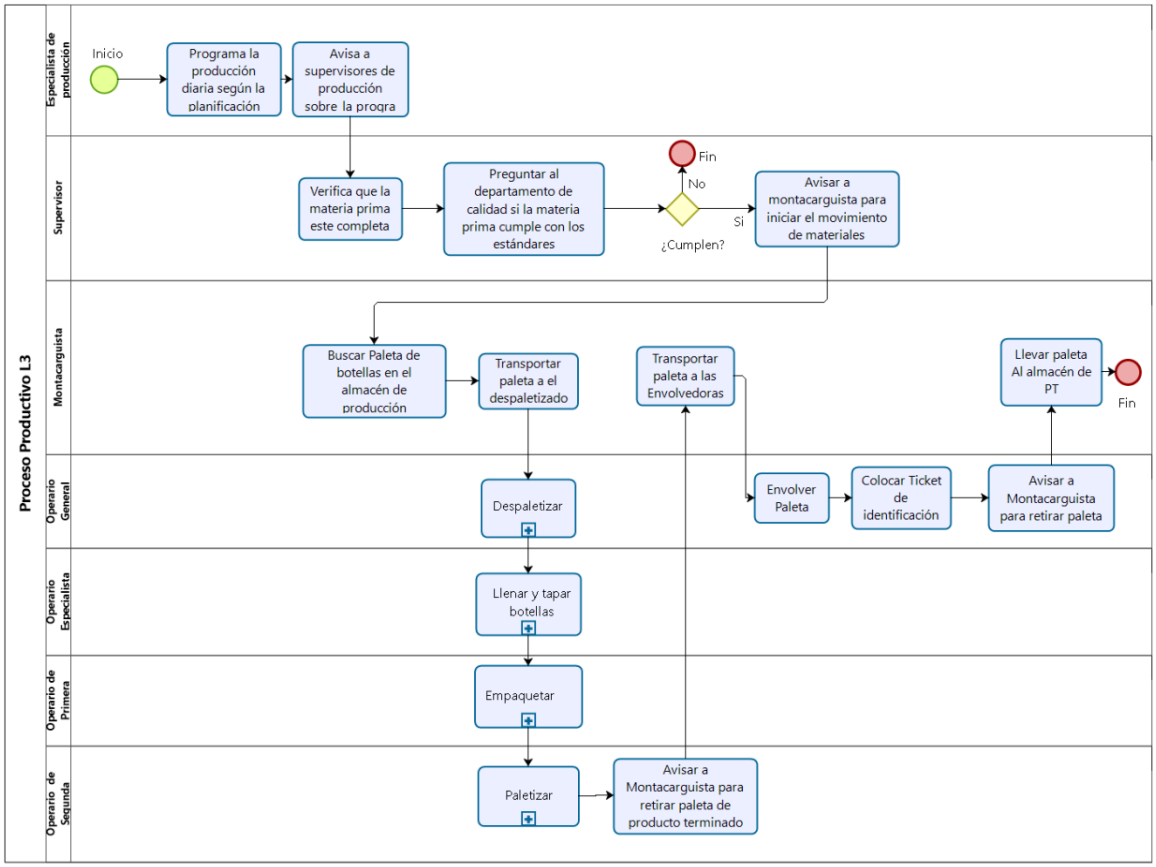


Figura 6: Diagrama de flujo proceso de envasado de línea 3

Fuente: Elaboración Propia

4.9.1 **Despaletizado**

El proceso de llenado de botellas empieza con el despaletizado, cuando las paletas que contienen las botellas vacías son colocadas por un montacargas en los rieles que van dirigidos a el plato giratorio una vez aquí el operador con ayuda de un cuchillo corta los flejes de plástico, a la vez que va cortando el plástico polistrech a nivel de cada camada, luego por medio del panel de control se van activando las bandas transportadoras hasta que la paleta llegue a el elevador de paleta, cuya función ajustar la altura de la paleta con el fin de que el operario le sea más cómodo el manejo de material de la paleta a la mesa de acumulación.

El operador tiene la función estar atento de que la mesa de acumulación siempre posea botellas, ya que si esta no tiene la llenadora se para y esto ocasiona un retraso, se tiene que tomar en cuenta que en la mesa de acumulación caben dos camadas de botellas vacías (aproximadamente 130 botellas), dependiendo del operador y su experiencia el criterio de cada cuánto se alimenta la mesa de acumulación cambia.

Cada vez que el operador coloque una camada en la mesa debe colocar el cartón separador de camadas en un arrumador, el cual tiene como función acumular la mayor cantidad posible de marcos y cartones separadores para luego, por medio del panel, activar unas bandas transportadora que llevan esto a una zona donde un montacargas puede retirar estos marcos para devolvérselos al proveedor.

De la misma manera ocurre con las paletas vacías, al despaletizar una paleta completa el operador oprime la opción en el panel de trasladar la paleta al Arrumador, cuando esté lleno de paletas, el operador debe llamar a un Montacarguista para que retire las paletas vacías y colocarlas en el almacén de paletas vacías.

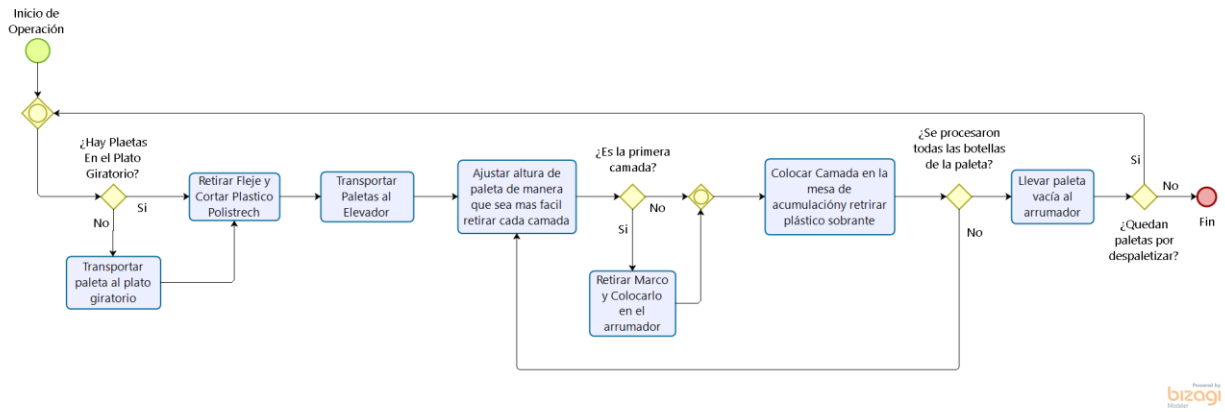


Figura 7: Diagrama de Flujo del Proceso del despaletizado

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 8 se puede apreciar todos los recursos e insumos que utiliza el despaletizador en su operación

Tabla 8: Recursos del despaletizador

Mano de Obra	Insumos	Salida	Elementos
- 1 operario	- Paletas de botellas vacías	- Botellas vacías - Paletas vacías - Marcos - Cartones separadores	- Correa transportadora - Plato giratorio - Elevador de maletas - 2 Arrumadores (paletas y marcos) - Mesa de acumulación - 2 Paneles de control (Arrumadores y elevador)

Fuente: Elaboración propia

4.9.2 **Llenado y Tapado de Botellas**

Luego de que las botellas sean colocadas en la mesa de acumulación estas son transportadas a la llenadora. Esta máquina posee 10 válvulas de llenado y requiere de un operador para supervisar su correcto funcionamiento y correcto nivel de llenado (véase la figura 8). Al entrar las botellas en la llenadora son tomadas por el carrusel, mientras que esta gira para luego ser entregada a la tapadora por medio

de una guía que posee 5 conos roscadores. Posee una velocidad nominal de 22 botellas por minuto; y por último pasa al codificador el cual imprime un código a las botellas para poder identificar el lote.

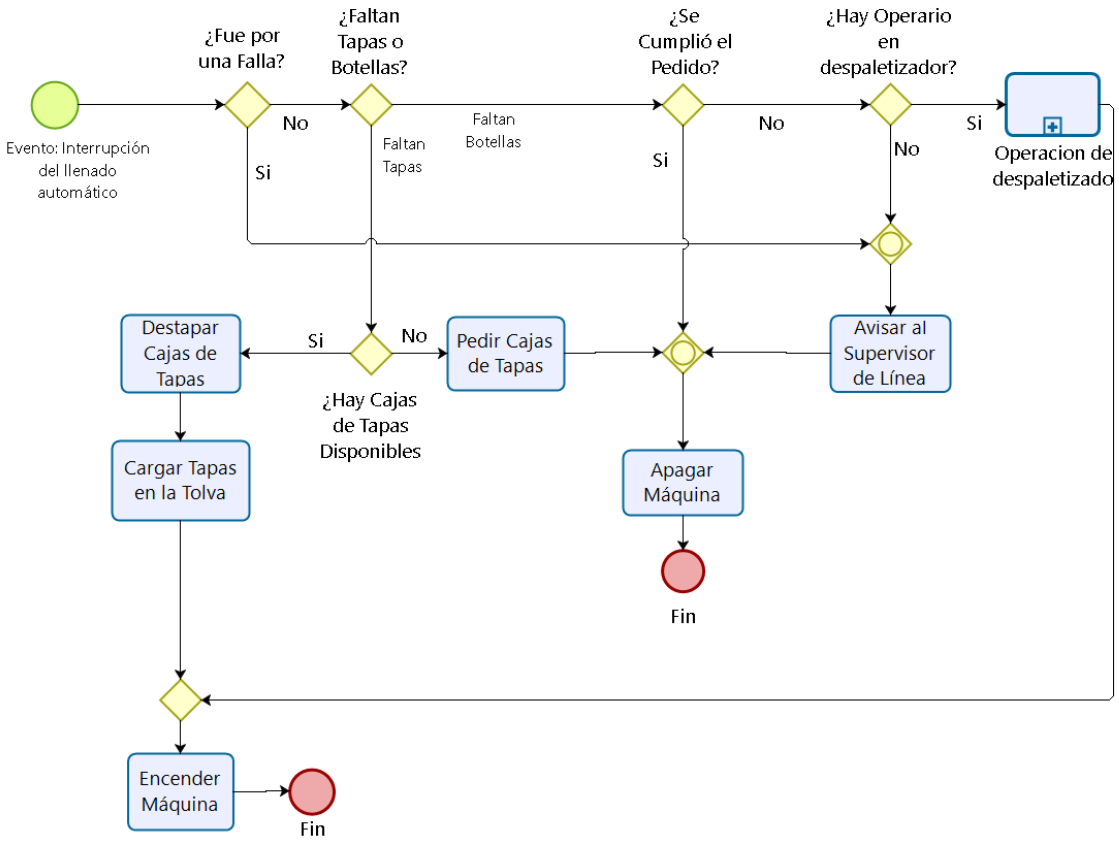


Figura 8: Operación de control de paradas del llenador

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 9 se puede apreciar todos los recursos e insumos que utiliza la llenadora en su operación

Tabla 9: Recursos e Insumos que utiliza la llenadora en su operación

Mano de Obra	Insumos	Salida	Elementos
- 1 operario	- Agua de manantial - Botellas vacías - Tapas	- Botellas llenas tapadas	- Llenadora - Tapadora - Tolva de tapas - 2 Paneles de control (llenadora y tapadora)

			- Correa transportadora

Fuente: Elaboración Propia

4.9.3 **Empaquetado**

Luego de ser llenadas tapadas y codificadas, estas son llevadas a la empaquetadora la cual ordena la caja de 2 botellas, y por medio de un cilindro empujador, las envuelve con plástico termo encogible. Posteriormente se hacen pasar las cajas por un horno cuya temperatura de trabajo oscila entre 80 - 115 ºC para que el material plástico se contraiga compactando la caja, al salir un ventilador se encarga de bajar la temperatura del paquete y por medio de bandas

transportadoras son llevadas a la zona de paletizaje que se encuentra en un nivel inferior del edificio.

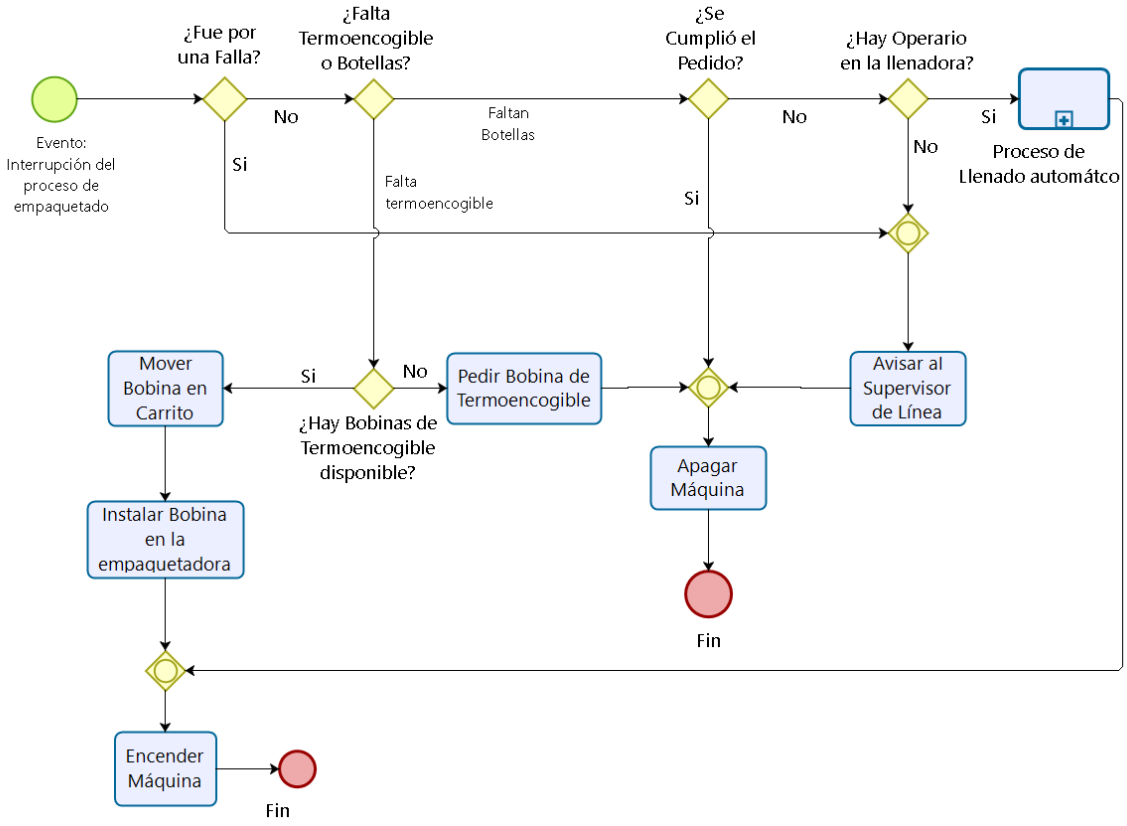


Figura 9: Operaciones de control de paradas del Empaquetador

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 10 se pueden apreciar todos los recursos e insumos que utiliza el empaquetador en su operación

Tabla 10: Recursos de la empaquetadora

Mano de Obra	Insumos	Salida	Elementos
- 1 operario	- Plástico termo encogible	- Botellas empaquetadas	- Envolvedora - Horno - Ventilador - 1 Panel de control

	- Botellas tapadas y codificadas		- Cinta transportadora

Fuente: Elaboración Propia

4.9.4 **Paletizado**

Después de que las botellas son debidamente empaquetadas, los paquetes ya formados van dirigidos zona paletizado manual, en donde un operador ordena los paquetes en una forma específica establecida por la empresa para la estabilidad de la paleta. Una vez ya colocada una camada, los operadores colocan encima de esta un cartón llamado Chapaforte para poder colocar encima una nueva camada, al finalizar este proceso se le coloca un fleje a la paleta con el fin de aumentar la estabilidad de las botellas, en el caso de la Línea 3, las botellas de 5 Lts son solo 3 camadas.

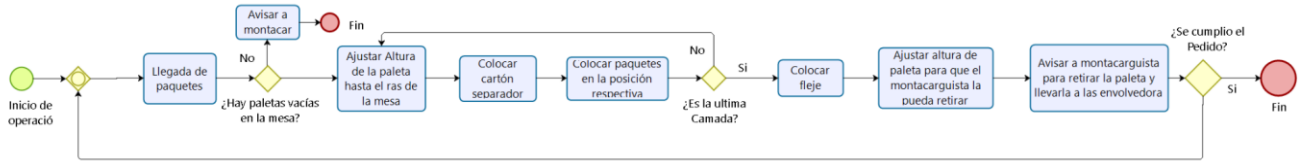


Figura 10:Diagrama de flujo del proceso de paletizado

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 11 se puede apreciar todos los recursos e insumos que utiliza el paletizado en su operación

Tabla 11: Recursos e insumos del puesto de trabajo del paletizado

Mano de Obra	Insumos	Salida	Elementos
- 2 operarios	- Botellas empaquetadas - Paletas vacías	- Paletas de botellas	- 2 fosas - 2 mesas de paletizado - 2 paneles de control

	- Cartones separadores - Flejes		- Cinta transportadora

Fuente: Elaboración propia

4.9.5 **Envolvedoras SIAT**

Luego de ser paletizadas, un Montacarguista se lleva la paleta a las envolvedoras donde, este equipo envuelve las paletas ya formadas en los distintas de las líneas que se encuentran en la planta, para que ninguna caja o camada sufra algún daño cuando están siendo trasladas de un lugar a otro.

Existen tres envolvedoras en la planta que abarcan toda la producción de las 4 líneas que allí se encuentra.

En la Tabla 12 se puede apreciar todos los recursos e insumos que utiliza las envolvedoras en su operación

Tabla 12: Recursos e insumos del puesto de trabajo de las Envolvedoras SIAT

Mano de Obra	Insumos	Salida	Elementos
- 3 operarios	- Paletas de botellas - Plástico Polistrech	- Paletas envueltas	- 3 envolvedoras

Fuente: Elaboración Propia

4.10 Despacho

Luego de que las paletas de botellas son almacenadas en el almacén de PT están esperan a ser despachadas, lo cual sigue el siguiente proceso:

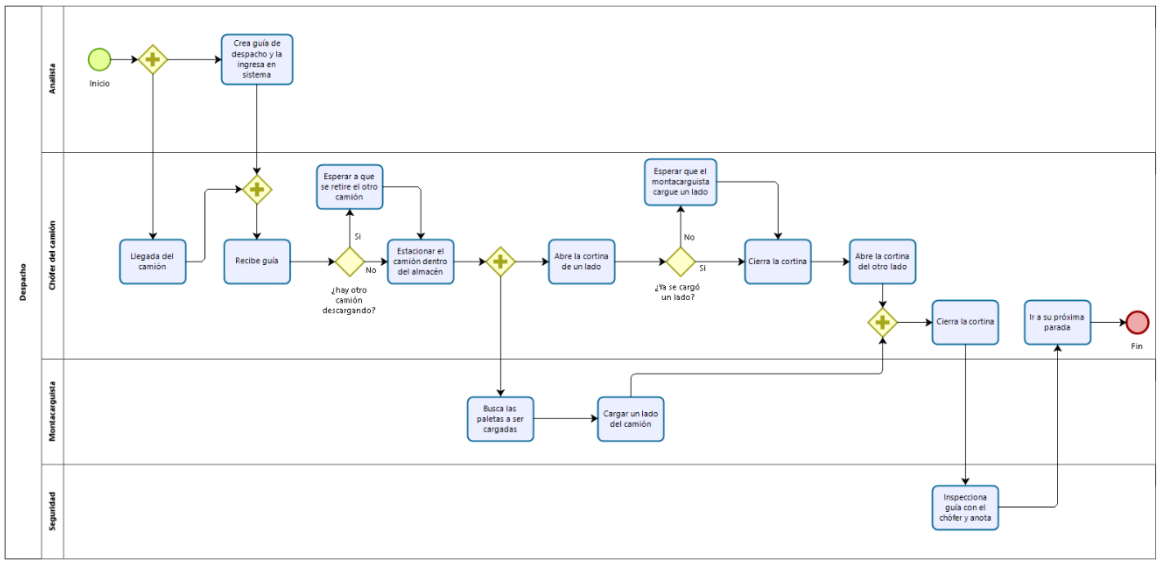


Figura 11: Diagrama de flujo del despacho de producto terminado

Fuente: Elaboración Propia

4.11 Distribución Actual L3

Como parte del análisis de la situación actual se procedió a realizar un diagrama dimensional de la distribución actual de la línea 3 para determinar los espacios disponibles para la propuesta, así como las restricciones de espacios entre columnas, la empresa no poseía un plano actualizado y se realizaron medidas de la estructura y de cada equipo para que el plano representara la realidad.

La Línea 3 cuenta con una particularidad y es que esta se encuentra dividida en dos niveles mostrado en la Figura 12, el nivel superior donde se encuentra la mayoría de los procesos, como el despaletizado, el llenado, el codificado y el empaquetado observado en Figura 13. Y en el nivel inferior se encuentra el paletizado. Los paquetes de botellas llegan al paletizado mediante una banda transportadora que conecta el nivel superior con el nivel inferior.

