

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio Ciencias e Ingeniería

**Transformación, cambios y renovación con visión a futuro: Cómo el
correcto manejo de materiales en Aymesa S.A. puede ayudar a mitigar el
uso innecesario de recursos**

Diego Valdez

Diego Guilcapi, MSc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Industrial

Quito, Diciembre de 2014

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio Ciencias e Ingeniería**

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Transformación, cambios y renovación con visión a futuro: Cómo el
correcto manejo de materiales en Aymesa S.A. puede ayudar a mitigar el
uso innecesario de recursos**

Diego Valdez

Diego Guilcapi, MSc.
Director de Tesis

.....

Danny Navarrete, MSc.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Pablo Dávila, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Ximena Córdova, Ph.D.
Decana del Colegio de
Ciencias e Ingeniería

.....

Quito, Diciembre de 2014

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Diego Valdez

C. I.: 1716111578

Fecha:

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado a mi familia.

Gracias por todo el apoyo y cariño

Marcelo, Virginia y Anita.

Los llevo siempre conmigo

Agradecimiento

Agradezco a mi director de tesis Diego Guilcapi por siempre apoyarme y guiarme durante todo este proyecto. A Aymesa S.A. especialmente a José Paez, Carlos Baldeón y Romel Catota por brindarme la apertura en la empresa. A mis padres y hermana por siempre estar conmigo en todo momento. Gracias

Resumen

El presente trabajo de titulación trata acerca de la situación actual, evaluación operativa y generación de propuestas en cuanto al manejo de materiales en la empresa de ensamblaje automotriz Aymesa S.A. El estudio en primer término analiza el estado actual de las operaciones conjuntamente con los problemas críticos a ser mejorados utilizando herramientas de ingeniería industrial. En base a los resultados obtenidos, se realizan las mediciones de tiempo pertinentes mediante el uso de la simulación a fin de tener una línea base y así poder comparar a futuro la mejora obtenida luego de aplicar las propuestas generadas. Como paso siguiente, se proponen mejoras a nivel operativo que luego de ser aplicadas podrán resultar en mejoras significativas reduciendo potencialmente la utilización de recursos a la mitad especialmente en el proceso de distribución de materiales. Adicionalmente, se podrá mejorar la utilización y organización del espacio y beneficiando al proceso de manejo de materiales durante un eventual incremento de productividad

Abstract

This paper discusses the current situation, operational assessment and generation of proposals regarding the handling of materials in automotive assembly company, Aymesa S.A. In first instance, the study examines the current status of operations in conjunction with the critical problems to be improved using industrial engineering tools. Based on the results, relevant time measurements are performed using simulation in order to have a baseline so a comparison of future improvement can be performed after applying the generated proposals. As a next step, operational improvements are made which after being applied may result in significant improvements potentially reducing resource use by half, especially in the process of distribution of materials, improving the use and organization of space and benefiting the materials management process for any increase in productivity.

Índice General

Capítulo 1	17
Introducción y Objetivos	17
1.1. Introducción	17
1.2. Descripción de la empresa	18
1.3. Justificación del problema	19
1.4. Objetivo general.....	20
1.5. Objetivos específicos	20
1.6. Detalle de la metodología a emplearse	20
1.7. Revisión Literaria.....	22
Capítulo 2	26
Marco Teórico	26
2.1. Manejo de materiales	26
2.2. Almacenamiento	26
2.3. Políticas de almacenamiento.....	27
2.4. Levantamiento de Procesos.....	27
2.5. Diagramación de procesos	28
2.5.1. Diagrama de flujo de procesos	28
2.5.2. Diagrama de la cadena de valor	29
2.5.3. Diagramas causa y efecto.....	30
2.5.4. Diagrama de Pareto	31
2.5.5. Diagramas Espaguetti.....	32
2.6. Enfoque 4W y 1H	33
2.7. Cuello de botella	33
2.8. Matriz de valor agregado	34
2.9. Números aleatorios	36
2.10. Sistemas de consolidación de órdenes	37
2.11. Medición del trabajo	38
2.11.1. Tamaño de muestra.....	39
2.11.2. Estudio de tiempos.....	39
2.11.3. Fracción de equipo.....	42
2.12. Métodos de recolección de pedidos	43
2.13. Costos de mantenimiento de inventarios	44