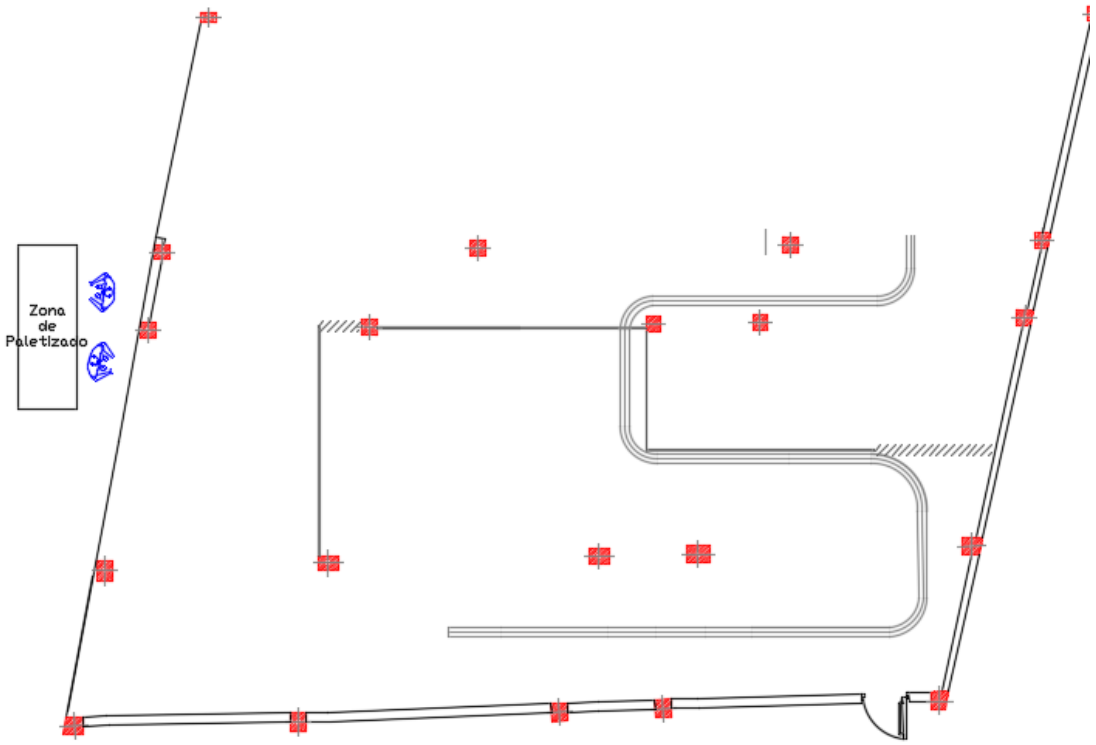


Figura 12: Esquema de la distribución actual Nivel 1

Fuente: Elaboración Propia

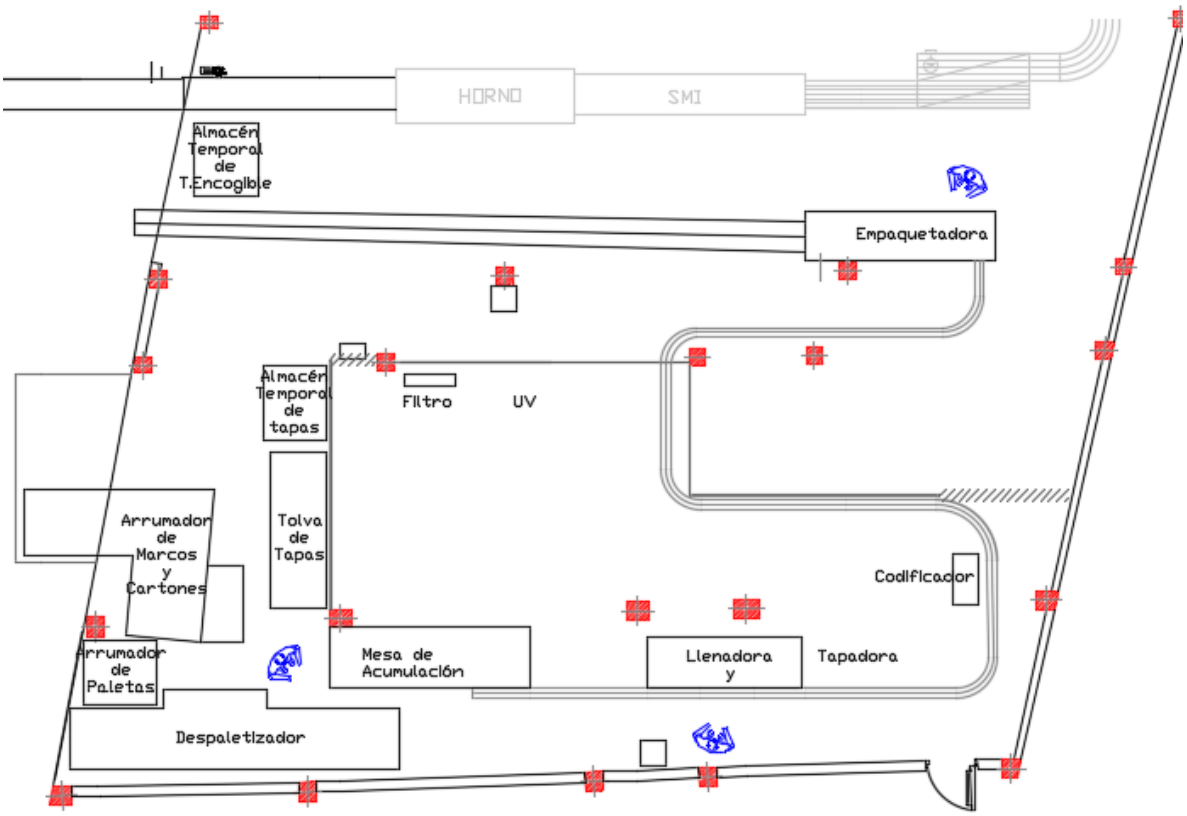


Figura 13: Esquema de la distribución Actual Nivel 2

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 13 se describe las distancias de los tramos de transportadores que cuenta la línea.

Tabla 13: Descripción de los tramos vías transportadoras

Tramo	Descripción	Carga	Tipo	Dist. (mts)	Tipo de Tramo
1	Despaletizador - Mesa de Acumulación	Paletas de Botellas Vacías	Cadena	6.5	Recto
2	Mesa De acumulación - llenadora	Botellas Vacías	Cadena	8	Recto
3	llenadora - tapadora	Botellas llenas sin Tapar	Cadena	1	Recto
4	Tapadora - Codificador	Botellas Llenas tapadas	Cadena	4.8	Uno recto y una curva de 90°
5	Codificador - Empaquetadora	Botellas Codificadas	Cadena	12	Cuatro rectos y cuatro curvas de 90°
6	Empaquetadora - Bajante	Cajas de Botellas	Banda	13	Recto
7	Bajante - Paletizado	Cajas de Botellas	Rodillos	10.5	Dos rectos tres curvas de 90°
			Total	55.8	

Fuente: elaboración Propia

4.11.1 **Diagrama de flujo de proceso**

En el siguiente Figura se desarrolló la técnica del Diagrama de Flujo de Proceso se muestra el proceso productivo de la línea 3, en el cual por medio de símbolos se detalla el proceso con la finalidad de registrar, retrasos, almacenamientos temporales y la duración de cada una de las operaciones realizadas.

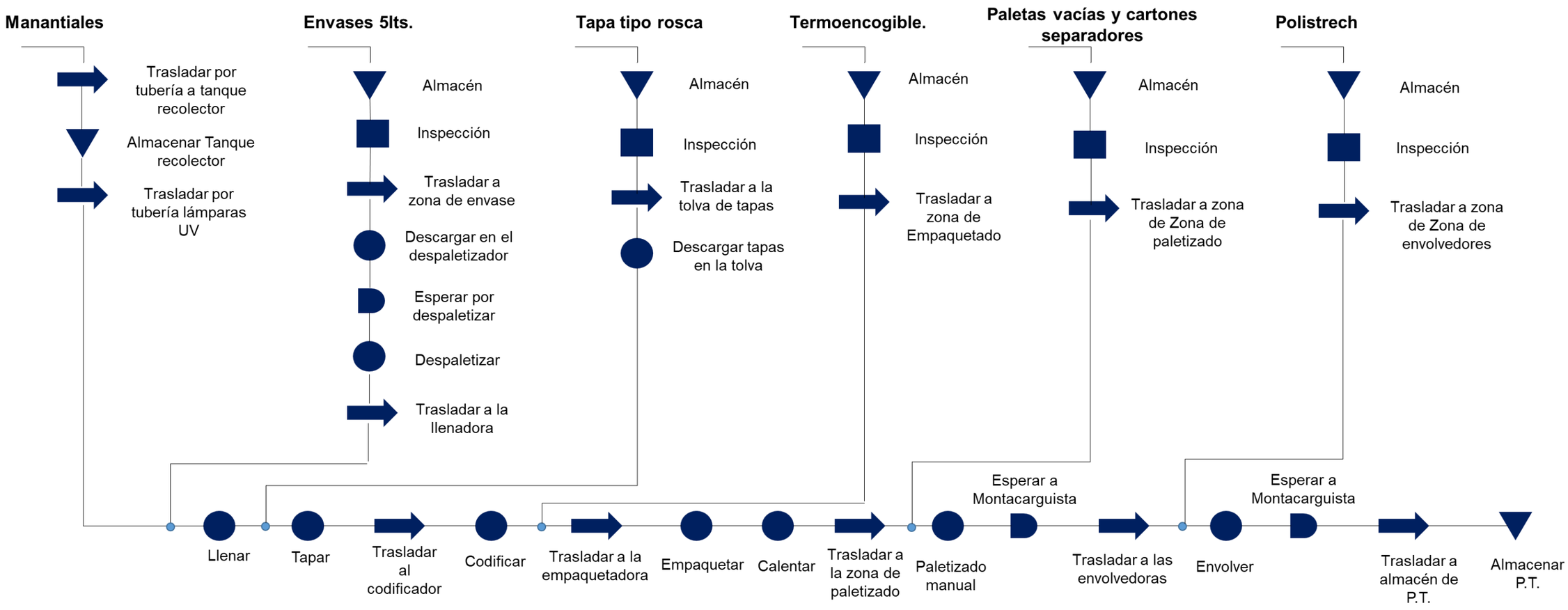
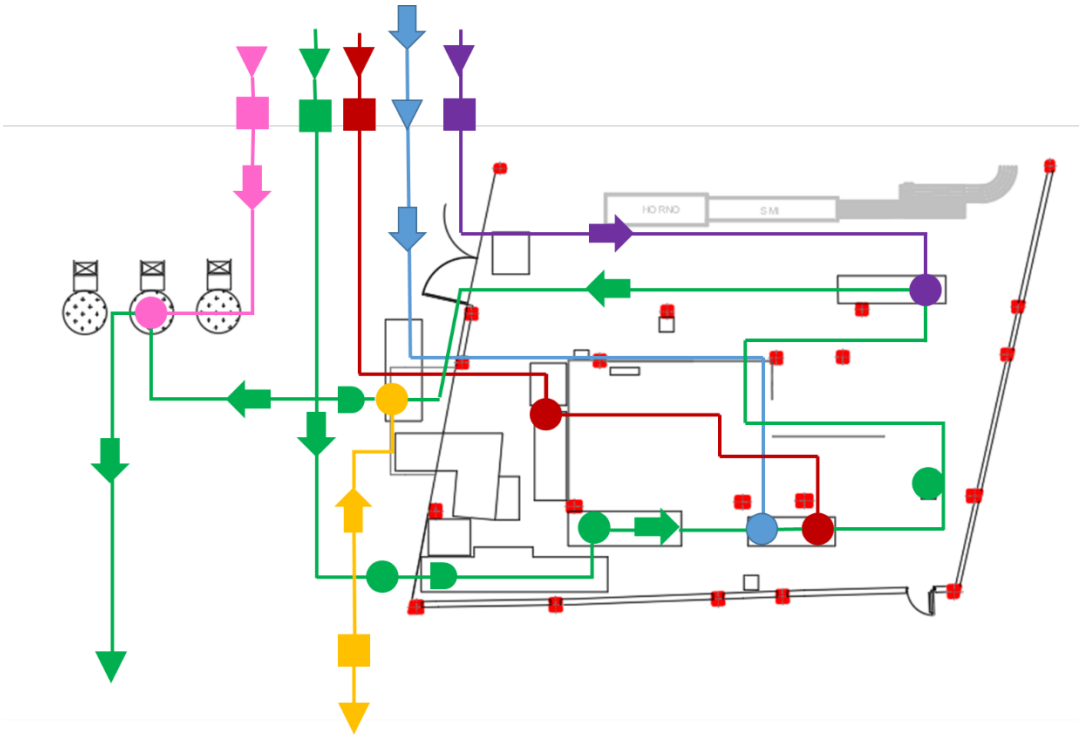


Figura 14: Diagrama de flujo de proceso de la situación Actual

Fuente: Elaboración Propia

4.11.2 **Diagrama de recorridos**

Con la finalidad de visualizar los flujos de materiales para envasar botellas de agua de 5 lts como producto terminado, se elabora el diagrama de recorrido del proceso.



Leyenda	
Recorrido de Agua	
Recorrido de Botellas	
Recorrido de Tapas	
Recorrido de Termoencogible	
Recorrido de Paletas y Cartones separadores	
Recorrido de Polistrech	

Figura 15: Diagrama de recorrido de la situación actual

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con el diagrama se puede analizar que la distribución actual tiene una cantidad de 8 cruces (los cruces que existen por el recorrido de agua de manantial no se toman en cuenta porque esta se transporta por tubería, por lo que

no interfiere con el flujo de operación), de estos cruces los más críticos son los de las paletas de botellas vacías con el recorrido de los demás insumos, como el recorrido de las paletas vacías, de tapas y de *"polistrech"*, ya que como se transportan en montacargas puede existir un riesgo de contaminación.

4.12 Cálculo y Análisis del Tiempo de Ciclo de la línea 3

El proceso productivo es continúo, por lo que, el tiempo de ciclo de la línea lo define el puesto o estación de trabajo que represente mayor demora o cuello de botella. Por ello, para iniciar el análisis y definir la situación actual de esta área, se lleva a cabo el cálculo del tiempo de ciclo de la Línea y de cada puesto correspondiente a ella, los cuales son obtenidos a través de muestras mediante la utilización de las técnicas de observación directa en el proceso.

Una vez tomada la muestra de cincuenta observaciones para cada actividad se procede a calcular la media, la desviación estándar y por consiguiente el coeficiente de variación de Pearson de cada una, de manera de encontrar el grado de dispersión existente de los datos con respecto a la media.

Cabe destacar que el tiempo normal por estación de trabajo es la sumatoria de las medias o promedios de cada actividad por la que están constituidos, siempre y cuando su nivel de dispersión no sea mayor al 20%. Como ejemplo, el tiempo normal del despaletizador se observa en la siguiente tabla:

Tabla 14: Tiempos Normales de la operación de despaletizaje

Observación	Cortar PoliStrech	Vaciar 1era Camada	Vaciar 2da Camada	Vaciar 3ra Camada	Vaciar 4ta Camada	Vaciar 5ta Camada	Vaciar 6ta Camada	Σ
Promedio	277.52	21.58	9.88	9.78	8.50	8.65	8.21	344.10
Des.est.	14.61	0.99	0.27	0.46	1.02	1.34	1.20	15.42
Coef.var	5%	5%	3%	5%	12%	16%	15%	4%

Fuente: Elaboración propia

Las lecturas del cronómetro en un estudio de tiempos se toman en un periodo relativamente corto. Por lo tanto, el tiempo normal no incluye las demoras que quizás no fueron observadas ni algunos otros tiempos perdidos legítimos. En consecuencia, se deben hacer unos ajustes para compensar esas pérdidas. Es por ello que se procede a tomar en cuenta los suplementos, cuyo objetivo fundamental es agregar tiempo suficiente al tiempo normal de producción para que el trabajador promedio cumpla con el estándar cuando tiene un desempeño estándar. Dichos suplementos abarcan las necesidades personales, la fatiga, la postura, la energía muscular, el estrés visual y el estrés mental requerido por los operarios, el nivel de iluminación, el nivel de ruido y las condiciones atmosféricas en el lugar de trabajo, la monotonía y la repetitividad de las actividades que se efectúan.

En el caso del paletizado el coeficiente de variación de Pearson dio por encima de 20% en cada una de sus actividades como se muestra a continuación:

Tabla 15: Resultados del estudio de tiempo de la operación de paletizaje

Observación	1era Camada	2da Camada	3ra Camada	Fleje
Promedio	205,08	186,83	205,25	10,93
Des.est.	47,30	43,25	52,20	1,94
Coef.var	23%	23%	25%	18%
Moda	130,69	134,26	146,35	9,68

Fuente: Elaboración Propia

Para este caso se decidió estudiar los datos agrupándolos por grupos para que el coeficiente de variación baje, como por ejemplo lo podemos ver para el caso de la primera camada obteniendo como resultado:

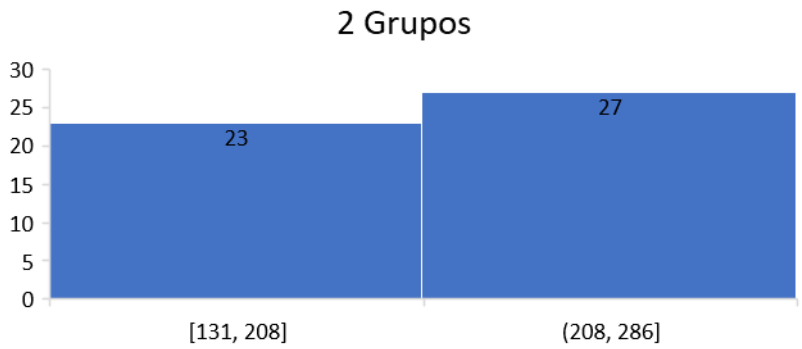


Figura 16: Histograma de frecuencia de los tiempos en armar la primera camada de una paleta

Fuente: Elaboración Propia

Analizando el histograma sacamos la media y la desviación agrupada de la siguiente manera:

$$\bar{x} = \frac{\sum(m_i * f_i)}{n} \; ; \; s = \sqrt{\frac{\sum f_i * (m_i - \bar{x})}{n-1}}$$

Donde;

$\bar{x} = media$; $m_i = marca\ de\ clae$; $f_i = frecuencia\ absoluta$; $s = desviación\ estandar$

Tabla 16: Resultados de la media y desviación estándar de los datos agrupados

Media	211,35
Varianza	1.522,40
Desviacion	39,02
CV	18%

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó el mismo procedimiento para cada una de las operaciones del paletizado que el coeficiente de variación dio mayor a 20% y se obtuvieron resultados observados en la Tabla 17

Tabla 17: Tiempos normales del puesto de paletizaje

	1era Camada	2da Camada	3ra Camada	Fleje	∑
Tiempo Normal	211,35	191,72	210,76	10,93	624,76

Fuente: Elaboración Propia

Para el trabajo requerido en la línea 3, se definen los suplementos de necesidades personales, fatiga, postura, repetitividad, uso de la fuerza o energía muscular para el caso de las operaciones manuales que son: despaletizado y paletizado. Los porcentajes establecidos por ILO (International Labour Office) se pueden observar en la tabla a continuación:

Tabla 18: Suplementos a utilizar en la Línea 3

Suplementos	
Necesidades personales	5%
Fatiga básica	4%
Postura	
Estar de pie	2%
Repetitividad	5%
Uso de la Fuerza o energía muscular	
5 Lb	0%
10 Lb	1%
25 Lb	4%
35 Lb	7%
50 Lb	13%

Fuente: Suplementos recomendados por ILO (International Labour Office). Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y Diseño del Trabajo, Pág. 437, Niebel & Freivalds

Estos suplementos se tomaron en cuenta, debido a que todo operario durante el tiempo efectivo de su jornada laboral tiene necesidades personales, puede presentar fatiga por las tareas manuales que lleva a cabo, cansancio debido a que durante la corrida permanece de pie, repetitividad debido a paletizar los paquetes de agua equivale a realizar dos mil ciento veinte (2.120) veces cada actividad asignada, estrés visual ya que puede ejecutar actividades que sean de minuciosa precisión y finalmente, agotamiento por la aplicación de fuerza o energía muscular en piezas o partes de peso considerable.

Cabe destacar que los suplementos como el nivel de iluminación, el nivel de ruido y las condiciones atmosféricas en el lugar de trabajo no se consideran, ya que la empresa no posee los instrumentos de medición para evaluar cómo perjudica estas condiciones al operario.