2.14. BOM (Bill of Materials) de materiales	45
2.15. Asignación de ubicaciones a material.....	46
2.16. Picking de órdenes	47
2.17. Simulación	48
2.17.1. Tipos de simulación.....	49
2.17.2. Componentes de un modelo de simulación	49
2.17.3. Medidas de desempeño en una simulación.....	50
2.17.4. Módulos del software de simulación Arena	50
2.17.5. Pruebas de bondad de ajuste.....	51
2.18. Muestreo de aceptación.....	53
2.19. Prueba t de dos muestras.....	53
2.20. Prueba no paramétrica Mann-Whitney	55
2.20.1. Independencia de muestras.....	55
Capítulo 3	57
3.1. Descripción de la situación actual de la bodega de ensamblaje final	57
3.1.1. Descripción de las zonas manejadas en el sistema de almacenamiento actual	57
3.1.2. Descripción general de las operaciones manejadas en el sistema de almacenamiento actual.....	61
3.1.3. Diagramas de flujo	65
3.1.4. Mapa de la cadena de valor	65
3.1.5. Descripción de carga unitaria y equipo de manejo de materiales	66
3.1.6. Descripción de los métodos de recolección de pedidos	68
3.1.7. Estándares y normas de calidad en los procedimientos de almacenamiento de inventario y distribución.	68
3.1.8. “Bill of materials” (BOM de materiales).....	69
3.2. Identificación de problemas en las operaciones de manejo de materiales.....	70
3.2.1. Problemas referentes a la línea productiva.....	70
3.2.2. Medición del espacio utilizado.....	77
3.2.3. Metodología 4W y 1H.....	79
3.2.4. Medición de tiempos	80
3.2.5. Diagrama de Espagueti.....	92
3.2.6. Costos de mantener inventario	94
3.2.7. Análisis de problemas críticos	96
Capítulo 4: Propuestas generadas para el manejo de materiales en Aymesa S.A.	102

4.1. Asignación de materiales a la bodega	102
4.2. Reubicación del supermercado del área de distribución en la línea productiva.....	109
4.2.1. Modelo de simulación para el proceso de distribución de materiales actual en Aymesa S.A.	113
4.2.1. Modificación de modelo de simulación para la distribución de materiales en Aymesa S.A.	133
4.2.2. Implicaciones de la propuesta	142
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones.....	144
5.1. Conclusiones	144
5.2. Recomendaciones.....	146
Referencias	149
ANEXOS	156
ANEXO 1: Estaciones ensamblaje final Aymesa S.A.	156
ANEXO 2: Layout planta ensamblaje final Aymesa S.A.	158
ANEXO 3: Diagramas de flujo de las operaciones manejadas en el sistema de almacenamiento actual	159
ANEXO 4: Bill of materials (listado de materiales)	170
ANEXO 5: tiempos promedio de cada estación y número de operarios.....	193
ANEXO 6: Cálculo de la estación cuello de botella	195
ANEXO 7: Matriz de valor agregada para la distribución de material	197
ANEXO 8: Alertas del sistema ANDON de Aymesa S.A.	199
ANEXO 9: Utilización de espacio por cada zona	208
ANEXO 10: Tiempos recolectados de las actividades.....	210
ANEXO 11: Detalle del tiempo de cada operación	217
ANEXO 12: Tabla de costos relacionados con el mantenimiento de inventario	221
ANEXO 13: Datos de producción de los últimos seis meses en Aymesa S.A.	222
ANEXO 14: Planteamiento del modelo en Solver de Excel ®.....	223
ANEXO 15: Resolución del modelo de asignación de ubicaciones en Open Solver ®	238
ANEXO 16: Tiempos recolectados para la simulación y número de piezas por reposición para cada estación.....	261
ANEXO 17: Pruebas de independencia	278
ANEXO 18: Salidas del software <i>input analyzer</i>	281
ANEXO 19: modelo completo en Arena para la distribución de materiales en Aymesa S.A.	298