Finalmente, para definir el tiempo de ciclo de la Línea es necesario determinar el tiempo estándar de cada estación de trabajo. Para hallar dicho tiempo se debe añadir suplementos a los tiempos normales, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$T_e = T_n + (T_n \times Suplemento) = T_n \times (1 + Suplemento)$$

Donde,

$$T_e = tiempo\ estandar \qquad T_n = Tiempo\ normal$$

El cálculo del tiempo estándar para la primera estación de trabajo de la Línea 3, la cual es el despaletizado:

$$T_e = 344{,}10\ seg * (1 + 0{,}16) = \mathbf{399{,}16\ seg}$$

A continuación, se muestra una tabla con los tiempos estándar de las operaciones manuales:

Tabla 19: Tiempo estándar para las operaciones Manuales

	Despaletizar	Paletizado
Suplemento	16%	20%
Tiempo Normal (seg)	344,10	624,76
Tiempo Estandar (seg)	399,16	749,71

Fuente: Elaboración Propia

Hay que tomar en cuenta que las mediciones se realizaron de la siguiente manera:

- El Despaletizado trabaja con paleta de 390 botellas vacías por lo que el tiempo mostrado es el tiempo en procesar las 390 botellas, es decir, $1{,}02\ {}^{seg}/_{Botella}$

- El paletizado consta de 126 botellas y es el tiempo de armar una paleta, es decir $5{,}95\ ^{seg}/_{Botella}$; además en el paletizado hay dos operarios por lo que el tiempo de ciclo es de $2{,}98\ ^{seg}/_{Botella}$

A continuación, se muestra una tabla resumen constituida por los tiempos normales, los porcentajes de suplemento y los tiempos estándar, por lo tanto, los tiempos estándar por cada estación de trabajo resultantes que nos define el tiempo ciclo de la Línea 3.

Tabla 20: Tiempo de Ciclo de la Línea 3

Puesto de trabajo	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo estandar
Despaletizado	0,88	16%	1,0
Llenado	2,4	-	2,4
Empaquetado	2,7	-	2,7
Paletizado	2,98	20%	3,6
		Tiempo de ciclo	3,6 Seg/Botella

Fuente: Elaboración propia

Mediante los resultados mostrados anteriormente, se observa que la estación que marca el tiempo de ciclo de la línea el puesto de paletizado con un tiempo estándar de 3,6 Seg/botella, dicho puesto corresponde al llamado “cuello de botella”, en otras palabras, representa la etapa de llenado más lenta del proceso de producción.

Visto de otra manera el cuello de botella se demuestra mediante la siguiente corrida.

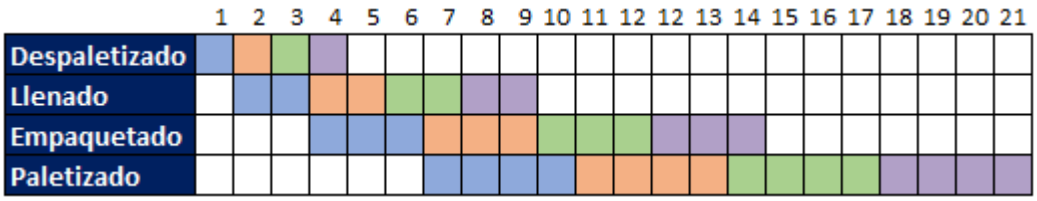


Figura 17 Cuello de Botella de la situación actual

Fuente: Elaboración Propia

Donde, cada cuadro representa 1 segundo y cada color es una botella, lo se determina por el diagrama es, que el paletizado es la operación que más se tarde dentro del proceso productivo por lo que es el "cuello de botella"

4.13 Cálculo y Análisis de la eficiencia y eficacia

Identificar las estaciones de trabajo que presentan desbalance de tiempo o un tiempo de ocio significativo nos servirá como indicador para resolver el problema que presenta la Línea 3, con la finalidad de distribuir las actividades de forma balanceada en tiempo y ajustarla a la cantidad de operarios existente.

Con base a los tiempos estándar hallados se procede a realizar un diagrama Hombre-Máquina que permita observar el % de ocio y productivo de cada puesto de trabajo.

Como ejemplo, diagrama Hombre Máquina para el puesto del despaletizador:

El diagrama Hombre Máquina se realizó con las operaciones que se realizan en el puesto del despaletizador, hay que destacar que la máquina tiene un tiempo de operación constante de 177,27 seg

Diagrama Hombre Maquina							
Proceso: Despaletizado							
Operario				Despaletizador			
Actividad	Tiempo (seg)	Tiempo (min)		Actividad	Tiempo (seg)	Tiempo (Min)	
Cortar Polisterch	288,63	4,81		Inactividad	310,41	5,17	
Vaciar 1ra camada	21,78	0,36					
Inactividad	177,27	2,95		Operación	177,27	2,95	
Vaciar 2da Camada	9,78	0,16		Inactividad	9,78	0,16	
Inactividad	177,27	2,95		Operación	177,27	2,95	
Vaciar 3ra Camada	9,68	0,16		Inactividad	9,68	0,16	
Inactividad	177,27	2,95		Operación	177,27	2,95	
Vaciar 4ta Camada	9,69	0,16		Inactividad	9,69	0,16	
Inactividad	177,27	2,95		Operación	177,27	2,95	
Vaciar 5ta Camada	8,56	0,14		Inactividad	8,56	0,14	
Inactividad	177,27	2,95		Operación	177,27	2,95	
Vaciar 6ta Camada	7,23	0,12		Inactividad	7,23	0,12	

Figura 18: Diagrama hombre-máquina del despaletizado

Fuente: Elaboración Propia

Dando como resultado lo observado en la Tabla 21.

Tabla 21: Resultados del diagrama Hombre Máquina del puesto de trabajo del despaletizado

Despaletizador					
Tipo	**Tiempo de Ciclo (min)**	**Tiempo de Acción (min)**	**Tiempo de Inactividad (min)**	**% de Utilización**	**% Ocio**
Operario	20.70	5.92	14.77	29%	71%
Despaletizador	20.70	14.77	5.92	71%	29%

Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que el tiempo de ciclo del despaletizador es el tiempo que se tarda en procesar una paleta de botellas vacías la cual posee 390 botellas.

En la Figura 19 se observa la proporción del tiempo de ocio tanto de la máquina como del operario.

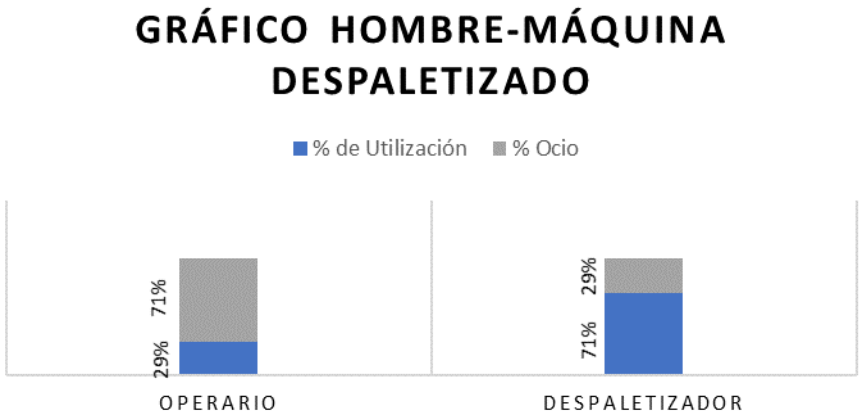


Figura 19: Grafica del diagrama Hombre-Máquina

Fuente: Elaboración Propia

El resultado está dando a entender que el operador del despaletizador el suficiente tiempo ocioso que puede aprovechar en atender otra máquina o equipo.

A continuación, se muestra una tabla resumen constituida por los resultados de los diagramas Hombre Máquina que se puede apreciar en los anexos 8 y 12, lo cual nos demuestra % de ocio de cada una de las operaciones.

Tabla 22: Resumen de los resultados de los diagramas hombre-máquina

	%Ocio	
	Operario	Máquina
Despaletizador	71%	29%
Llenador	95%	5%
Empaquetador	88%	12%

Fuente: Elaboración Propia

Por registro de la empresa se sabe la demanda es de 8.183 botellas diarias, y la tasa de demanda suministrada por la empresa es de 22 botellas/min, es decir, 0,045 Min/Botellas. Dicho esto, se halla el tiempo efectivo, es decir, el tiempo en el cual está activa la banda transportadora en el día para la producción.

Donde,

$$T_{efectivo} = D \times T_t$$

$T_t = takt\ time$; $T_a = tiempo\ neto\ para\ trabajar$; $D = demanda\ en\ un\ periodo$

$$T_{efectivo} = 8.183\ Botellas \times 0{,}045 \frac{Min}{Botella} = \mathbf{371{,}96\ min = 6{,}1\ horas}$$

Tomando en cuenta el tiempo efectivo, el cuello de botella y las estaciones de trabajo que presentan mayor tiempo de ocio en la línea de ensamble, se determina la eficiencia y eficacia para la Distribución de Línea actual que presenta la empresa.

- Eficiencia:

$$\%Eficiencia = 1 - \%Ocio\ Promedio$$

$$\%Eficiencia = 1 - 85\% = \mathbf{15}\%$$

- Eficacia:

$$\%Eficacia = \frac{Takt\ Time}{Tiempo\ de\ Ciclo} \times 100$$

$$\%Eficacia = \frac{0{,}045\ Min}{0{,}060\ Min} \times 100 = \mathbf{75}\%$$

La Distribución de Línea 3 resulta parcialmente eficaz, ya que logra producir en el tiempo efectivo (6,1 horas) el 76,39% de una producción diaria de 8.183, y a su vez posee una eficiencia del 15%, lo cual llama la atención, porque significa que hay un 85% de tiempo ocioso promedio en la línea 3.

4.14 Análisis de Tiempos de Paradas

A continuación, se presentan las gráficas en el sistema de producción en un periodo de 7 meses (Julio 2018 - enero 2019). Esto permitirá un estudio más certero

sobre las causas que afectan la Demora o Parada de la producción. Obteniendo como datos los siguientes:

Como esta investigación solo contempla la Línea 3 no existirán gráficas que muestren datos del resto de la planta.

Por lo que se generó un diagrama de Pareto para priorizar las paradas no planificadas.

Los datos de las paradas fueron obtenidos de los registros internos de la empresa

Tabla 23: Causas de tiempos de paradas en la línea de embotellado de 5 lts

Línea	LINEA ENVASADO #3	
Etiquetas de fila	**Suma de Tiempo min**	**Frecuencia acumulada**
FALLAS OPERACIONES	8.813,00	39,85%
FALLAS MANTENIMIENTO	6.894,00	71,03%
FALLAS INSUMOS	3.196,00	85,48%
FALLAS EXTERNAS - FUERZA MAYOR	1.947,00	94,29%
FALLAS CALIDAD	484,00	96,48%
FALLAS SERVICIOS	399,00	98,28%
FALLAS LOGISTICA	245,00	99,39%
FALLAS PROYECTO	95,00	99,82%
FALLAS ADMINISTRACION	40,00	100,00%
Total general	**22.113,00**	

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se procedió a realizar un diagrama de Pareto con el fin de observar cuáles son las fallas por las que más ocurren paradas no planificadas en la línea 3.

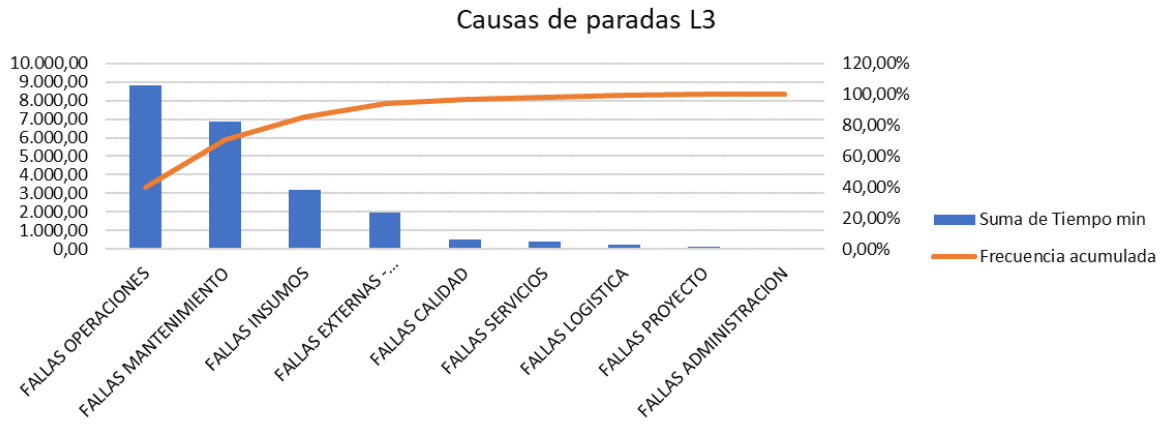


Figura 20: Diagrama de Pareto de las causas de paradas de L3

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados obtenidos donde se encuentran el 80% de las paradas no planificadas son por fallas de operaciones y fallas por mantenimiento.

Para estudiar la cantidad de cajas perdidas por paradas no planificadas se extrae de loa datos todas aquellas de fuerza mayor o planificadas: paradas por corte de producción, paradas por falla eléctrica y paradas por reuniones. Obteniendo los siguientes valores de los históricos de la empresa (todos los datos están en minutos):

Tabla 24: Tiempos de paradas de L3 en los meses de estudio

Línea	LINEA ENVASADO #3
Falla	(Varios elementos)

Suma de Tiempo min	Etiquetas de columna							
Etiquetas de fila	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Total general
LLENADORA BOTELLAS L3	3.108	1.325	2.354	1.408	1.251	904	1.547	11.897
EMPAQUETADORA CAJAS L3	814	1.286	481	406	321	212	594	4.114
TAPADORA BOTELLAS L3	296	264	218	424	146	249	398	1.995
PALETIZADOR-MESA PALETIZADO	12	41	45	454	76	12	76	716
DESPALETIZADOR L3	196	50	104	99	125	63	65	702
CODIFICADOR BOTELLAS L3	44	51	55	90	39	54		333
VIA BOTELLAS LLENAS L3	8	49	83	73	67		26	306
VIA BOTELLAS VACIAS L3				32				32
FILTRO UV L3					18			18
VIA CAJAS PLASTIFICADAS L3				12				12
EMPAQUETADORA DE CAJAS L3	1							1
Total general	**4.479**	**3.066**	**3.340**	**2.998**	**2.043**	**1.494**	**2.706**	**20.126**

Fuente: Elaboración Propia

4.14.1 **Cajas perdidas**

Posterior a la obtención de los datos se analiza cuantas cajas o paquetes de botellas de 5 lts no se produjeron a causa de las paradas en los 7 meses de estudio.

Como se sabe que el tiempo de ciclo es de 4,8 min/botellas se calcula

Tabla 25: Producción faltante dado a que se perdieron 20.126 minutos

Producción faltante	Unidad
241,512	Botellas
120,756	Cajas
1,917	Paletas

Fuente: Elaboración Propia

A partir de las botellas perdidas se calcula cuantos días entre Julio 2018 y Enero 2019 se perdieron como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26: Días Perdidos

Dias Faltantes	Unidad
14	Dias
3	Semanas

Fuente: Elaboración propia

Como se observa se están perdiendo 14 días productivos a causas de paradas no planificas en la Línea 3, lo cual llama mucha la atención. Detallando las causas las cuales se encontraron mediante el Pareto se puede analizar.

4.14.2 **Fallas Operacionales**

Tabla 27: Tiempo de paradas no planificador por fallas operacionales

Línea	LINEA ENVASADO #3
Falla	FALLAS OPERACIONES

Etiquetas de fila	Suma de Tiempo min	Suma de % del total
⊞OPERADOR AUSENTE	4.415,00	50,10%
⊞SANEAMIENTO 5 PASOS	2.726,00	30,93%
⊞CAMBIO ROLLO	790,00	8,96%
⊞OPERACION INCORRECTA	390,00	4,43%
⊞REUNION	333,00	3,78%
⊞ENJUAGUE	75,00	0,85%
⊞FALTA TAPAS	55,00	0,62%
⊞FALTA MONTACARGUISTA	29,00	0,33%
Total general	8.813,00	100,00%

Fuente: Elaboración Propia

Graficando se observa que la principal causa de paradas no planificadas es por ausentismo laboral con un 50,10%.

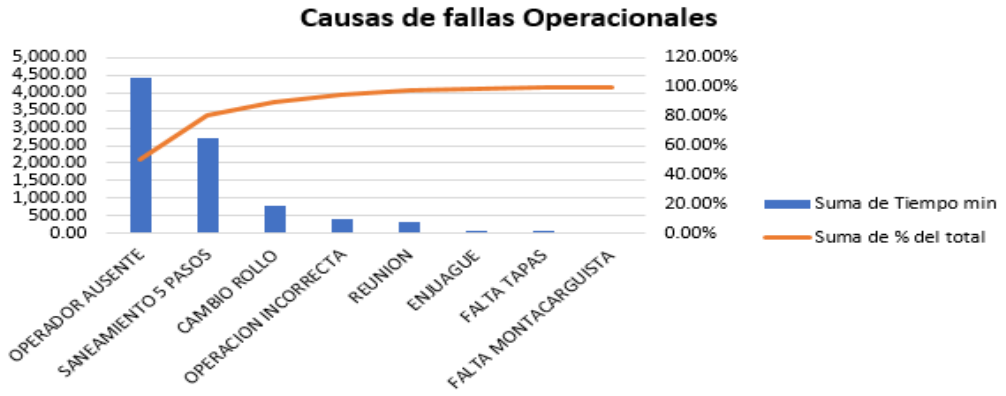


Figura 21: Diagrama de Pareto de las causas de las fallas Operacionales

Fuente: Elaboración Propia

4.14.3 **Fallas por mantenimiento**

De la misma manera se realizó el análisis de parada por mantenimiento obteniendo.

Tabla 28: Causas de paradas no planificadas por fallas de Mantenimiento

Línea	LINEA ENVASADO #3
Falla	FALLAS MANTENIMIENTO

Etiquetas de fila	Suma de Tiempo min	Suma de % del total
EMPAQUETADORA CAJAS L3	3.122,00	45,29%
TAPADORA BOTELLAS L3	1.337,00	19,39%
LLENADORA BOTELLAS L3	666,00	9,66%
PALETIZADOR-MESA PALETIZADO	574,00	8,33%
DESPALETIZADOR L3	540,00	7,83%
VIA BOTELLAS LLENAS L3	306,00	4,44%
CODIFICADOR BOTELLAS L3	299,00	4,34%
VIA BOTELLAS VACIAS L3	32,00	0,46%
FILTRO UV L3	18,00	0,26%
Total general	**6.894,00**	**100,00%**

Fuente: Elaboración Propia

Al observar esto la empaquetadora de cajas es la máquina que tiene más tiempo de paradas esto se debe a que esta máquina diseñada por los propios mecánicos de planta por que suelen haber muchas paradas en el corte del plástico termoencogible.

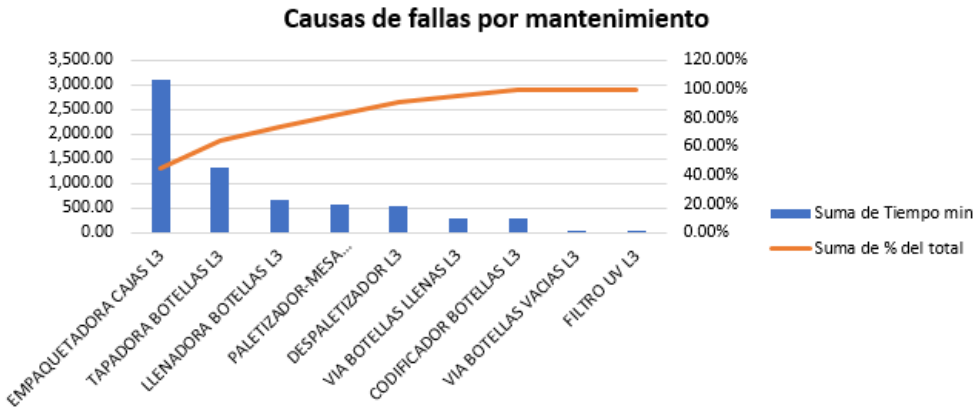


Figura 22: Diagrama de Pareto de las Causas por mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

Al saber las causas principales de paradas no planificadas se procede a realizar un diagrama Ishikawa con el fin de determinar los principales factores que causan paradas, estas tenerlas en cuenta a la hora de realizar las propuestas, para evitar problemas de esta naturaleza en un futuro.