ANEXO 20: Tiempos adicionales recolectados para la validación del modelo de simulación	300
ANEXO 21: Pruebas de normalidad y diferencia de medias para datos observados y simulados.....	304
ANEXO 22: Datos obtenidos para número de réplicas de cada estación	305
ANEXO 23: Datos obtenidos para tiempo en sistema y pruebas de normalidad.....	306
ANEXO 24: Datos obtenidos para utilización y pruebas de normalidad.....	322

Índice de tablas

Tabla 1: Símbolos ANSI para Diagrama de Flujo.....	28
Tabla 2: Posibles combinaciones entre actividades que agregan valor y actividades necesarias	34
Tabla 3: simbología para diagrama de matriz de valor agregado.....	36
Tabla 4: Tabla de número aleatorios	37
Tabla 5: sistema de calificación de Westinghouse	41
Tabla 6: Número de cajas por modelo de vehículo	58
Tabla 7: Procesos combinados para la elaboración de flujogramas.....	65
Tabla 8: Equipo de manejo de materiales.....	67
Tabla 9: Resumen matriz valor agregado. Fuente: elaboración propia	74
Tabla 10: Número recomendado de ciclos de observación	83
Tabla 11: Formato para toma de tiempos de Apertura contenedores	84
Tabla 12: Formato para toma de tiempos de almacenamiento en estanterías y racks especiales o coches	85
Tabla 13: Formato para toma de tiempos de distribución a la línea.....	85
Tabla 14: Promedio de los tiempos medidos.....	86
Tabla 15: tiempo estándar por operación	88
Tabla 16: resumen de los tiempos requeridos vs. tiempos disponibles.....	89
Tabla 17: Fracción de equipo necesario para el manejo de materiales de Aymesa S.A.	91
Tabla 18: costos más representativos en el manejo de materiales.....	94
Tabla 19: número de ubicaciones requeridas por cada producto. Elaboración propia	105
Tabla 20: cálculo de operaciones de manejo de materiales diarias en la bodega de CKD. Elaboración propia.....	106
Tabla 21: comparación de las tres metodologías de distribución de material. Adaptado de part supply of mixed-model assembly lines por Boysen y Emde, 2104.....	112
Tabla 22: tamaños de muestra para las estaciones bajo estudio. Elaboración propia	119
Tabla 23: número de réplicas para cada estación	129
Tabla 24: Comparación entre tiempo en sistema vs. tiempo tomado por transporte. Elaboración propia.....	132
Tabla 25: valores observados para el tiempo en sistema de T13. Elaboración propia.....	137
Tabla 26: frecuencias esperadas para el tiempo en sistema de T13. Elaboración propia.....	138
Tabla 27: cálculo del estadístico de prueba para tiempo en sistema de T13. Elaboración propia	138
Tabla 28: cálculo del estadístico de prueba para utilización T2. Elaboración propia	139