4.15 Diagrama de Ishikawa

A raíz de lo anterior se realiza un diagrama Causa- Efecto en la Figura 23 donde se observa las causas principales de los días perdidos por paradas no planificadas

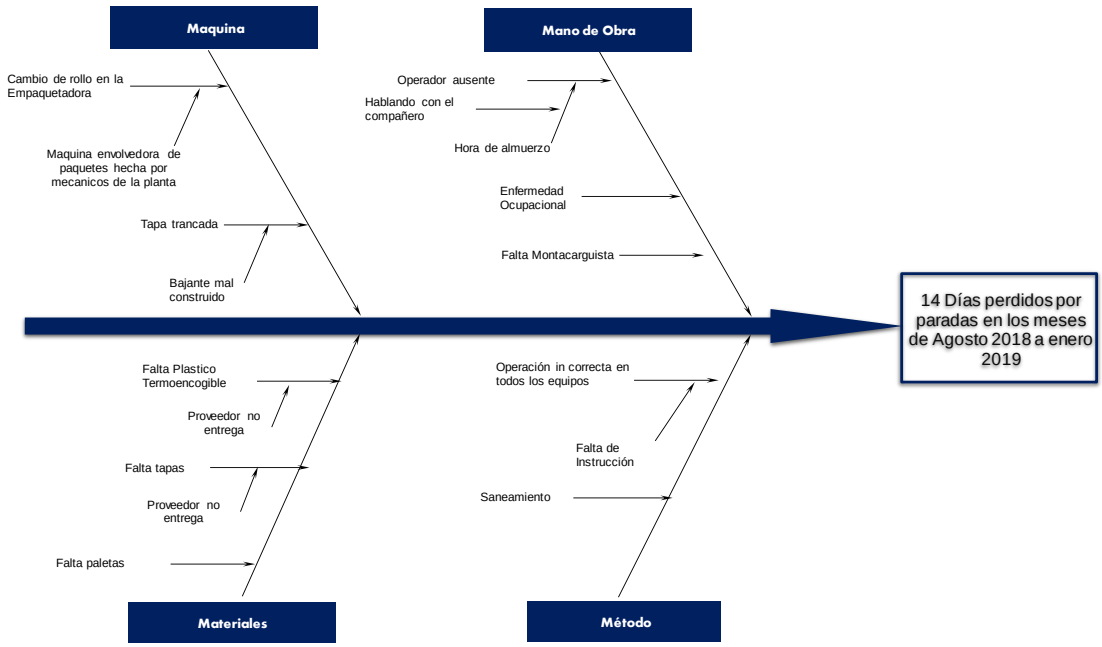


Figura 23: Diagrama Causa-Efecto de los 14 días perdidos

Fuente: Elaboración Propia

5 CÁPITULO V: PROPUESTAS

5.1 Equipos Nuevos

5.1.1 Llenadora

La empresa decidió comprar una llenadora nueva marca SACMI modelo Solo-Mas, la cual opera a una velocidad de 83 botellas/minutos, por lo que tiene un tiempo de ciclo de 0,012 min/botella, o en defecto 0,722 min/botella, a continuación, se muestra la comparación de la llenadora actual y la nueva.

Tabla 29: Comparación de la llenadora actual vs. la nueva

	Llenadora	
	Actual	Nueva
Area de Operación (m^2)	4,4	7,4
Area de Equipo (m^2)	3	9,6
Productividad (botellas/min)	21	83
Tiempo de Ciclo (min/botella)	0,048	0,012
Tiempo de Ciclo (Seg/botella)	2,86	0,72
Reducción de Tiempo	295%	

Fuente: Elaboración Propia

Para observar tiempo de ciclo a detalle y % de ocio se procede a realizar un diagrama Hombre máquina con la nueva llenadora observado en Figura 24.

Diagrama Hombre maquina Proceso: Llenado + Tapado							
Operario				Llenadora / Tapadora			
Actividad	Tiempo (Seg)	Tiempo (Min)		Actividad	Tiempo (Seg)	Tiempo (Min)	
Llenar tapas en la tolva	243.12	4.052		Inactividad	243.12	4.052	
Inactividad	204.82	3.41		Operación (hasta que se agoten)	204.82	3.41	

Figura 24: Diagrama hombre-máquina del proceso de llenado nuevo

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el diagrama se procede a calcular tiempo de ciclo del puesto de trabajo completo obteniendo como resultado la Tabla 30

Tabla 30: Resultados del diagrama hombre-máquina del puesto del llenador

Tipo	Tiempo de Ciclo (min)	Tiempo de Accion (min)	Tiempo de Inactividad (min)	% de Utilizacion	% Ocio
Operario	7.47	4.052	3.41	54%	46%
Llenadora	7.47	3.41	4.052	46%	54%

Fuente: Elaboración Propia

El puesto de trabajo del llenador se encarga de controlar el suministro de tapas para que estas no se agoten (estas vienen en cajas de 17.000 tapas cada una como se explicó en la Tabla 5). Dado los resultados del diagrama hombre máquina el tiempo de ciclo para este puesto de trabajo es de 7,47 min/caja por lo que cada 7 minutos el operador debe estar llenando de tapas la tolva para que no se produzca una parada por falta de tapas.

5.1.2 **Empaquetadora**

Debido al gran incremento que representa la llenadora la empresa ve obligada a realizar algo con los demás equipos y se encontró que en otra planta de la empresa ubicada en Caucagua existe una empaquetadora sin uso, la cual opera a una velocidad de 40 paquetes/minutos, como los paquetes de botellas de 5 lts son de dos entonces la velocidad de la máquina es de 80 botellas/min, es decir tiene un tiempo de ciclo es de 0,013 min/botellas o su defecto 0,75 seg/botella, como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31: Comparación de la empaquetadora actual vs. la nueva

	Empaquetadora	
	Actual	Nueva
Area de Operación (m^2)	4	3,5
Area de Equipo (m^2)	4	13,25
Productividad (paquetes/min)	11	40
Productividad (botellas/min)	22	80
Tiempo de Ciclo (min/botella)	0,045	0,013
Tiempo de Ciclo (Seg/botella)	2,727	0,750
Reducción de Tiempo	264%	

Fuente: Elaboración Propia

Para observar tiempo de ciclo a detalle y % de ocio se procede a realizar un diagrama Hombre máquina con la nueva llenadora observado en la Figura 25

Diagrama Hombre maquina Proceso: Empaquetado							
Operario				Llenadora / Tapadora			
Actividad	Tiempo (Seg)	Tiempo (Min)		Actividad	Tiempo (Seg)	Tiempo (Min)	
Cambiar plastico Termo Encogible	726.8	12.11		Inactividad	726.8	12.11	
Inactividad	1500	25.00		Operación (hasta que se agote)	1500	25.00	

Figura 25: Diagrama hombre-máquina del proceso de empaquetado nuevo

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizado el diagrama se procede a calcular tiempo de ciclo del puesto de trabajo completo obteniendo como resultado la Tabla 32

Tabla 32: Resultados del diagrama hombre-máquina del proceso de empaquetado

Tipo	Tiempo de Ciclo (min)	Tiempo de Accion (min)	Tiempo de Inactividad (min)	% de Utilizacion	% Ocio
Operario	37.11	12.11	25.00	33%	67%
Llenadora	37.11	25.00	12.11	67%	33%

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 ***"Rinser"***

Debido a un mandato corporativo, línea productiva de botellas 5 lts debe tener un "*Rinser*" o enjuagador de botellas cuya función es lavar las botellas de manera de eliminar cualquier agente contaminante físico como polvo, sucio, entre otros, garantizando la inocuidad del producto.

Este equipo funciona sujetando el cuello de la botella, por lo que es necesario incorporar una estación de colocado de asas a las botellas; este tiene un tiempo de ciclo igual a la llenadora ya que este se acopla a ella.

Puede ser operado por el mismo operador de la llenadora, ya que este último posee un ocio de 67%. Por último, este equipo tiene una dimensión de 5,4 mts^2 y cuya área de operación es de 2 mts^2.

Se tiene que destacar que la alimentación del *"Rinser"* no es por cadenas transportadoras, es por un sistema de transportadores "Aéreos" que consiste en sujetar la botella por el cuello, y es cerrado por lo que así se garantiza la inocuidad de la botella.

5.1.4 **Colocador de Asas Semi Automático**

Debido a la incorporación del *"rinser",* el cual trabaja sujetando la botella por cuello se debe diseñar el nuevo puesto de trabajo del colocado de las asas para ello se diseñó un colocador de asas Semi-Automático que consiste en un bajante de asas y a medida que las botellas se muevan por la cinta transportadora las asas se van insertando por gravedad y presión del mecanismo como se muestra a continuación:

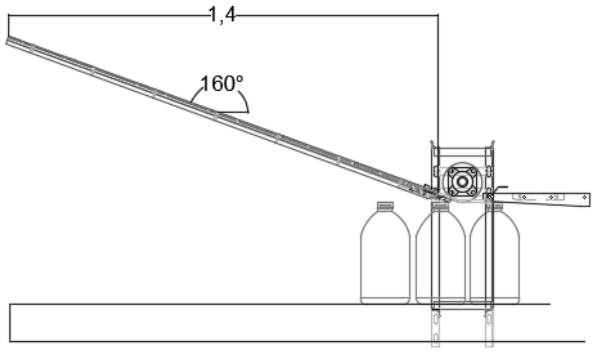


Figura 26: Esquema del colocador de asas semi automático

Fuente: Elaboración Propia

La manera de alimentar el bajante es por medio de una guía de asas que un operador tiene que preparar de la siguiente manera:

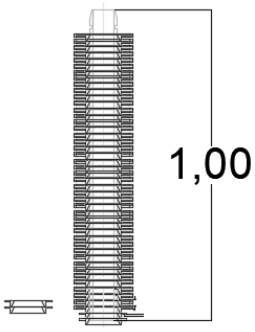


Figura 27: Esquema de la Guía de colocación de asas

Fuente: Elaboración propia

Como la guía mide un metro de largo y cada asa tiene un espesor de 1.22 cm, cada guía tiene una capacidad de 73 asas.

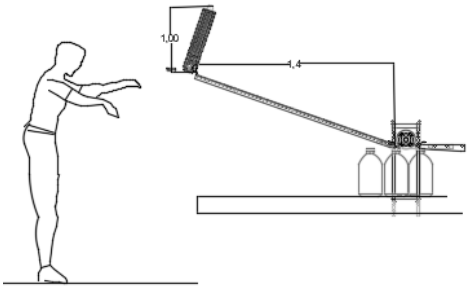


Figura 28: Esquema del puesto de trabajo del colocador de asas Semi automatico

Fuente: Elaboración propia

De esta manera el operador debe preparar la guía de asas y colocarlos en el bajante así por medio de gravedad y aire comprimido las asas bajan y se colocan en las botellas.

Cabe destacar que el área de trabajo del operador es de una zona de 1x2 mts y la colocadora de asa tiene una zona de 0.4 x 1.4 mts, en total para el puesto de trabajo se requiere 7,5 mts^2.

Teniendo en cuenta que el colocador de asas tiene que estar antes de la empaquetadora y cuya nueva velocidad es:

Tabla 33: Tiempo de ciclo de la empaquetadora nueva

Tiempo de Ciclo Empaquetadora	
80	Botellas/Minuto
0,0125	Minutos/Botella
0,75	Segundos/Botellas

Fuente: Elaboración propia

El tiempo que tiene el operario para cambiar una guía es el siguiente.

Tabla 34: Calculo de tiempo de ciclo del colocador de asas semi automático

Tiempo para cambiar una guia	
0,9125	Minutos
54,75	Segundos

Fuente: Elaboración propia

Esto quiere decir que el operario cada 55 segundos tendría que cambiar la guía, en un turno tendría que repetir esta acción 526 veces.

5.1.5 **Colocador de asas Automático.**

Tal como dice el catálogo la productividad de la máquina es 120 Botellas/minutos por lo que su tiempo de ciclo seria es de 0,5 seg/botellas, a continuación, se muestra el LayOut de la Máquina cuyas dimensiones son 1,5x4 mts

Como se observa en la Figura 29 el diseño extraído del catálogo.

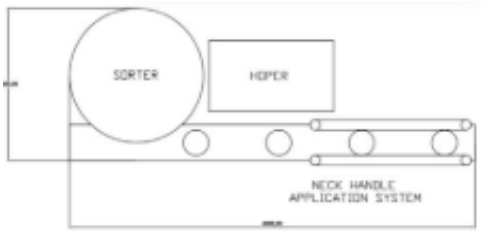


Figura 29: Esquema general de la vista de planta, correspondiente a la colocadora de asas propuesta
Fuente: Recuperado de www.Sapli.com

La máquina posee una tolva la cual se alimenta con las asas *("Hopper"),* Luego la tolva envía las asas a un ordenador *("sorte*r"), el cual ordena las asas por medio de vibraciones y obstáculos hasta colocarlas en la posición correcta, estas recorren una guía hasta llegar a un bajante donde son colocadas las asas.

5.1.6 **Comparación de Colocadores de Asas.**

Tabla 35: comparación entre colocador de asas semi automático vs automático

	Colocadora de Asas	
	Manual	Automatica
Area de Operación (m^2)	4	-
Area de Equipo (m^2)	3,5	6
Automatismo (Min)	0,91	15
Productividad (Botellas/Min)	73	120
Tiempo de Ciclo (min/botella)	0,0137	0,0083
Tiempo de Ciclo (Seg/botella)	0,8219178	0,5

Fuente: Elaboración propia

Al ver estos resultados se puede concluir que el colocador de asas automático es mejor opción en cuanto a productividad y área de ocupación dado eso se elige dicha opción, ya que el sistema manual o semi automático se necesita la incorporación de uno o dos operadores extra a la línea de producción.

5.1.7 **Propuesta del Puesto del Despaletizado**

Para el despaletizador se propone, eliminar la tarea manual de colocar cada camada en la mesa de acumulación, se instalará un barredor constituido por un

motor reductor con unas aspas con el fin que a medida el elevador suba la paleta esta lo barra colocándolo en la mesa de acumulación, de esta manera

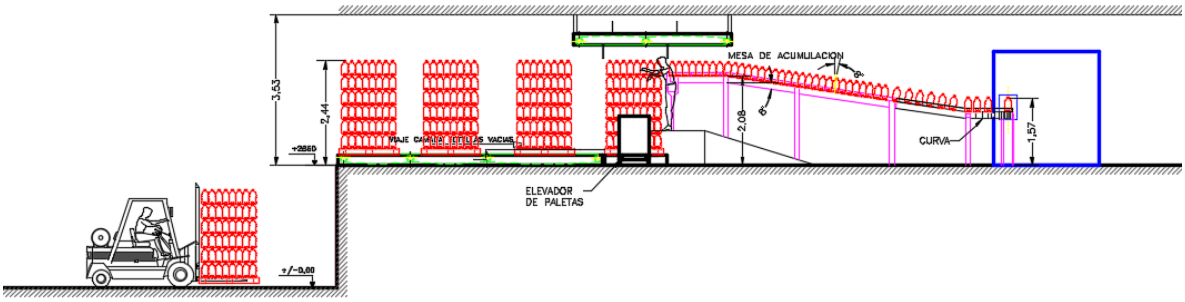


Figura 30:esquema del puesto del despaletizado propuesto

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta el tiempo normal que requiere el operador en cortar el Polistrech se calcula el tiempo estándar de dicha operación tomando en cuenta los suplementos descritos en la Tabla 18.

Tabla 36: Tiempo Normal y Estándar de la operación del despaletizado propuesto

	Despaletizar
Suplemento	16%
Tiempo Normal (seg)	277.52
Tiempo Estandar (seg)	321.92

Fuente: Elaboración propia

Realizando un diagrama Hombre Máquina para el puesto de trabajo del despaletizado resulta:

Diagrama Hombre Maquina							
Proceso: Propuesta Despaletizado							
Operario				Despaletizador			
Actividad	Tiempo (seg)	Tiempo (min)		Actividad	Tiempo (seg)	Tiempo (Min)	
Cortar Polisterch	321.92	5.37		Inactividad	321.92	5.37	
Inactividad	46.99	0.78		Vaciar 1ra camada	46.99	0.78	
	46.99	0.78		Vaciar 2da Camada	46.99	0.78	
	46.99	0.78		Vaciar 3ra Camada	46.99	0.78	
	46.99	0.78		Vaciar 4ta Camada	46.99	0.78	
	46.99	0.78		Vaciar 5ta Camada	46.99	0.78	
	46.99	0.78		Vaciar 6ta Camada	46.99	0.78	

Figura 31: Diagrama Hombre-Máquina del proceso de despaletizado propuesto.

Fuente: Elaboración Propia

Del diagrama Hombre Máquina se puede calcular el tiempo de ciclo de la operación, así como el % de ocio tanto de la máquina como del operador observado en la Tabla 37.

Tabla 37: Resultados del diagrama hombre-máquina del proceso de despaletizado propuesto.

Despaletizador					
Tipo	Tiempo de Ciclo (min)	Tiempo de Accion (min)	Tiempo de Inactividad (min)	% de Utilizacion	% Ocio
Operario	10.06	5.37	4.70	53%	47%
Despaletizador	10.06	4.70	5.37	47%	53%

Fuente: Elaboración Propia

Es importante mencionar que el tiempo de ciclo mostrado el tiempo en procesar una paleta de botellas vacías es decir 390 botellas por que el tiempo real de ciclo es 0,014 min/botellas, o en su defecto, 0,825 seg/botella, además se puede concluir que él % de Ocio del operario es del 47% por lo que el mismo operario puede operar otra máquina sin ningún inconveniente. A continuación, se compara el despaletizado actual vs el propuesto.

Tabla 38: Comparación del despaletizado actual Vs el propuesto.

	Despaletizado	
	Actual	Nueva
Productividad (paleta/min)	6,65	5,37
Productividad (botellas/min)	59	73
Tiempo de Ciclo (min/botella)	0,017	0,014
Tiempo de Ciclo (Seg/botella)	1,023	0,825
Reducción	24%	

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1

5.1.2 **Propuesta del Puesto de Paletizaje.**

Para el paletizaje se propone utilizar el paletizado de L4, ya que esta línea es la menos productiva y con menos demanda de la planta, si vemos los históricos de producción de la línea 4 se observa en la Tabla 39

Tabla 39: Plan de Producción de L4

Mes	Año	Plan (cjs)	Real (cjs)
Enero	2018	-	-
Febrero	2018	-	-
Marzo	2018	-	-
Abril	2018	-	-
Mayo	2018	-	-
Junio	2018	-	-
Julio	2018	-	-
Agosto	2018	-	-
Septiembre	2018	-	-
Noviembre	2018	2,552	3,223
Octubre	2018	8,779	7,411
Diciembre	2018	-	-

Fuente: Elaboración Propia

En todo el año 2018 solo hubo producción en los meses de octubre y noviembre, es decir esa línea tiene muy poca demanda por lo que se puede utilizar el mismo sistema de paletizado de línea 4 el cual tiene las siguientes características:

Tabla 40: Características del paletizado de L4

	Paletizado L4	
Productividad	132	Botellas/Minuto
Tiempo de Ciclo	0.00757576	Minutos/Botella
Tiempo de Ciclo	0.45454545	Segundos/Botella
Tiempo de Ciclo	57.27	Segundos/paleta

Fuente: Elaboración propia

De esta manera las cajas de botellas de 5 lts se dirigen a la zona de paletizado de L4. En cuanto al paletizado de L4 se propone utilizar el paletizado manual de L3, ya que como la demanda de agua Sparkling y Flavor es prácticamente nula según lo observado en la Tabla 39 se propone realizar un cruce entre líneas de manera como se observa en la Figura 32

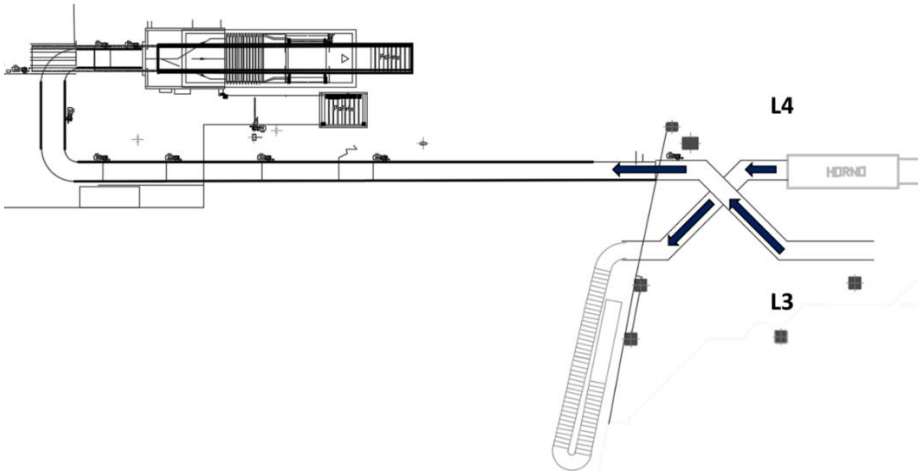


Figura 32: Esquema propuesto del paletizado de L3 y L4

Fuente: Elaboración Propia

Luego se realiza una comparación del paletizado actual con el propuesto resultando lo descrito en la Tabla 41

Tabla 41: Comparación del paletizado Actual Vs el cruce propuesto

	Actual	Propuesto	Unidad
Productividad	132	16.81	Botellas/Minuto
Tiempo de Ciclo	0.0076	0.06	Minutos/Botella
Tiempo de Ciclo	0.45	3.57	Segundos/Botella
Tiempo de Ciclo	57.27	449.83	Segundos/paleta
Reduccion		87%	

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Diagrama de flujo de proceso de propuesta.