Tabla 29: cálculo del estadístico de prueba para utilización T8. Elaboración propia	139
Tabla 30: cálculo del estadístico de prueba para utilización T13. Elaboración propia	140
Tabla 31: cálculo del estadístico de prueba para utilización F10 y F11. Elaboración propia	140
Tabla 32: utilización por cada estación. Elaboración propia.....	142
Tabla 33: Estaciones pertenecientes al área de ensamblaje final	156
Tabla 34: Lista de materiales para modelo Sportage.....	170
Tabla 35: Lista de material para modelo Rio	178
Tabla 36: Lista de materiales modelo Cerato	185
Tabla 37: tiempos promedio de las estaciones de ensamblaje final	193
Tabla 38: Cálculo de la estación cuello de botella.	195
Tabla 39: Matriz de valor agregado. Fuente: elaboración propia.....	197
Tabla 40: Alertas sistema Andon	199
Tabla 41: utilización de espacio para área de distribución.....	208
Tabla 42: Utilización de espacio almacenamiento de partes locales.....	209
Tabla 43: Utilización de espacio almacenamiento de CKD.....	209
Tabla 44: Tiempos para proceso de apertura de material	211
Tabla 45: tiempos medidos en proceso de almacenamiento en estanterías.....	212
Tabla 46: Tiempos observados para la distribución a la línea.....	214
Tabla 47: tiempos observados para operaciones de manejo de materiales	215
Tabla 48: Detalle del tiempo para cada operación del manejo de materiales	218
Tabla 49: Costos del mantenimiento de inventario - bodega ensamblaje final Aymesa S.A.	221
Tabla 50: cantidades producidas en los últimos seis meses. Elaboración propia.....	222
Tabla 51: datos utilizados para el planteamiento del modelo. Elaboración propia	223
Tabla 52: solución del modelo matemático de ubicaciones con OpenSolver. Elaboración propia.....	238
Tabla 53: tiempos adicionales recolectados para T8 y T13. Elaboración propia	300
Tabla 54: tiempos recolectados para T8 y T13 mediante modelo simulación. Elaboración propia.....	302
Tabla 55: Tiempos en sistema obtenidos para el modelo actual. Elaboración propia.....	307
Tabla 56: tiempos en sistema para modelo propuesto. Elaboración propia	313
Tabla 57: Datos obtenidos para utilización de recursos modelo actual. Elaboración propia	322
Tabla 58: datos obtenidos para utilización de recursos modelo propuesto. Elaboración propia	327

Índice de Figuras

Figura 1: Fases de la metodología a implementarse. Elaboración propia.....	21
Figura 2: Cadena de Valor. Adaptado de proyecto final de Eficiencia Operacional y Nuevas Tecnologías, 2014. Elaboración propia	29
Figura 3: Diagrama de Causa y Efecto. Adaptado de Diagrama de Ishikawa por Smith, 2013	31
Figura 4: Diagrama de Pareto Empresa Textil. Elaboración propia	32
Figura 5: Diagrama de Espaguetti. Adaptado de Spaghetti Diagram Example: Health Department Administrative Office Flow por Bialek y Duffy, 2014.....	33

Figura 6: Diagrama de análisis de valor agregado. Adaptado de herramientas para el análisis y mejora de procesos por SFP, Gobierno Federal de México, 2008. Elaboración propia.....	35
Figura 7: Estructura cálculo de la explosión del BOM. Adaptado de Análisis de la producción y operaciones por Nahmias, 2007. Elaboración propia	46
Figura 8: Cadena de valor para el manejo de materiales de Aymesa S.A. Elaboración propia	66
Figura 9: Diagrama Pareto del tiempo que se demora cada estación de ensamblaje final. Elaboración propia.....	71
Figura 10: Diagrama de Pareto del tiempo promedio por segmento de línea	72
Figura 11: Gráfica de Pareto de alertas por modelo. Elaboración propia	75
Figura 12: Gráfica de Pareto de alertas por cada estación. Elaboración propia.....	76
Figura 13: Gráfica de Pareto por tipo de alerta. Elaboración propia.....	76
Figura 14: Diagrama de Espaguetti. Elaboración propia.	93
Figura 15: diagrama de causa y efecto para el problema de transporte excesivo. Fuente: Elaboración propia.....	97
Figura 16: Diagrama de causa y efecto para el problema de espacio sub-utilizado. Fuente: elaboración propia	99
Figura 17: Diagrama de causa y efecto para el problema de congestión del área de distribución. Fuente: Elaboración propia.....	100
Figura 18: parámetros para la identificación del material en la bodega de CKD. Elaboración propia	104
Figura 19: Diagrama de Pareto de las alertas en los segmentos de línea por falta de material. Elaboración propia.....	114
Figura 20: diagrama de Pareto de las alertas por falta de material solo estaciones Trim. Elaboración propia.....	115
Figura 21: diagrama de Pareto de las alertas por falta de material solo estaciones Final. Elaboración propia.....	116
Figura 22: Modelo simulación para estaciones Final 10 y Final 11. Elaboración propia	124
Figura 23: Modelo de simulación para Trim 2. Elaboración propia	126
Figura 24: número de órdenes recibidas al día en las estaciones bajo estudio. Adaptado de salida software Arena	130
Figura 25: órdenes de distribución por cada estación bajo estudio. Adaptado de salida de software Arena.....	130
Figura 26: tiempos en sistema para cada estación bajo estudio. Adaptado de salida de software Arena.....	131
Figura 27: utilización de los operarios para el proceso de distribución actual. Adaptado de la salida de software Arena.....	131
Figura 28: Salida de software Arena para tiempo en sistema de modelo de simulación modificado. Elaboración propia	134
Figura 29: Salida de software Arena para utilización de recursos de modelo de simulación modificado. Elaboración propia	134
Figura 30: Layout planta ensamblaje final. Elaboración propia	158
Figura 31: Diagrama de flujo proceso de importación de material CKD. Elaboración propia	159
Figura 32: Diagrama de flujo para control de inventario de partes locales y CKD en las estaciones de la línea productiva. Elaboración propia.....	160

Figura 33: Diagrama de flujo de control de inventario, pedido de CKD y recepción de CKD en planta. Elaboración propia	161
Figura 34: Control de inventario, pedido y recepción de partes locales en planta. Elaboración propia	162
Figura 35: Diagrama de flujo de almacenamiento de CKD y partes locales en las bodegas de planta. Elaboración propia	163
Figura 36: Diagrama de flujo de consolidación y entrega de CKD o partes locales. Elaboración propia.....	164
Figura 37: Diagrama de flujo de apertura de CKD y almacenamiento en estanterías o coches. Elaboración propia.....	166
Figura 38: Diagrama de flujo de distribución de CKD en línea. Elaboración propia	169
Figura 39: planteamiento del modelo en Excel. Elaboración propia	237
Figura 40: prueba de normalidad para datos simulados T8. Elaboración propia	304
Figura 41: prueba de normalidad para datos observados T8. Elaboración propia	304
Figura 42: prueba de normalidad para datos observados T13. Elaboración propia	305
Figura 43: prueba de normalidad para datos simulados T13. Elaboración propia	305
Figura 44: prueba de normalidad para tiempo en sistema T2 modelo propuesto. Salida software Minitab.....	318
Figura 45: prueba de normalidad para tiempo en sistema T2 modelo original. Salida software Minitab.....	318
Figura 46: prueba de normalidad para tiempo en sistema T8 modelo propuesto. Salida software Minitab.....	320
Figura 47: prueba de normalidad para tiempo en sistema T8 modelo original. Salida software Minitab.....	320
Figura 48: prueba de normalidad para tiempo en sistema T13 modelo original. Salida software Minitab.....	321
Figura 49: prueba de normalidad para tiempo en sistema F11 modelo propuesto. Salida software Minitab.....	321
Figura 50: prueba de normalidad para tiempo en sistema F11 modelo original. Salida software Minitab.....	321
Figura 51: prueba de normalidad para tiempo en sistema F10 modelo propuesto. Salida software Minitab.....	321
Figura 52: prueba de normalidad para tiempo en sistema F10 modelo original. Salida software Minitab.....	321
Figura 53: prueba de normalidad para tiempo en sistema T13 modelo propuesto. Salida software Minitab.....	321
Figura 54: prueba de normalidad para utilización en T13 modelo original. Salida software Minitab.....	328
Figura 55: prueba de normalidad para utilización en T13 modelo propuesto. Salida software Minitab.....	328
Figura 56: prueba de normalidad para utilización en T8 modelo propuesto. Salida software Minitab.....	328
Figura 57: prueba de normalidad para utilización en T8 modelo original. Salida software Minitab.....	328
Figura 58: prueba de normalidad para utilización en T2 modelo original. Salida software Minitab.....	328