Luego de analizar las propuestas de los puestos de trabajo se realiza el diagrama de flujo de proceso de la nueva línea productiva; las diferencias en comparación a la situación actual son las siguientes:

- Se incorporó el flujo de agua de proceso, ya que se contempla la instalación del *"rinser"*
- La operación del enjuagado de botellas es realizada por el *"rinser"* y esta tiene que estar antes de la llenadora y lo más cercano posible para evitar contaminación
- La instalación del colocador de asa requiere que se tenga un flujo de asas, ya que las botellas tendrían que entrar a la línea productiva sin el asa.

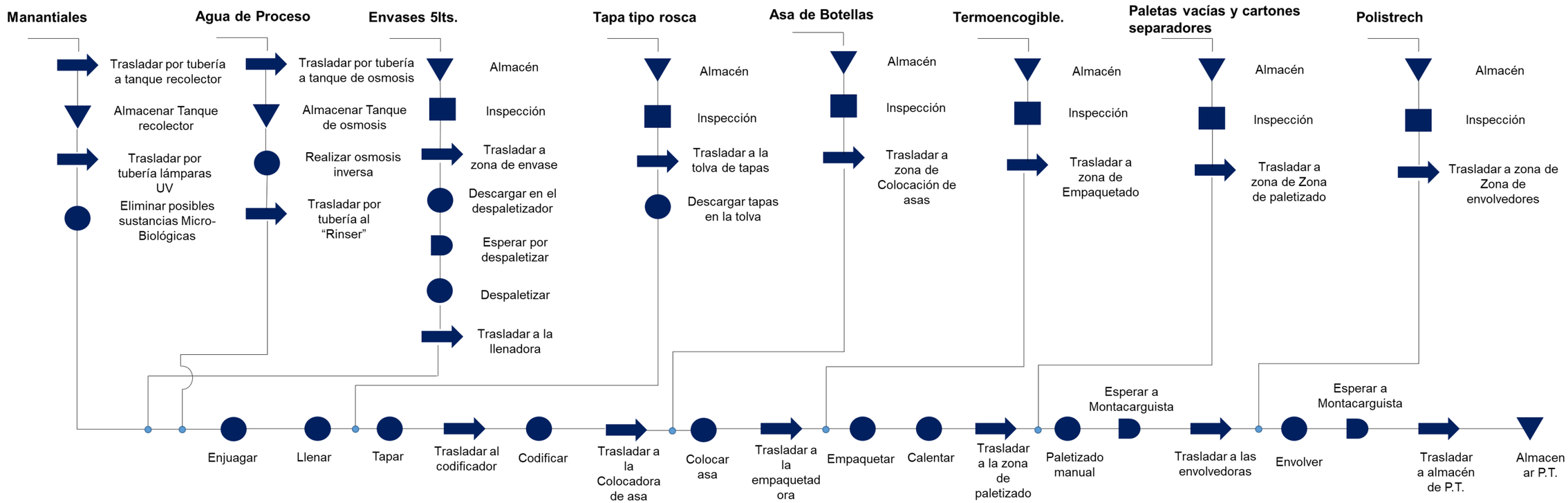


Figura 33: Diagrama de Flujo de Proceso de la Propuesta

Fuente: Elaboración Propia

5.4 Análisis de la Distribución Ideal.

Con el fin de determinar cuál es la distribución ideal de la nueva línea de producción, es decir, el diseño más efectivo, se emplea la herramienta conocida como diagrama de relación de actividades. En primer lugar, es necesario determinar qué actividades o áreas existirían.

Luego de haber tenido en consideración el criterio anterior, se procede a desarrollar el diagrama de relación de actividades para lo que se emplean los siguientes códigos que indican la importancia de proximidad o alejamiento entre ciertos departamentos.

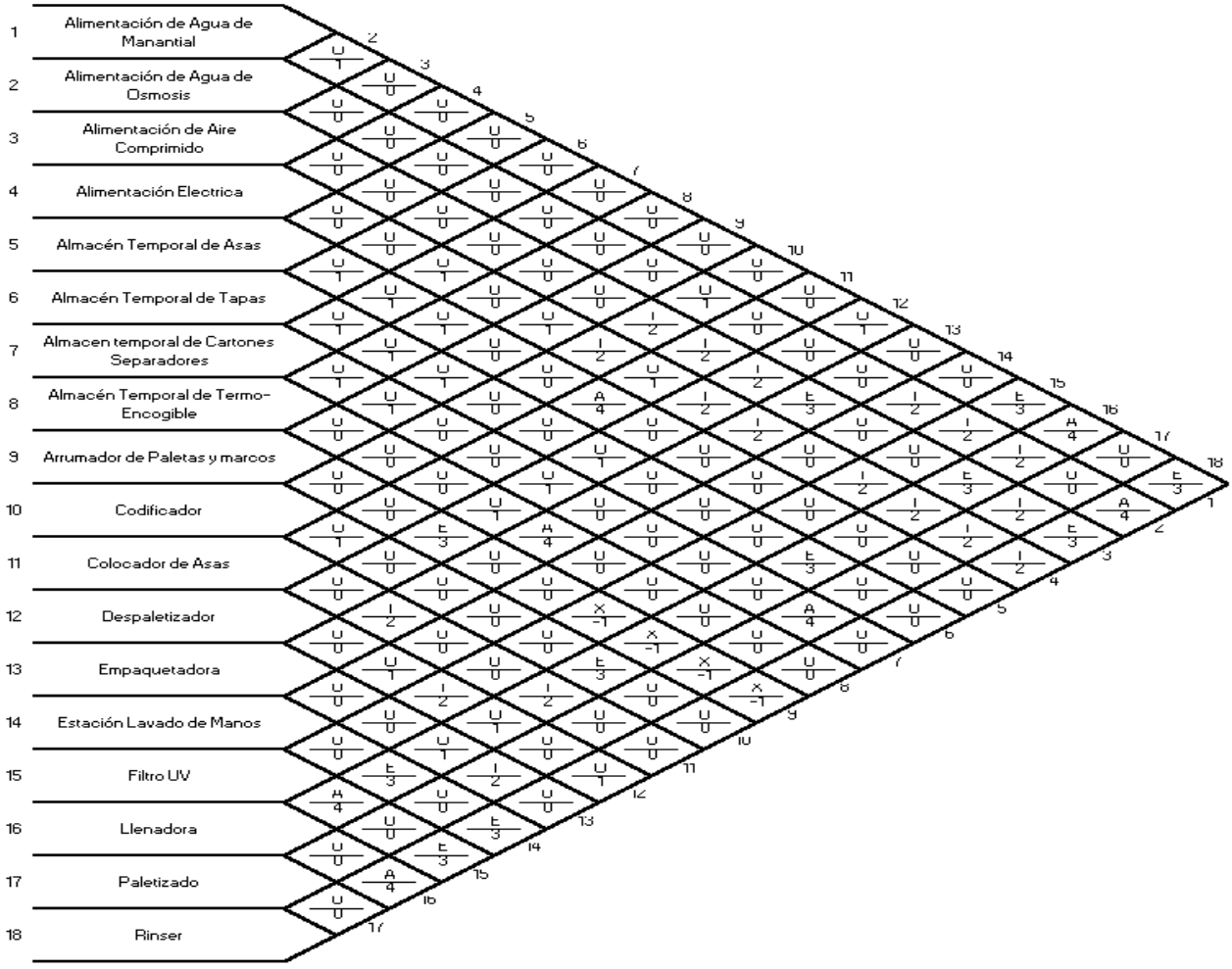


Figura 34: Diagrama de Relación de actividades

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizado el diagrama se contabiliza la cantidad de relaciones por simbología obteniendo lo observado en la Tabla 42, evidenciándose que es de vital importancia la cercanía entre el *"rinser"* y la llenadora, ya que puede existir el riesgo de contaminación entre estas dos etapas, además que el área de envasado (*"rinser"*, llenadora, tapadora y despaletizado) deben estar protegidas, debido a que se manipula el envase sin tapar y se corre el riesgo de afectar la inocuidad del equipo, y en la situación actual no existe una separación clara entre la zona de llenado y la llegada de paletas vacías, además que no se dispone de un lavamanos antes de entrar en la zona de llenado.

Tabla 42: Cantidades de Relaciones

Simbologia	Cantidad
A	7
E	11
I	18
O	22
U	91
X	4
Total	**153**

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido el diagrama se procede a realizar el diagrama adimensional de bloque con el fin de analizar los deméritos por el incumplimiento de las puntuaciones establecidas.

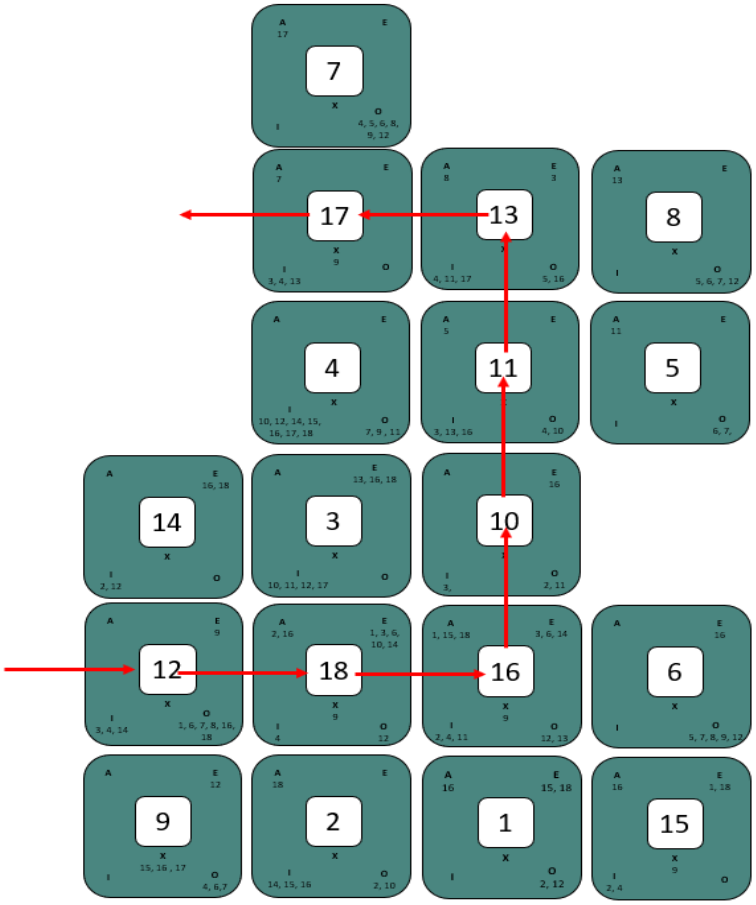


Figura 35: Diagrama Adimensional de Bloque

Fuente: Elaboración Propia

5.5 Distribución Propuesta 1

Una vez determinada la distribución mediante el diagrama adimensional de bloques, se procede a realizar a continuación el diagrama dimensional correspondiente, tomando en cuenta las restricciones asociadas a las columnas presentes dentro de la instalación

De esta manera, haciendo uso de la herramienta informática “AutoCAD” se visualiza el esquema general de la planta San Pedro y se extrae la porción de espacio de la Línea 3.

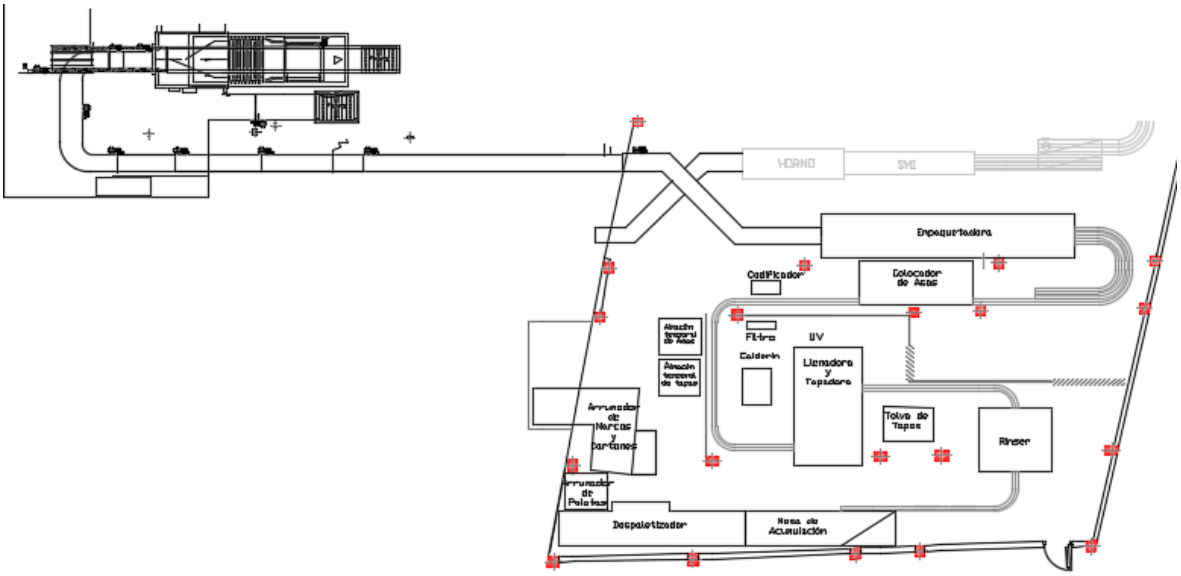


Figura 36: Esquema de la distribución propuesta

Fuente: Elaboración Propia

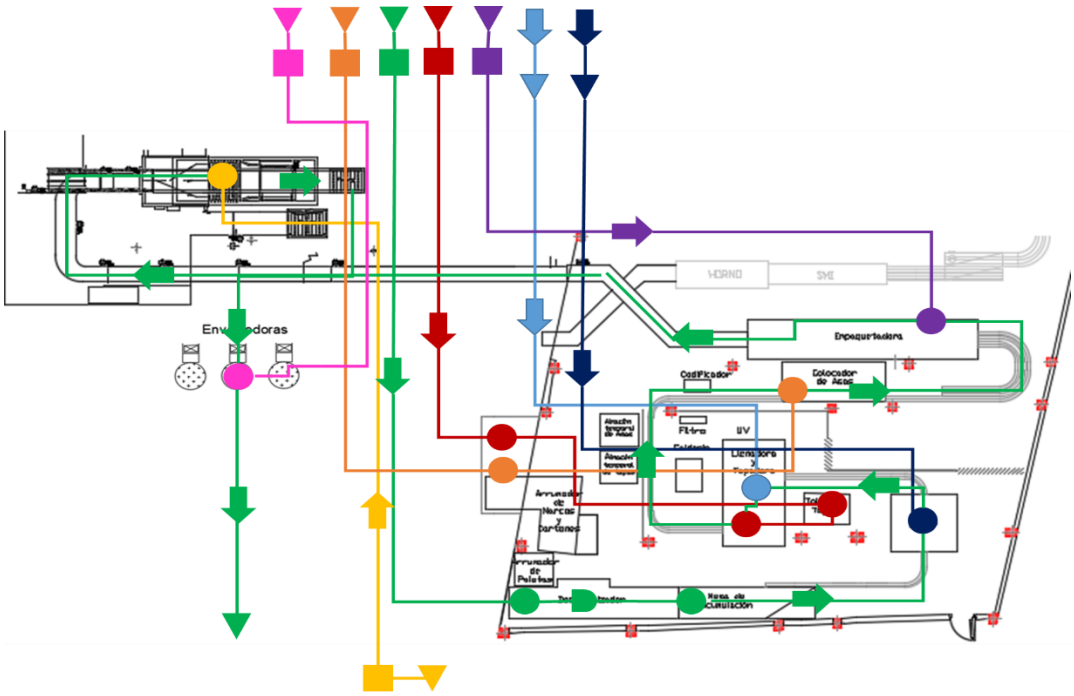
En la Tabla 43 se describe las distancias de los tramos de transportadores para la propuesta en total son 76.5 metros de vías transportadoras y 8 curvas de 90º con un diámetro de 0.8 metros.

Tabla 43: Descripción de las vías transportadoras de la opción 1 de distribución

Tramo	Descripción	Carga	Tipo	Dist. (mts)	Tipo de Tramo
1	Despaletizador - Mesa de Acumulación	Paletas de Botellas Vacías	Cadena	6.5	Recto
2	Mesa De acumulación - Rinser	Botellas Vacías	Aéreas	9	Uno recto y una curva de 90°
3	Rinser - Llenadora	Botellas Enjuagadas	Aéreas	4.5	Uno recto y una curva de 90°
4	Llenadora - Codificador	Botellas Llenas y Tapadas	Cadena	5.6	Uno recto y una curva de 90°
5	Codificador - Colocadora de Asa	Botellas Codificadas	Cadena	4.2	Recto
6	Colocadora de Asa - Empaquetadora	Botellas con Asa	Cadena	5.4	Tres rectos y una curva de 90°
7	Empaquetadora - Paletizado	Cajas de Botellas	Banda	29	Cinco rectos y dos curvas de 90°
			Total	64.2	

Fuente: Elaboración Propia

5.5.1 **Diagrama de Recorridos Propuesta 1**



Leyenda
Recorrido de Agua de Manantial
Recorrido de Agua de Servicio
Recorido de botellas
Recorrido de Tapas
Recorrido de Asas
Recorrido de Paletas y Cartones Separadores
Recorrido de Polistresch
Recorrido de Plastico Termoencogible

Figura 37: Diagrama de Recorridos de la propuesta de Distribución 1

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al número de cruces es de 14 en total, esto es debido a que se agrega el flujo de las asas, y como en la planta existe una sola vía por donde solo puede pasar un montacargas, por lo que genera más cruces, además se genera un cruce adicional en el movimiento de materiales entre las asas y las tapas.

5.6 Distribución Propuesta 2

De igual manera que la propuesta de distribución anterior Una vez determinada tal distribución, a pesar de que ya se conoce que a existe suficiente espacio para albergar la instalación deseada, se procede a elaborar el diagrama dimensional de bloques.

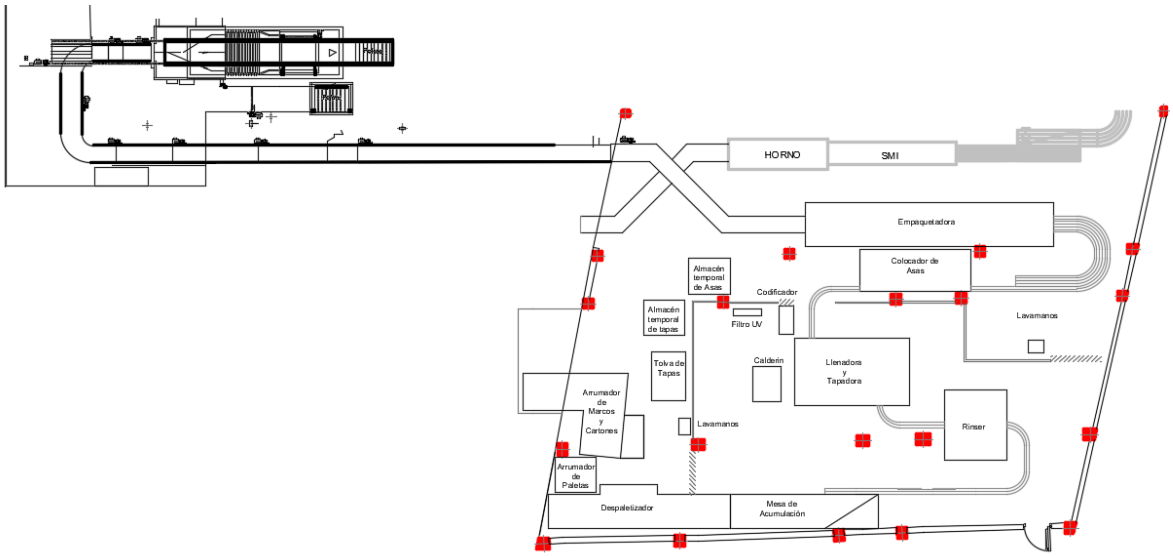


Figura 38: Esquema de la Distribución Propuesta 2

Fuente: Elaboración Propia

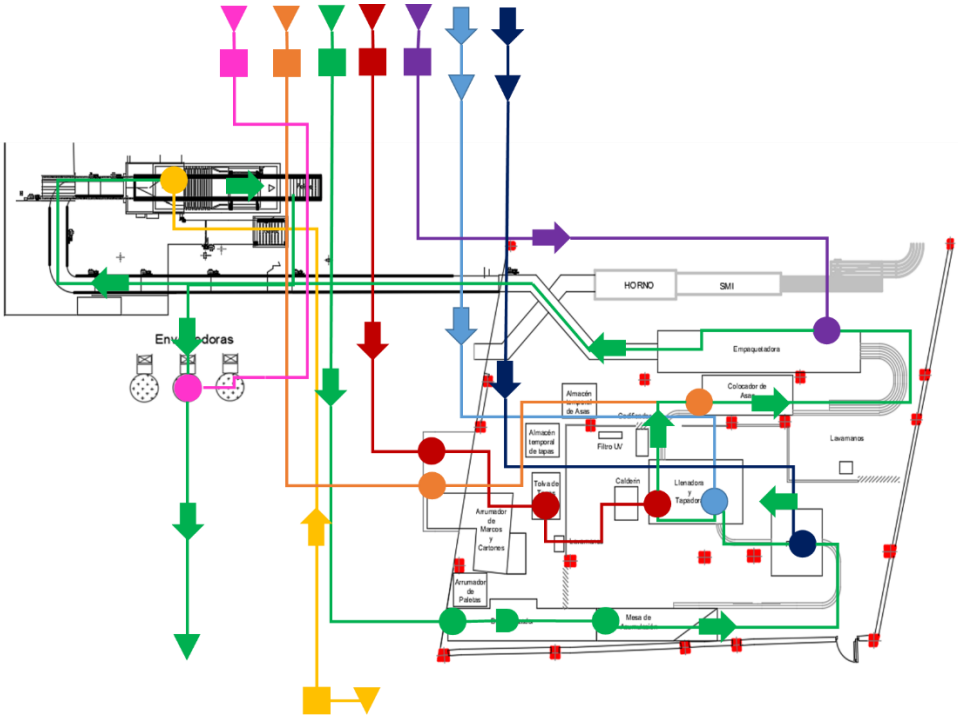
De la misma manera que la propuesta anterior en la Tabla 44 se describe las distancias de los tramos de transportadores para la propuesta en total son 76.5 metros de vías transportadoras y 8 curvas de 90º con un diámetro de 0.8 metros.

Tabla 44: Descripción de las vías transportadoras de la opción 2 de distribución

Tramo	Descripción	Carga	Tipo	Dist. (mts)	Tipo de Tramo
1	Despaletizador - Mesa de Acumulación	Paletas de Botellas Vacías	Cadena	6.5	Recto
2	Mesa De acumulación - Rinser	Botellas Vacías	Aéreas	10.5	Uno recto y una curva de 90°
3	Rinser - Llenadora	Botellas Enjuagadas	Aéreas	1.5	Uno recto y una curva de 90°
4	Llenadora - Codificador	Botellas Llenas y Tapadas	Cadena	1	Recto
5	Codificador - Colocadora de Asa	Botellas Codificadas	Cadena	1	Recto rectos y dos curvas de 90°
6	Colocadora de Asa - Empaquetadora	Botellas con Asa	Cadena	5.4	Tres rectos y una curva de 90°
7	Empaquetadora - Paletizado	Cajas de Botellas	Banda	29	Cinco rectos y dos curvas de 90°
			Total	54.9	

Fuente: elaboración Propia

5.6.1 **Diagrama de Recorridos Propuesta 2.**



Leyenda	
Recorrido de Agua de Manantial	
Recorrido de Agua de Servicio	
Recorido de botellas	
Recorrido de Tapas	
Recorrido de Asas	
Recorrido de Paletas y Cartones Separadores	
Recorrido de Polistresch	
Recorrido de Plastico Termoencogible	

Figura 39: Diagrama de Recorrido de la Propuesta de Distribución 2

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al número de cruces en la propuesta de distribución 2 es de 11 en total, igualmente que en la anterior propuesta debido a que se agrega el flujo de las asas, y como en la planta existe una sola vía por donde solo puede pasar un montacargas, por lo que genera más cruces, además se genera un cruce adicional en el movimiento de materiales entre las asas y las tapas.

A diferencia de la propuesta anterior el número de cruces se reduce debido a los almacenes temporales de asas y de tapas están separados por lo que el espacio y recorrido es más cómodo para los operarios.

5.7 Comparación de las Propuestas de Distribución

Al comparar los tramos de las vías transportadora como se observa en la propuesta dos la distancia es menor por 10 mts.

Tabla 45: Comparación de la distancia de las propuestas de Distribución

		Propuesta 1	Propuesta 2
Tramo	Descripción	Dist. (mts)	Dist. (mts)
1	Despaletizador - Mesa de Acumulación	6.5	6.5
2	Mesa De acumulación - Rinser	9	10.5
3	Rinser - Llenadora	4.5	1.5
4	Llenadora - Codificador	5.6	1
5	Codificador - Colocadora de Asa	4.2	1
6	Colocadora de Asa - Empaquetadora	5.4	5.4
7	Empaquetadora - Paletizado	29	29
	Total	**64.2**	**54.9**

Fuente: elaboración Propia

El criterio de escogencia de la propuesta por la distancia de las vías transportadora es el siguiente:

- Entre más larga la vía transportadora genera acumulación entre equipos, esto permite el flujo continuo de operaciones, ya que en la entrada de cada máquina existe un sensor el cual detecta botellas, si esta no detecta botellas, el sensor manda una señal al PLC y este para la línea.

5.7.1 **Ventajas y Desventajas de las Propuestas de Distribución.**

Tabla 46: Cuadro Comparativo de las ventajas y desventajas

	Características Diferenciadoras	Ventajas	Desventajas
Propuesta 1	Posición de la llenadora de manera que el recorrido al codificador es de 5,6 metros	Recorrido es suficientemente largo para generar acumulación de botellas, lo cual permite el continuo flujo de botellas	Movimiento de materiales complicado por cruce de operaciones
	Almacén temporal de Tapas junto al almacén temporal de asas	Poca movimiento de materia prima en traspaleta	Operario se tiene que mover 11,5 metros para suministrarle tapas a la tolva
	Almacén temporal de asas lejano al colocador de Asas	Facilidad en movilidad de materiales	Operario debe Caminar 8 metros para suministrar asas
Propuesta 2	Posición de la llenadora de manera que el recorrido al codificador es 1 mts	Tramo de cadenas transportadoras 1 mts	Poca acumulación en las vías transportadora
	Tolva de tapas junto al almacén temporal de tapas	Operario debe caminar 0,5 metros para Suministrar Tapas a la Tolva	Dificultad en movilización del almacén temporal de tapas en traspaleta
	Almacén temporal de asas cercano al colocador de Asas	Operario debe Caminar 4,5 metros para suministrar asas	Poco espacio para movilizar materiales

Fuente: Elaboración Propia

Dado el cuadro comparativo anterior se escoge como mejor la se segunda opción dado lo siguiente:

- Se requiere menos vías transportadoras por lo que el costo de instalación es menor
- Las distancias recorridas por los operadores son menores
- Mayor comodidad de movimiento de personal.

5.8 Comparación de las Propuestas con la Situación Actual.

Tiempo estándar de la distribución propuesta se puede apreciar en la Tabla 47

Tabla 47: Tiempo estándar de los puestos de trabajos propuestos

Fuente: Elaboración Propia

Puesto de trabajo	Tiempo Normal	Suplemento	Tiempo estandar
Despaletizado	0.7116	16%	0.825
Llenado	0.7229	-	0.723
Empaquetado	0.7500	-	0.750
Colocador de Asa	0.5000	-	0.500
Paletizado	0.45	20%	0.545
		Tiempo de ciclo	0.825 Seg/Botella

En la Tabla 48 se compara el % de ocio de los operarios y de las máquinas actuales vs las propuestas

Tabla 48: Comparación de los Tiempos de Ocios de los Equipos

	%Ocio			
	Operario		Maquina	
	Actual	Nueva	Actual	Nueva
Despaletizador	71%	47%	29%	53%
Llenador	95%	46%	5%	54%
Empaquetador	88%	67%	12%	33%

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa el % de ocio en todos los puestos de trabajos se redujo, sin embargo, los operarios cuentan con suficiente tiempo para poder atender otras máquinas, por ejemplo, el llenador y el despaletizador se pueden encargar de la operación del *"rinser"*, la cual es que vigilar que no ocurra una parada no planificada, y el operario de la empaquetadora puede encargarse del colocador de asas, se consiste en cargar de asas la tolva cuidando de que esta no se quede sin asas.

Para evitar recortar la vida útil de los equipos se propone que no se utilice el 100% de la capacidad de los equipos por lo que se procede a balancear los equipos

de la siguiente manera además la empresa espera que la línea pueda correar a un 70% de la producción teoría de la llenadora, ya que se espera una producción de 25.000 botellas diarias.

Tabla 49: % de Utilización de los Puestos de Trabajo

Equipo	Tiempo estandar (seg/botella)	% de Utilizacion	% Ahorro	Tiempo Balanceado	Productividad (Botellas/min)
Despaletizador	0.83	90%	10%	0.91	66
Llenadora	0.72	70%	30%	0.94	64
Colocadora de asas	0.50	70%	30%	0.65	92
Empaquetadora	0.75	75%	25%	0.94	64
Paletizado	0.55	70%	30%	0.71	85

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que el balance general de la línea 3 se muestra en la Figura 40

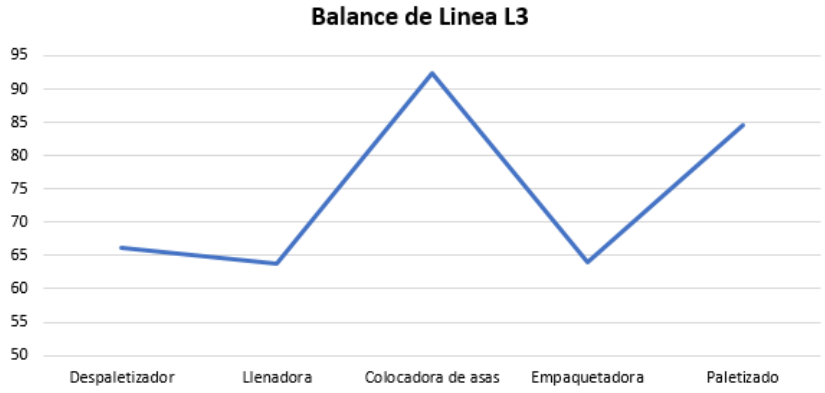


Figura 40: Grafico del Balanceo de los Equipos

Fuente: Elaboración Propia

Esto se realizó con el fin de que la operación cuello de botella sea la llenadora ya que este debe marcar el ritmo de la producción, dado esto el tiempo de ciclo de la línea es 0.94 Seg/botellas.

Por último, se compara los indicadores de eficacia y eficiencia de la distribución actual vs la propuesta como se observa en la Tabla 50.

Tabla 50: Comparación de los Indicadores de la Distribución actual vs la Propuesta

	Actual	Propuesta
Tiempo de Ciclo	3.57 Seg/Botella	0.94 Seg/Botella
Tiempo de Ocio Promedio	85%	53%
Eficiencia de la Distribución	15%	47%
Eficacia	75%	100%

Fuente: elaboración Propia

La Distribución propuesta de Línea 3 resulta eficaz, ya que logra producir en el tiempo efectivo (6,5 horas) el 287% de aproximadamente 25.000 botellas, y a su vez posee una eficiencia del 47%, lo cual llama la atención, porque significa que hay un 53% de tiempo ocioso promedio de la propuesta por lo que se distribuyen los puestos de trabajo como se observa en la Figura 41.

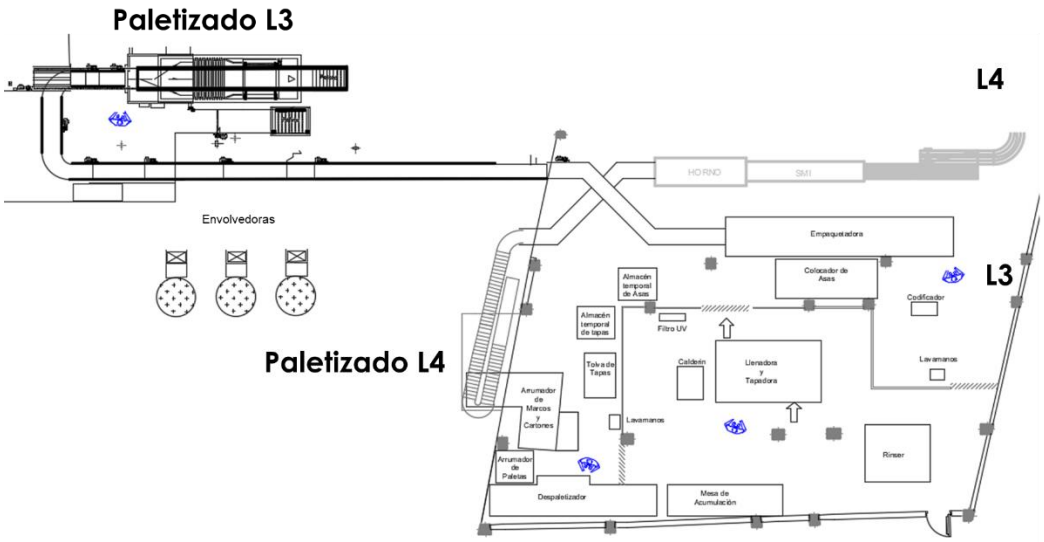


Figura 41:Puestos de Trabajo de la Propuesta

Fuente: Elaboración Propia

La propuesta cuenta con 4 operadores que se encargaran del correcto funcionamiento de la línea de botellas de 5 lts, los cuales se organizaran mediante los puestos de trabajo descritos en la Tabla 51

Tabla 51: Descripción de los puestos de Trabajo

Puesto de trabajo	Maquina(s)	Función
1	Despaletizador	Cortar Polistrech de las Paletas con botellas vacías Supervisar el correcto funcionamiento del elevador Supervisar el correcto funcionamiento de las aspas
	Tolva de tapas	Movilizar paletas de cajas de tapas con traspaleta a la zona de almacén temporal de tapas
	Tolva de asas	Movilizar paletas de cajas de asas con traspaleta a la zona de almacén temporal de Asas
2	Llenadora	Supervisar el correcto funcionamiento Cuando se requiera rellenar tolva de tapas Supervisar vías de entrada y de salida
	Rinser	Supervisar correcto funcionamiento Supervisar vías de entrada y de salida
	Tolva de Asas	Cuando se requiera rellenar tolva de Asas
3	Colocador de asas	Supervisar correcto funcionamiento
	Empaquetadora	Movilizar Termoencogible con el carro porta rollos Supervisar correcto funcionamiento Cambiar rollos de Termoencogible cuando sea necesario
	Codificador	Supervisar correcto funcionamiento
4	Paletizador	Supervisar correcto funcionamiento Colocar cartones separadores entre camadas Colocar fleje al final del paletizado

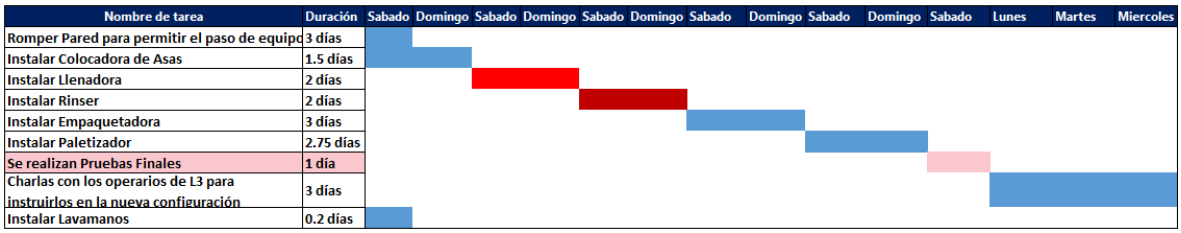
Fuente: Elaboración Propia

5.9 Plan Para la Implementación

Una vez identificada el diseño para la línea de envasado de botellas de 5 lts, es indispensable realizar un plan de actividades. Es por eso por lo que se realiza un diagrama Gantt que permitirá evidenciar cuales son los pasos a seguir para la solución de este problema a presentar y de esta manera identificar las actividades críticas del proyecto.

Es importante destacar que la implementación deberá ser los días sábados y domingo para no interferir en el proceso productivo de manera de general la menor cantidad de paradas.

La planificación del plan no considera el hecho de importar la máquina de colocadora de asas ya que el proveedor es europeo por lo que dicha importación puede demorar de 3 a 6 meses.



Nombre de tarea	Duración	Sabado	Domingo	Sabado	Domingo	Sabado	Domingo	Sabado	Domingo	Sabado	Domingo	Sabado	Lunes	Martes	Miercoles
Romper Pared para permitir el paso de equipo	3 días														
Instalar Colocadora de Asas	1.5 días														
Instalar Llenadora	2 días														
Instalar Rinser	2 días														
Instalar Empaquetadora	3 días														
Instalar Paletizador	2.75 días														
Se realizan Pruebas Finales	1 día														
Charlas con los operarios de L3 para instruirlos en la nueva configuración	3 días														
Instalar Lavamanos	0.2 días														

Figura 42: Diagrama Gantt del plan de implementación

Fuente: elaboración Propia

Las tareas las cuales en el Gantt están coloreadas con rojo son porque dichas son críticas en el proyecto, ya que estas pueden perjudicar en la inocuidad del producto, ya que con una mala instalación o no tener los cuidados respectivos se pueden contaminar las tuberías.

Las actividades contempladas para el plan de implementación contienen subactividades para poder logarlas que se detallan en la Tabla 52 Así como las actividades críticas.

Las actividades como la instalación de agua de manantial y de agua de servicio son actividades criticas ya que este si no se tienen una buena higiene a la hora de instalación se pueden contaminar por lo que es necesario realizar pruebas Microbiológicas para determinar la presencia de microorganismos, en caso de entrar alguno, en la planta utilizan dos compuestos químicos los cuales son Oxonia (Ácido Peroxiacético) concentrado al 0,3%.

Tabla 52: Planificación detallada de las actividades del plan de implementación

	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Recursos
1	**Romper Pared para permitir el paso de equipos**	**3 días**		Contratista de estructura
2	**Instalar Colocadora de Asas**	**1.5 días**		
3	Ubicar Maquina en la zona establecida	1 día		Contratista Movilizacion de Equipos
4	Instalar sistema eléctrico	1 día		Especialista de Automatizacion,Tecnico Electricista 1
5	Instalar sistema neumático	1 día		Tecnico Mecanico 1
6	Instalar Cadenas transportadoras	1 día		Contratista De montaje de Vias,Tecnico Mecanico 2
7	Realizar Pruebas	0.5 días	3,4,5,6	Especialista Produccion
8	**Instalar Llenadora**	**2 días**		
9	Ubicar Maquina en la zona establecida	1 día		Contratista Movilizacion de Equipos
10	Instalar Alimentación de agua de manantial	1 día		Contratista Tuberias
11	Instar Alimentación Agua de servicio	1 día		Contratista Tuberias,Tecnico Mecanico 1
12	Instalar Sistema Eléctrico	1.5 días		Especialista de Automatizacion,Tecnico Electricista 2
13	Instalar sistema Neumático	1 día		Tecnico Mecanico 2
14	Instalar Vías Aéreas	1 día		Contratista De montaje de Vias,Tecnico Mecanico 1
15	Realizar Pruebas Micro-Biologicas	0.3 días		Analista de Calidad
16	Realizar Pruebas	1 día	10,11,12,13,14,15	Especialista Produccion
17	**Instalar Rinser**	**2 días**		
18	Ubicar Maquina en la zona establecida	1 día		Contratista Movilizacion de Equipos
19	Instalar Alimentación Agua de servicio	1 día		Contratista Tuberias,Tecnico Mecanico 1
20	Instalar Sistema Eléctrico	1.5 días		Especialista de Automatizacion,Tecnico Electricista 1,Tecnico Electricista 2
21	Instalar sistema Neumático	1 día		Tecnico Mecanico 1
22	Instalar Vías Aéreas	1.2 días		Contratista De montaje de Vias,Tecnico Mecanico 2
23	Realizar Pruebas Micro-Biologicas	0.3 días		Analista de Calidad
24	Realizar Pruebas	0.5 días	18,19,20,21,22,23	Especialista Produccion
25	**Instalar Empaquetadora**	**3 días**		
26	Ubicar Maquina en la zona establecida	1 día		Contratista Movilizacion de Equipos
27	Instalar sistema Neumático	1 día		Tecnico Mecanico 2
28	Instalar sistema eléctrico	2 días		Especialista de Automatizacion,Tecnico Electricista 1
29	Instalar cadenas transportadoras	2 días		Contratista De montaje de Vias,Tecnico Mecanico 1
30	Realizar Pruebas	1 día	26,27,28,29	Especialista Produccion
31	**Instalar Paletizador**	**2.75 días**		
32	Conectar banda transportadora de L3 a L4	0.75 días		Contratista De montaje de Vias,Especialista Produccion
33	Configurar la programación del Paletizador de L4	1.13 días		Especialista de Automatizacion
34	Realizar Pruebas	0.75 días	32,33	Especialista de Automatizacion,Especialista Produccion
35	Se realizan Pruebas Finales	1 día	2,8,17,25,31	Gerente De envasado
36	**Charlas con los operarios de L3 para instruirlos en la nueva configuración**	**3 días**	35	
37	**Instalar Lavamanos**	**0.2 días**		Tecnico Mecanico 1

Fuente: elaboración Propia

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

A partir de lo estudiado del proceso de envasado de botellas en presentación de 5 lts mediante el uso de las técnicas de observación directa, entrevistas no estructuradas y análisis de datos de los registros de la empresa, se encontró:

- En la Distribución de Línea actual existe un tiempo de ocio promedio de 85%, lo cual se considera que la distribución es deficiente. Sin embargo, presenta una eficacia de 75% por lo que la línea no está produciendo el 100% de las botellas en un tiempo efectivo.
- Las operaciones manuales son las que poseen un tiempo de ciclo menor, específicamente el paletizado con un tiempo de ciclo 3,57 Segundos/Botellas, generando el cuello de botella.