Figura 59: prueba de normalidad para utilización en T2 modelo propuesto. Salida software Minitab.....	328
Figura 60: prueba de normalidad para utilización en F10 y F11 modelo propuesto. Salida software Minitab.....	328
Figura 61: prueba de normalidad para utilización en F10 y F11 modelo original. Salida software Minitab.....	328

Capítulo 1

Introducción y Objetivos

1.1. Introducción

Mantener operativa en todo momento y circunstancia a la línea de ensamblaje es una de las metas primordiales propuestas por el departamento de manejo de materiales en Aymesa S.A. Justamente, este es uno de los problemas más frecuentes que se presenta en cuanto al manejo de materiales y que más costo y representatividad tiene. De hecho, si el proceso de distribución de materiales no está bien planeado y organizado, toda la línea productiva se detiene dadas las características de la misma.

Este proyecto está dividido en cuatro partes principales. Como primer punto se observa y levanta toda la información pertinente a todos los procesos involucrados en el manejo de materiales en Aymesa S.A. De esta manera, se gana conocimiento en las tareas realizadas y se puede familiarizar con el proceso bajo estudio; además de que se evalúan los problemas específicos que se tienen en el manejo de materiales. Justamente, una vez que se ha entendido por completo cómo funciona el proceso, y gracias a los datos cuantitativos y cualitativos recolectados al final de la fase de identificación de problemas se pudo determinar y analizar al transporte de materiales en el proceso de distribución como uno de los principales causantes de tiempos adicionales además de ser uno de los componentes clave en las paradas de la línea productiva. Aparte de esto, en esta misma fase, se determina la existencia de una subutilización grande del espacio en la bodega donde se almacena el material que luego es ensamblado en los vehículos. Estos problemas así como un fuerte congestionamiento de operaciones que se da en la zona de distribución de material se analizaron para determinar las posibles soluciones a estos problemas mediante la aplicación de herramientas de ingeniería industrial y conceptos investigados.

Por último, en la fase referente a propuestas de mejora, se determina que una de las acciones necesarias para el correcto funcionamiento en el proceso de distribución de material es la re estructuración del proceso con la finalidad de disminuir tiempos improductivos, costos

innecesarios, paradas no programadas en la línea productiva y la congestión generada en el área de distribución de material. Así mismo, se determina la disposición óptima de materiales en la bodega de almacenamiento de material con lo cual las operaciones referentes a manejo de materiales podrán disminuir en tiempo y se las podrá cumplir de manera eficiente y oportuna.

1.2. Descripción de la empresa

Aymesa surge en Ecuador en el año 1970 como un comerciante de marcas Vauxhall y Bedford. Rápidamente, luego de 3 años, la empresa introdujo el Andino al Ecuador y comenzó a desarrollar el concepto de Basic Transport Vehicle (BTV), idea implementada en el automovilismo para naciones en vías de desarrollo (Bedford, 2014). Para el año de 1975, Aymesa ya comienza a producir vehículos con carrocería de fibra de vidrio como el Cóndor, un vehículo liviano y potente teniendo gran acogida en el mercado local (Aymesa, 2014). Con este gran éxito, en 1981, la empresa pudo comprar sus primeras estaciones de soldadura de metal para así comenzar a ensamblar vehículos con carrocería metálica (Aymesa, 2014). De esta forma, se inicia el ensamblaje del modelo Chevette de General Motors con lo cual Aymesa comienza a producir automóviles en serie y gana una alta reputación en el mercado industrial ecuatoriano (Aymesa, 2014). A continuación, y durante los siguientes 12 años, la empresa se dedicó al ensamblaje de vehículos de varias marcas como Suzuki, GM y Datsun.