Una vez detectados los tiempos de ocio presentes en los puestos de trabajo de la línea se presentó, propuestas para los procesos manuales, así como se caracterizaron la máquinaria nueva y se concluyó lo siguiente:

- El tiempo de ciclo de la llenadora y empaquetadora se reduciría un 295% y 264% respectivamente.
- En cuanto al despaletizaje se propuso un sistema semiautomático y el tiempo de ciclo se reduciría 24%.
- La estación de colocación de asas se compararon dos propuestas la cual gano la implementación de una máquina la cual tiene un tiempo de ciclo de 0.5 Minutos/Botellas.
- El paletizado se realizó un cruce de línea entre L3 y L4 debido a que esta ultima su demanda es baja, y el paletizaje de L3 reduciría su tiempo de ciclo en 87%.

Posteriormente se contemplaron dos propuestas para una nueva distribución, no pudieron contemplar más opciones ya que el espacio es muy limitado y debido a

obstáculos como las columnas, de esas dos propuestas se escogió la opción 2 ya que es las menos costosa, debido a que se utiliza menos vías transportadoras, además el más cómoda para los operarios ya que poseen espacio suficiente para la movilizar la materia prima.

Una vez escogida la distribución se propone un plan para la implementación, determinándose que para ello se debe realizar los sábados y los domingos para no originar paradas no planificadas. Además, se detectaron actividades críticas que pueden atrasar el proyecto, como la instalación de tuberías tanto de agua de servicio como de agua de manantiales, ya que estas pueden afectar la inocuidad del producto, para controlar esta situación se tienen que realizar pruebas Micro-Biológicas a las tuberías y a las máquinas, de manera que en caso de detectar algún microorganismo, atacarlos con agentes químicos como el oxonia (Ácido Peroxiacético) al 0,3%, el cual se encuentra disponible en el inventario de consumibles de la empresa.

6.2 Recomendaciones

Con el fin de alcanzar mejoras posteriores en el proceso productivo a través de las alternativas planteadas, evaluando sus beneficios, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Realizar un estudio ergonómico ya que existen movimientos repetitivos en las operaciones de despaletizado y paletizado, comprometiendo zonas del cuerpo tales como espalda y cadera.
- Debido a que existe una gran cantidad de paradas adjudicadas al ausentismo laboral por distracciones en el puesto de trabajo, lo cual representa un 50% del total de paradas por fallas operacionales, se recomienda realizar campañas sobre la importancia de la responsabilidad en el puesto de trabajo además de realizar un estudio

de clima organizacional para evaluar variables tales como motivación, compromiso, cultura de trabajo entre otros factores.

- Realizar capacitación de los operarios ya que el 5% de las paradas originadas por fallas operacionales son por operación incorrecta de cualquiera de las máquinas pertenecientes a la línea, haciendo mención especial de la operación de la llenadora, considerando la importancia de este puesto no se dispone de un operario suficientemente especializado para esta máquina.
- Evaluar la gestión de mantenimiento ya que el 71% de las paradas no planificadas son debidas por fallas de mantenimiento correctivo.
- Evaluar la metodología de saneamiento ya que esto representa el 31% dentro de las paradas operacionales, esto debido a que no hay un estándar de tiempo que se deben llevar a cabo esta operación.
- Para la falta de insumos como tapas, se recomienda establecer un sistemas de luces que funciones con el sensor de la llenadora y colocadora de asas, el cual al detectar bajo nivel de tapas activar una luz en el Almacén de insumos la cual indique que se debe llevar insumos a la línea (cada línea por separada y con un código de colores para identificar el tipo de insumo) ya que para solicitar tapas se debe hablar primero con el supervisor encargado y luego este es quien le avisa al montacarguista que busque las tapas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2012). *El Proyecto De Investigación.* Caracas: Episteme.

Eceizabarrena, J. (1995). *Instrumentos de la calidad total.* Madrid: Diaz de Santos.

Fernandez, S. (2002). *Estadistica Descriptiva .* Madrid: ESIC.

Groover, M. (1997). *Fundamentos de la manufactura moderna.* Mexico: Pearson educacion .

Guerrero, A. (2007). *Estadistica Basica.* Medellin: ITM.

Hernández, J. C. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación.* Madrid.

Hodson, W. (1997). *Maynard. Manual del Ingeniero Industrial.* Mexico: MCGRAW-HILL.

Hurtado, J. (2000). *Metodologia de investigacion holistica.* Mexico: Quiron Sypal.

krajewsky, L. (2000). *Administracion de operaciones, estrategia y analisis, 5ta edicion .* Mexico: Pearson Educacion .

Lapeña, M. R. (1990). *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales .* Barcelona: Marcombo S.A.

Matthew, S. (2006). *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales.* Pearson Educacion.

Niebel, B. W. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.* Mexico: Mc Graw Hill.

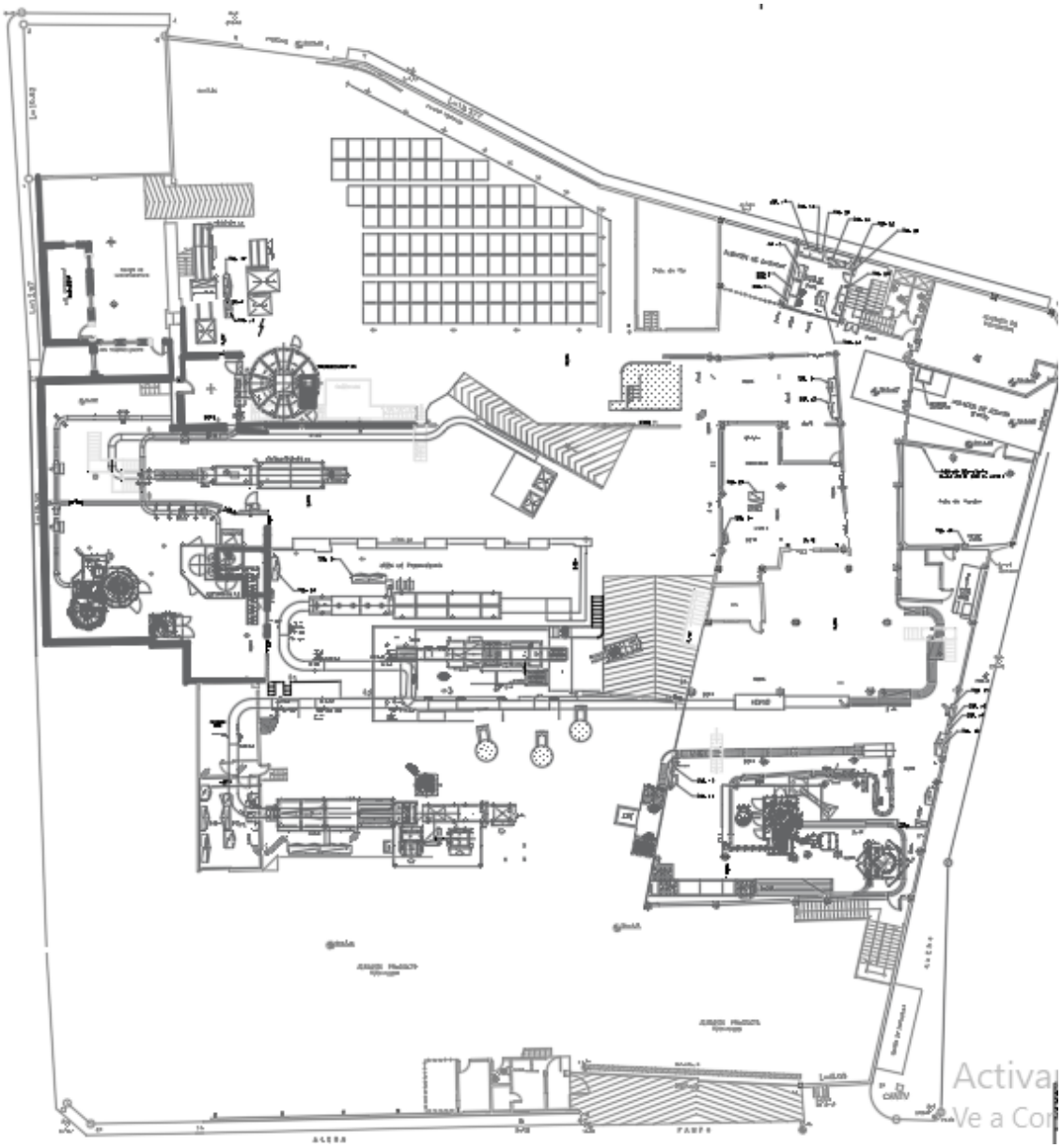
RAE. (s.f.). *Real Academia Española*. Obtenido de http://www.rae.es/

Sapli. (2019). *Direct Industry*. Obtenido de Direct Industry: http://pdf.directindustry.es/pdf/sapli/15-nha1-colocadora-asas-botellas-esp/191183-766457.html

Suñé, A. (2004). *Manual Practico de Diseño de Sistemas Productivos.* Madrid: Diaz de Santos.

ANEXOS

Anexo 1: Plano General de Planta San Pedro



Anexo 2: Paleta de botellas vacías de 5 lts

Anexo 2: Área de Envasado

Anexo 3: Equipos de L3

Despaletizado

Arrumador

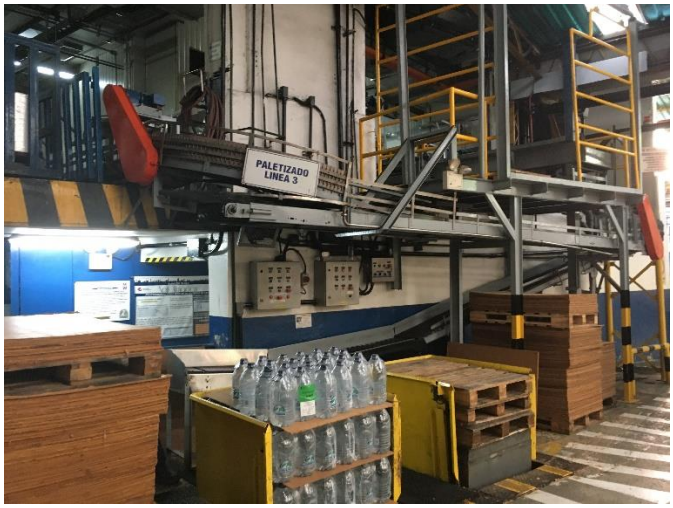
Llenadora

Tapadora

Codificador

Empaquetadora

Paletizado



Envolvedora SIAT

Anexo 4: Almacén de PT

Anexo 5: Almacén de paletas vacías

Anexo 6: Tiempos del proceso de Despaletizado

Observación	Cortar PoliStrech	Vaciar 1era Camada	Vaciar 2da Camada	Vaciar 3ra Camada	Vaciar 4ta Camada	Vaciar 5ta Camada	Vaciar 6ta Camada	Σ
1	283,20	21,78	10,38	9,68	9,65	10,08	10,59	355,36
2	284,36	20,80	10,36	9,78	8,48	9,50	8,75	352,03
3	283,55	22,58	9,99	9,58	8,99	8,54	7,23	350,46
4	290,15	21,85	9,87	10,01	9,64	10,90	9,24	361,66
5	277,98	21,60	9,67	9,99	8,74	7,23	8,25	343,46
6	289,59	19,98	9,63	9,48	9,06	8,99	9,04	355,77
7	291,45	20,01	9,34	9,78	7,99	5,68	6,54	350,79
8	293,49	20,70	10,01	9,68	8,56	10,01	7,88	360,33
9	283,66	21,01	9,68	10,21	9,63	8,68	8,56	351,43
10	288,69	23,45	10,10	10,36	8,78	7,09	7,56	356,03
11	296,77	22,75	10,45	10,25	9,06	9,85	8,55	367,68
12	288,63	21,78	9,56	10,01	7,87	7,63	7,69	353,17
13	277,52	21,98	9,78	9,26	8,64	5,69	8,55	341,42
14	256,53	20,87	10,02	9,69	9,69	9,65	8,73	325,18
15	257,55	22,68	10,11	9,87	8,48	8,45	9,36	326,50
16	279,69	20,97	9,78	10,03	7,59	7,65	5,99	341,70
17	267,78	21,33	9,62	9,77	8,56	8,58	7,46	333,10
18	277,69	22,10	9,64	10,22	8,46	8,69	8,00	344,80
19	258,36	20,14	10,03	9,86	7,87	7,56	7,23	321,05
20	303,02	21,97	9,74	9,68	8,52	8,69	10,25	371,87
21	270,66	21,36	9,72	9,48	8,00	10,08	9,14	338,44
22	259,78	21,75	9,99	10,36	7,96	10,58	7,99	328,41
23	268,22	21,45	10,01	9,77	9,68	9,50	6,56	335,19
24	278,69	20,96	10,33	9,76	7,56	8,56	8,05	343,91
25	260,70	20,33	10,22	10,68	8,99	10,02	9,65	330,59
26	267,33	21,99	9,98	8,69	8,45	7,25	7,88	331,57
27	270,02	21,64	10,14	10,06	8,63	9,99	8,51	338,99
28	269,99	22,30	9,77	9,09	7,06	8,65	7,25	334,11
29	270,52	20,86	9,78	10,50	6,89	7,65	9,98	336,18
30	259,35	22,33	9,65	10,25	9,68	9,87	7,45	328,58
31	265,00	22,47	9,88	8,99	8,02	8,68	7,02	330,06
32	290,98	21,63	9,48	9,23	8,69	9,74	9,47	359,22
33	279,55	23,02	10,37	10,66	7,22	9,89	7,69	348,40
34	277,63	21,45	9,78	10,10	9,68	8,56	7,99	345,19
35	260,33	21,65	9,85	9,99	7,99	7,25	6,26	323,32
36	259,36	20,99	9,74	9,87	9,25	8,99	7,68	325,88
37	278,36	23,67	9,88	8,78	8,46	7,89	7,89	344,93
38	290,69	20,50	10,20	9,55	7,00	6,88	6,87	351,69
39	323,21	21,63	9,75	9,99	9,69	9,65	9,65	393,57
40	288,63	22,58	9,83	9,98	6,69	6,99	7,45	352,15
41	259,45	23,68	9,74	10,02	9,69	8,56	8,59	329,73
42	267,33	19,87	9,45	9,45	6,48	7,58	6,48	326,64
43	270,00	22,99	10,30	9,68	10,20	9,23	9,77	342,17
44	291,56	20,03	9,60	8,90	8,69	7,33	7,55	353,66
45	300,88	21,36	10,09	10,40	10,23	10,41	10,55	373,92
46	275,15	21,06	9,62	9,59	7,66	6,78	6,17	336,03
47	267,46	19,65	9,82	10,00	8,45	12,01	10,01	337,40
48	300,06	22,40	9,78	9,45	7,53	8,56	9,59	367,37
49	265,25	21,30	9,99	9,14	10,23	9,22	9,02	334,15
50	259,99	21,56	9,30	9,22	6,05	7,02	6,85	319,99
Promedio	277,52	21,58	9,88	9,78	8,50	8,65	8,21	344,10
Des.est.	14,61	0,99	0,27	0,46	1,02	1,34	1,20	15,42
Coef.var	5%	5%	3%	5%	12%	16%	15%	4%
Moda	288,63	21,78	9,78	9,68	9,69	8,56	7,23	355,35
Mediana	277,66	21,62	9,83	9,78	8,54	8,67	8,00	342,82
Min	256,53	19,65	9,30	8,69	6,05	5,68	5,99	319,99
Max	323,21	23,68	10,45	10,68	10,23	12,01	10,59	393,57

Anexo 7: Tiempos de la Llenadora

hora	10:30	12:05	3:15	9:00
1	3,50	3,15	3,04	2,45
2	3,04	2,96	3,15	2,56
3	3,13	2,70	2,80	2,69
4	2,42	2,73	2,98	2,78
5	2,79	2,86	3,50	2,73
6	3,63	3,00	3,01	3,06
7	2,79	2,89	2,78	3,11
8	2,54	2,86	2,96	2,45
9	2,33	2,96	2,60	2,69
10	3,39	2,84	3,70	2,60
11	2,96	2,78	2,50	3,15
12	2,99	3,03	2,33	2,56
13	2,70	2,57	2,74	2,80
14	2,82	3,05	3,07	2,60
15	2,97	2,76	2,95	3,22
16	2,85	2,86	2,72	3,01
17	2,80	2,67	2,56	3,00
18	2,72	3,06	3,03	2,97
19	2,93	2,79	2,60	2,99
20	2,77	2,95	2,15	2,45
21	2,66	2,93	2,85	2,87
22	2,89	2,56	2,03	2,98
23	3,17	3,24	3,06	3,04
24	2,96	2,59	3,20	3,22
25	2,83	2,86	2,45	3,05
26	2,57	3,07	3,25	3,25
27	3,13	2,86	2,89	2,98
28	2,88	2,96	2,74	2,78
29	2,79	3,03	2,65	3,05
30	3,24	2,72	3,05	3,15
31	2,83	2,94	3,05	3,23
32	2,66	2,85	2,65	3,30
33	2,74	2,77	2,47	2,98
34	3,24	2,89	2,98	2,78
35	2,60	2,74	2,78	2,69
36	2,83	3,16	2,36	2,88
37	2,90	2,90	3,45	3,01
38	2,90	2,99	3,15	2,99
39	2,86	2,70	2,96	2,86
40	2,95	2,70	2,48	3,02
41	2,77	2,99	2,22	3,15
42	2,90	2,76	3,68	2,78
43	2,52	3,13	3,06	2,85
44	3,20	2,84	2,33	3,01
45	2,30	2,66	3,33	2,98
46	3,46	3,06	2,79	2,93
47	2,99	2,79	2,64	3,06
48	3,11	2,81	2,78	2,58
49	2,86	2,86	2,87	3,15
50	2,66	2,95	3,22	2,71
Total Seg	144,47	143,78	142,59	145,18
Total Min	2,41	2,40	2,38	2,42
Promedio	2,89	2,88	2,85	2,90
BPM	21	21	21	21
Des.est.	0,28	0,16	0,37	0,23
Coef.var	10%	5%	13%	8%
Moda	2,79	2,86	2,78	2,78
Mediana	2,86	2,86	2,86	2,98
Min	2,30	2,56	2,03	2,45
Max	3,63	3,24	3,70	3,30

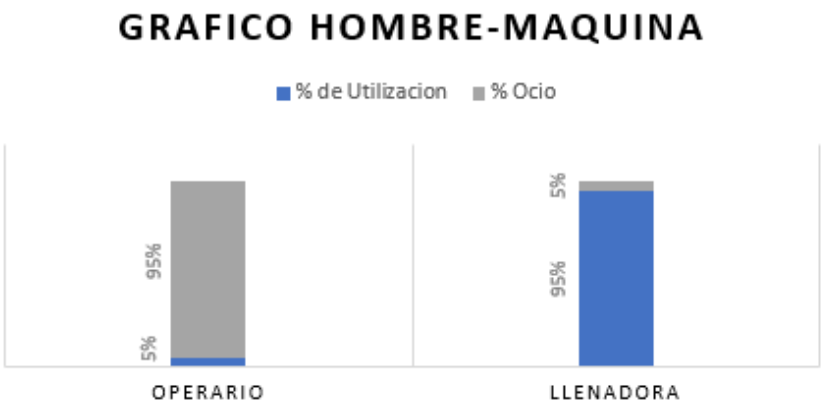
Anexo 8: Diagrama Hombre-Máquina de la llenadora

Diagrama Hombre maquina Proceso: Llenado + Tapado					
Operario			Llenadora / Tapadora		
Actividad	Tiempo		Actividad	Tiempo	
Llenar tapas en la tolva	243,12		Inactividad	243,12	
Inactividad	4636,2		Operación (hasta que se agoten)	4636,2	

Anexo 9: Resultados del Diagrama Hombre-Máquina

Tipo	Tiempo de Ciclo	Tiempo de Accion	Tiempo de Inactividad	% de Utilizacion	% Ocio
Operario	4879,32	243,12	4636,20	5%	95%
Llenadora	4879,32	4636,20	243,12	95%	5%