En años más recientes, la empresa ha podido duplicar su capacidad dadas varias mejoras en múltiples áreas. En especial, una de las inversiones más elevadas se la realizó en el área de pintura, en donde se implementó exitosamente el proceso de electro deposición (ELPO) pudiendo mejorar la productividad a 6 vehículos por hora mantenida hasta el día de hoy (Aymesa, 2014).

Aparte de esto, Aymesa en el año 1999, inicia su relación con KIA Motors, en donde se han desarrollado nuevas instalaciones, nuevos procedimientos, nuevas líneas etc. alcanzando estándares de clase mundial y llegando a exportar vehículos ensamblados en el Ecuador hacia países de la región como Colombia, Perú y Venezuela (Aymesa, 2014). Así mismo, uno de los antecedentes más recientes en la organización, es la incorporación de una nueva línea de ensamblaje de camiones Hyundai realizada en el año 2013 aparte de contar con la línea para ensamblaje de los vehículos Kia Rio, Kia Sportage y Kia Cerato (Aymesa, 2014). Todos estos factores han hecho de la empresa una institución sólida que se ha mantenido a lo largo de varios

años, siempre caracterizada, por el mejoramiento continuo, que ha traído incluso reconocimientos internacionales (Aymesa, 2014). Lamentablemente, en el presente año (2014) dada la situación económica en Venezuela, y en especial siendo este uno de los principales importadores de vehículos producidos en Aymesa S.A., la empresa se vio forzada a reducir su producción diaria y consecuentemente su capacidad operativa (Paez, 2014).

1.3. Justificación del problema

Aymesa S.A. es una empresa con casi 50 años de experiencia y la primera ensambladora de vehículos del Ecuador. Justamente ha sido la mejora continua que ha llevado a esta empresa a tener estándares internacionales y a crecer como lo ha hecho a través de los años.

En la actualidad, y teniendo la filosofía mencionada anteriormente en cuenta, las operaciones realizadas en las bodegas que suministran material a líneas de ensamblaje vehicular, deben ser modificadas ya que se pierde mucho tiempo en actividades y movimientos redundantes, existiendo así una falta de control en el flujo de material (Chan, 2011). Es justamente por estas razones que según el director de la bodega de ensamblaje final, Carlos Baldeón, existe mucho espacio subutilizado (aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la bodega de acuerdo a su estimación), el almacenamiento del material se lo hace a criterio del personal sin ninguna metodología, existen gastos incensarios en los pagos de 20 operarios aparte de las horas adicionales para realizar tareas simples. Es por esto que, la optimización del espacio y las operaciones proporcionará a la empresa una reducción en costos de oportunidad, costos de personal contratado, costos de faltantes o sobrantes, entre otros que sumados tienen un impacto sobre la solvencia de la organización.

Tal como menciona Ballestín *et. al.* (2013), las operaciones llevadas a cabo en la bodega afectan directamente a la producción diaria en una planta. Específicamente, en Aymesa S.A. sin las debidas precauciones tomadas por parte de la bodega, la línea de ensamblaje podría parar, en un caso extremo, o al menos tener demoras. Así, se afectará el cumplimiento de las órdenes concretadas con los clientes finales, restándole no solo dinero a la empresa sino también credibilidad.

Finalmente, con procesos claramente establecidos en cuanto a manejo de materiales, la bodega de ensamblaje final necesitará de un menor tiempo para realizar sus actividades. Con esto, no habrá necesidad de mantener varios meses de inventario en material requerido para las

líneas de ensamblaje final evitando así costos de oportunidad y dificultades en el abastecimiento de dichas líneas (Baldeón, 2014). Además, disminuyendo las distancias y tiempos de los empleados que realizan el manejo de material, se podrá obtener una mayor productividad de los mismos, prescindiendo de algunas actividades que lo único que ocasionan son demoras y tiempos muertos.