Anexo 10: Grafico Hombre-Máquina



Anexo 11: Tiempos de la Empaquetadora

Hora	10:20	11:40	2:30	8:25
1	5,10	5,23	5,13	5,12
2	5,76	5,75	5,53	5,56
3	5,68	5,41	5,22	6,02
4	5,88	6,02	5,96	4,99
5	5,72	5,84	4,23	5,25
6	5,06	5,96	4,97	5,56
7	5,53	4,85	5,46	5,47
8	5,77	4,13	5,46	5,51
9	5,40	6,02	5,22	5,26
10	5,75	5,24	5,11	4,99
11	5,43	5,63	5,68	4,98
12	5,74	6,35	5,02	5,02
13	5,36	5,44	5,05	5,33
14	5,63	5,20	5,86	4,98
15	5,39	5,55	4,94	4,87
16	5,43	6,07	5,06	4,78
17	5,93	6,07	5,69	4,99
18	5,13	5,89	5,72	5,69
19	5,75	5,90	4,50	5,55
20	5,30	6,09	5,97	5,48
21	5,54	6,56	5,69	5,56
22	5,80	4,96	5,31	5,69
23	6,09	4,97	5,32	5,25
24	5,20	6,55	5,70	5,33
25	5,39	5,40	5,32	5,31
26	5,50	5,64	4,98	5,57
27	6,03	5,80	5,23	5,34
28	5,32	6,56	5,70	5,52
29	5,57	5,79	5,89	6,02
30	6,01	5,70	4,98	5,65
31	5,77	5,16	5,12	5,48
32	5,29	5,36	5,68	5,25
33	5,79	6,22	6,25	5,13
34	5,43	5,20	5,98	5,98
35	5,26	5,10	5,02	6,02
36	5,42	5,83	4,96	5,87
37	5,56	6,52	5,10	5,69
38	5,10	5,64	5,26	6,32
39	5,95	5,23	5,99	5,69
40	5,60	5,39	4,77	5,48
41	5,64	5,87	5,98	5,26
42	5,18	6,19	6,01	5,23
43	5,94	6,07	5,10	5,23
44	5,19	5,62	4,78	5,57
45	5,69	5,93	4,88	5,51
46	5,47	5,64	5,41	5,27
47	5,19	6,09	6,28	5,32
48	5,68	5,53	6,57	5,98
49	5,10	4,85	6,09	6,27
50	5,47	4,49	5,32	5,69
total seg	276,91	282,50	270,45	272,88
total min	4,62	4,71	4,51	4,55
promedio	5,54	5,65	5,41	5,46
PPM	10,83	10,6	11,09	10,99
BPM	21,7	21,2	22,2	22,0
Des.est.	0,28	0,53	0,49	0,36
Coef.var	5%	9%	9%	7%
Moda	5,1	6,07	5,32	5,69
Mediana	5,54	5,67	5,32	5,48
Min	5,06	4,13	4,23	4,78
Max	6,09	6,56	6,57	6,32

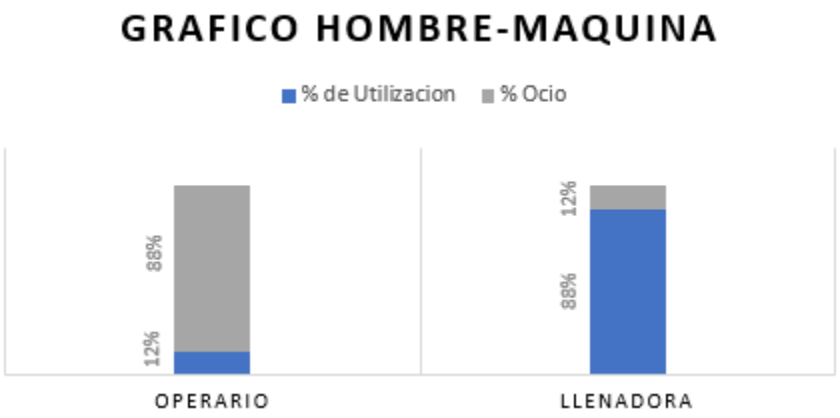
Anexo 12: Diagrama Hombre Máquina de la empaquetadora

Diagrama Hombre maquina Proceso: Empaquetado					
Operario			Llenadora / Tapadora		
Actividad	Tiempo		Actividad	Tiempo	
Cambiar plastico Termo Encogible	726,8		Inactividad	726,8	
Inactividad	5217,6		Operación (hasta que se agote)	5217,6	

Anexo 13: Resultados del Diagrama Hombre-Máquina

Tipo	Tiempo de Ciclo	Tiempo de Accion	Tiempo de Inactividad	% de Utilizacion	% Ocio
Operario	5944,40	726,8	5217,60	12%	88%
Llenadora	5944,40	5217,60	726,8	88%	12%

Anexo 14: Grafico Hombre-Máquina

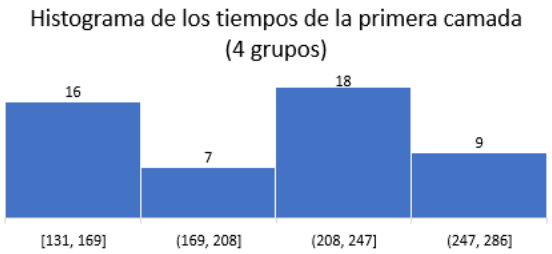


Anexo 15: Tiempos del Paletizado

Observación	1era Camada	2da Camada	3ra Camada	Fleje	Σ
1	224,77	237,59	263,09	10,17	735,62
2	280,55	207,60	266,28	9,06	763,49
3	171,27	170,56	279,57	10,26	631,66
4	207,65	258,69	167,68	15,03	649,05
5	167,68	208,56	179,36	9,26	564,86
6	218,69	207,68	232,57	9,99	668,93
7	238,98	216,52	145,36	10,45	611,31
8	218,67	165,50	156,54	12,07	552,78
9	258,30	158,68	214,02	9,63	640,63
10	216,68	164,58	207,07	10,68	599,01
11	238,23	218,68	221,69	9,26	687,86
12	162,00	147,99	294,68	8,21	612,88
13	205,68	238,23	277,60	10,36	731,87
14	165,60	175,33	256,00	11,26	608,19
15	182,69	200,98	133,14	14,68	531,49
16	187,59	130,58	236,62	10,26	565,05
17	162,02	258,68	262,47	9,25	692,42
18	174,69	217,58	285,22	15,24	692,73
19	205,60	237,89	290,68	10,25	744,42
20	234,80	258,50	290,19	9,68	793,17
21	237,28	262,80	258,91	9,36	768,35
22	135,98	130,59	177,68	9,35	453,60
23	235,69	241,21	267,56	9,23	753,69
24	134,58	134,26	156,68	10,25	435,77
25	130,69	156,25	141,32	10,91	439,17
26	140,69	131,25	184,80	10,36	467,10
27	147,69	155,65	154,50	9,84	467,68
28	130,69	137,56	144,57	10,35	423,17
29	240,98	234,59	171,36	9,65	656,58
30	249,05	240,95	159,57	10,23	659,80
31	237,65	141,68	146,35	9,35	535,03
32	135,68	245,26	231,27	12,03	624,24
33	134,15	134,26	146,35	11,24	426,00
34	234,69	239,01	255,98	9,10	738,78
35	158,68	233,13	218,68	14,36	624,85
36	145,62	177,89	177,69	13,24	514,44
37	266,58	162,41	167,85	12,54	609,38
38	235,68	139,58	288,68	9,88	673,82
39	140,69	130,57	218,51	9,68	499,45
40	238,69	140,59	191,54	10,47	581,29
41	285,69	184,36	203,54	15,36	688,95
42	240,98	150,27	144,69	9,01	544,95
43	239,68	144,57	222,62	9,27	616,14
44	262,58	157,13	141,21	12,01	572,93
45	259,68	187,11	147,65	9,68	604,12
46	244,68	150,57	159,87	10,01	565,13
47	147,69	134,57	165,23	15,68	463,17
48	262,48	183,24	159,87	13,54	619,13
49	216,57	209,57	247,69	12,24	686,07
50	260,48	190,36	150,57	13,25	614,66
Promedio	205,08	186,83	205,25	10,93	608,10
Des.est.	47,30	43,25	52,20	1,94	98,92
Coef.var	23%	23%	25%	18%	16%
Moda	130,69	134,26	146,35	9,68	420,98
Mediana	217,68	180,57	197,54	10,26	613,77
Min	130,69	130,57	133,14	8,21	423,17
Max	285,69	262,80	294,68	15,68	793,17
Q1	162,005	148,56	157,4025	9,635	546,9075
Q3	239,505	229,5175	255,995	12,025	683,0075
IQR	77,5	80,9575	98,5925	2,39	136,1
LS	355,755	350,95375	403,88375	15,61	887,1575
LI	45,755	27,12375	9,51375	6,05	342,7575

Anexo 16: Análisis de operación: "Colocar Primera camada"

Histograma de Frecuencia con 4 grupos

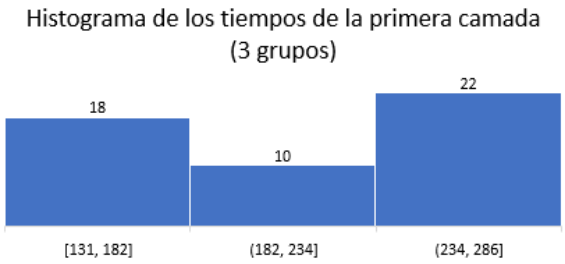


Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados

L_i	L_s	M_i	F_i	$M_i * F_i$	$F_i * (M_i - \bar{X})^2$
131	169	150	16	2.400	47.106
169	208	188,5	7	1.320	1.739
208	247	227,5	18	4.095	9.722
247	286	266,5	9	2.399	34.864
		Suma	50	10.213	93.431

Promedio	204,26
Varianza	1.906,76
Desviacion	43,67
CV	21%

Histograma de Frecuencia con 3 grupos

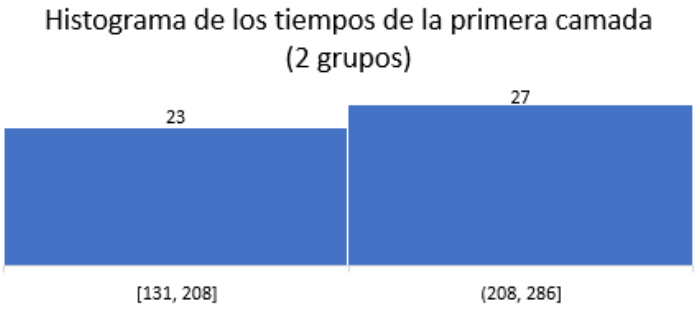


Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados

L_i	L_s	M_i	F_i	$M_i * F_i$	$F_i * (M_i - \bar{X})^2$
131	182	156,5	18	2.817	56.126
182	234	208	10	2.080	188
234	286	260	22	5.720	49.972
		Suma	50	10.617	106.287

Promedio	212,34
Varianza	2.169,12
Desviacion	46,57
CV	22%

Histograma de Frecuencia con 2 grupos



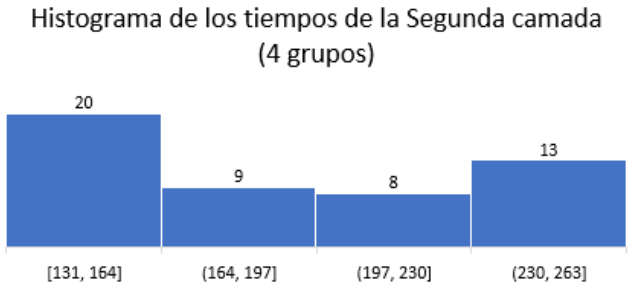
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados

L_i	L_s	M_i	F_i	$M_i * F_i$	$F_i * (M_i - \bar{X})^2$
131	208	169,5	23	3.899	40.283
208	286	247	27	6.669	34.315
		Suma	50	10.568	74.598

Media	211,35
Varianza	1.522,40
Desviacion	39,02
CV	18%

Anexo 17: Análisis de operación: "Colocar segunda camada"

Histograma de Frecuencia con 4 grupos

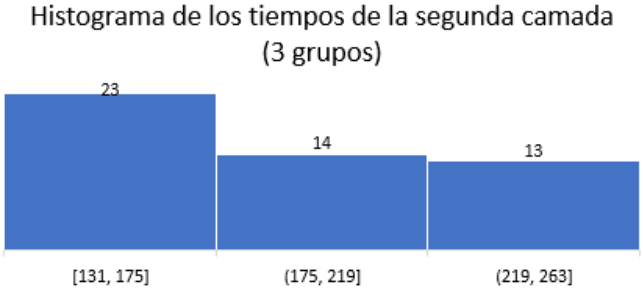


Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados

L_i	L_s	M_i	F_i	$M_i * F_i$	$F_i * (M_i - \bar{x})^2$
131	164	147,5	20	2.950	35.684
164	197	180,5	9	1.625	768
197	230	213,5	8	1.708	4.516
230	263	246,5	13	3.205	41.882
		Suma	50	9.487	82.851

Promedio	189,74
Varianza	1.690,84
Desviacion	41,12
CV	22%

Histograma de Frecuencia con 3 grupos

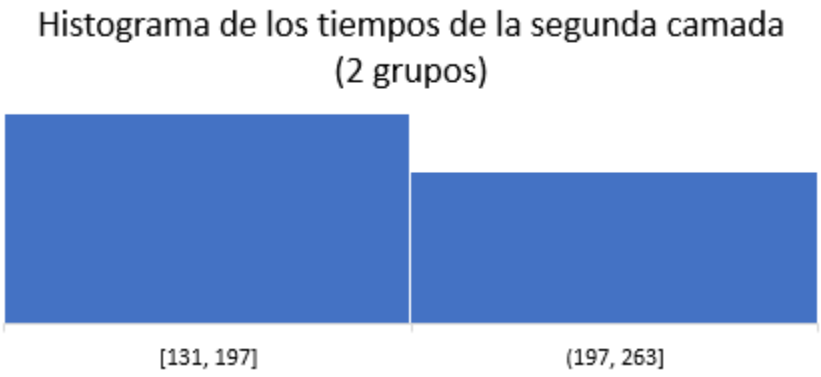


Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados

L_i	L_s	M_i	F_i	$M_i * F_i$	$F_i * (M_i - \bar{X})^2$
131	175	153	23	3.519	28.498
175	219	197	14	2.758	1.084
219	263	241	13	3.133	36.242
		Suma	50	9.410	65.824

Promedio	188,20
Varianza	1.343,35
Desviacion	36,65
CV	19%

Histograma de Frecuencia con 2 grupos



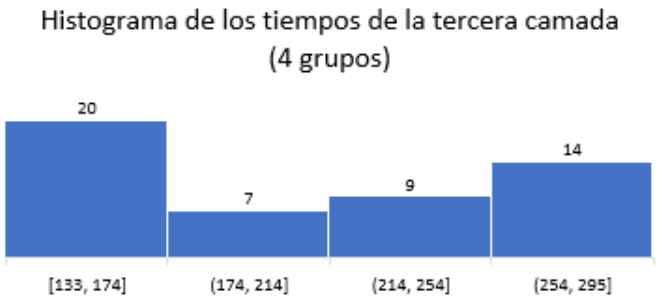
Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados

L_i	L_s	M_i	F_i	$M_i * F_i$	$F_i * (M_i - \bar{X})^2$
131	197	164	29	4.756	22.284
197	263	230	21	4.830	30.773
		Suma	50	9.586	53.056

Promedio	191,72
Varianza	1.082,78
Desviacion	32,91
CV	17%

Anexo 18: Análisis de operación: "Colocar tercera camada"

Histograma de Frecuencia con 4 grupos

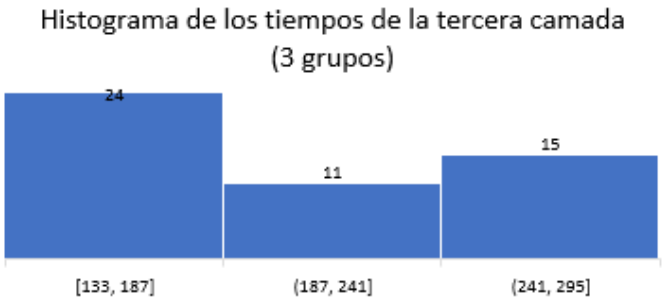


Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados

L_i	L_s	M_i	F_i	$M_i * F_i$	$F_i * (M_i - \bar{X})^2$
133	174	153,5	20	3.070	58.406
174	214	194	7	1.358	1.283
214	254	234	9	2.106	6.301
254	295	274,5	14	3.843	62.771
		Suma	50	10.377	128.762

Promedio	207,54
Varianza	2.627,79
Desviacion	51,26
CV	25%

Histograma de Frecuencia con 3 grupos

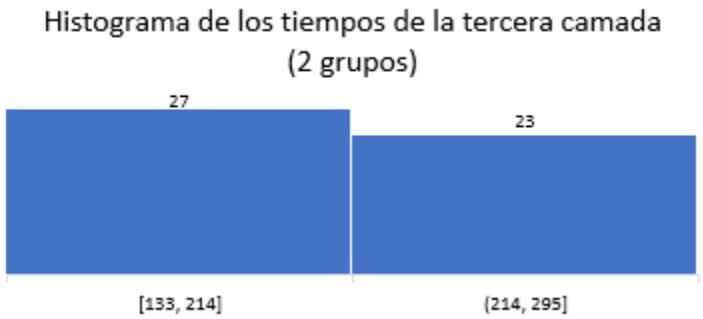


Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados

L_i	L_s	M_i	F_i	$M_i * F_i$	$F_i * (M_i - \bar{X})^2$
133	187	160	24	3.840	47.057
187	241	214	11	2.354	1.039
241	295	268	15	4.020	60.904
		Suma	50	10.214	109.000

Promedio	204,28
Varianza	2.224,49
Desviacion	47,16
CV	23%

Histograma de Frecuencia con 2 grupos



Media, varianza, y desviación estándar de los datos agrupados

L_i	L_s	M_i	F_i	$M_i * F_i$	$F_i * (M_i - \bar{X})^2$
133	214	173,5	27	4.685	37.484
214	295	254,5	23	5.854	44.003
		Suma	50	10.538	81.488

Promedio	210,76
Varianza	1.663,01
Desviacion	40,78
CV	19%

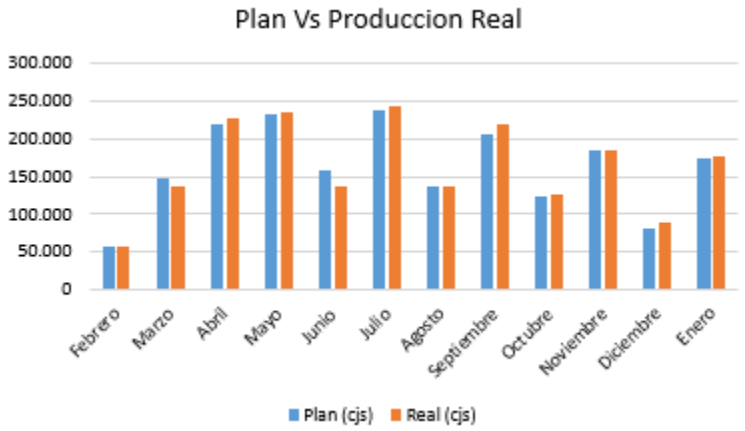
Anexo 19: Tiempo entre llegadas de paquetes al paletizado

	Tiempo	Unidad	Tiempo	Unidad
Tiempo de llegada entre Paquetes	0,045	Minutos	2,73	Segundos
Tiempo Estandar Paletizar	12,50	Minutos	750	Segundos

Anexo 20: Suplementos

Estacion de trabajo	Actividades	%Fijo	Uso de la Fuerza			Total
			Peso (Kg)	Peso (Lb)	%	
Despaletizador	Cortar Polistrech	16%	-			16%
	Retirar marco	16%	2	4	0%	16%
	Vaciar camada	16%	2	4	0%	16%
Llenador	Suministrar tapas en la tolva	16%	9	20	3%	19%
Empaquetador	Cambiar Rollo Termo Encogible	16%	26	57	13%	29%
Paletizador	Colocar Paquetes en la paleta	16%	10	22	4%	20%
	Colocar fleje	16%				16%

Anexo 21: Plan de Producción de L3

Mes	Año	Plan (cjs)	Real (cjs)
Febrero	2018	58.000	58.260
Marzo	2018	148.921	137.235
Abril	2018	218.922	225.969
Mayo	2018	233.178	236.411
Junio	2018	157.128	136.940
Julio	2018	239.000	242.374
Agosto	2018	136.000	137.493
Septiembre	2018	207.337	219.970
Octubre	2018	125.000	126.096
Noviembre	2018	183.934	185.437
Diciembre	2018	82.380	88.358
Enero	2.019	174.181	176.900

Anexo 22: Grafico comparativo plan vs producción real