1.4. Objetivo general

Proponer mejoras en la de la bodega de ensamblaje final de Aymesa S.A. mediante el uso de herramientas para el manejo de materiales con el objetivo maximizar tanto la utilización del espacio de la bodega como la eficiencia de las operaciones .

1.5. Objetivos específicos

- 1.5.1. Comprender los procesos de manejo de materiales en el área de ensamblaje final de acuerdo a la situación actual de Aymesa S.A.
- 1.5.2. Identificar los principales problemas en la distribución de materiales referente a la planta de ensamblaje final
- 1.5.3. Determinar los tiempos estándar en las actividades involucradas en el manejo de materiales
- 1.5.4. Proponer un sistema de clasificación para el material CKD del ensamblaje final en la bodega de la planta
- 1.5.5. Analizar el desempeño en la distribución de materiales a la línea productiva
- 1.5.6. Plantear nuevos métodos para la optimización de recursos y tiempos en la distribución de material hacia la línea de ensamblaje final.

1.6. Detalle de la metodología a emplearse

Para el presente trabajo de titulación, se utilizará una metodología basada en el método científico. De esta manera, cuatro fases fundamentales fueron contempladas para el desarrollo. Las etapas de la metodología se muestran a continuación:

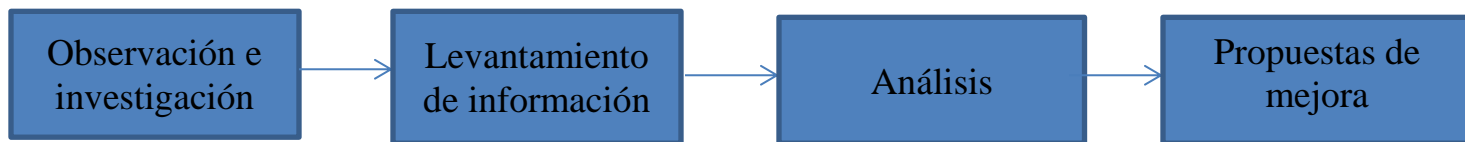


Figura 1: Fases de la metodología a implementarse. Elaboración propia

- **Observación e investigación:**

Debido a que existe gran cantidad de métodos y técnicas que son utilizadas para resolver problemas referentes al manejo de materiales, en esta fase se recopilará e investigará los métodos y técnicas más relevantes para este estudio. Así, como señala Lilia, Pastor y Torres (2013) se deberá realizar una revisión literaria, tanto en artículos como en libros y entrevistas. De esta manera, se elegirán los modelos y técnicas de optimización más adecuadas para los problemas encontrados.

- **Levantamiento de Información:**

Se deberá iniciar esta etapa definiendo las principales métricas con el propósito de cumplir con lo establecido por los objetivos del proyecto (Lilia, Pastor, & Torres, 2013). Teniendo esto en cuenta, se medirán las condiciones actuales de Aymesa S.A. en cuanto a manejo de materiales. De esta manera, se deberá realizar mediciones y diagramación en cuanto al flujo de material e información, mediciones de tiempo y movimientos entre otras métricas de interés. Así mismo, para las mediciones y levantamiento de información se deberá tener en cuenta la disponibilidad de información presente en el área de estudio.

- **Análisis:**

Con los datos obtenidos en la fase de levantamiento de información, se podrá analizar varios aspectos fundamentales en cuanto al manejo de materiales (Lilia, Pastor y Torres, 2013). Fundamentalmente, se analizarán las principales causas de falencias y limitantes para la

obtención de un mejor rendimiento. Todo esto se realizará para así modelar aspectos específicos que permitan obtener las conclusiones apropiadas para la propuesta de mejora (Lilia, Pastor y Torres, 2013).

- **Propuesta de mejora:**

En esta etapa se elaboran propuestas de mejora concernientes a todos los aspectos del manejo de materiales, haciendo referencia a los objetivos planteados de este proyecto (Lilia, Pastor y Torres, 2013). De esta manera, se consideran los aspectos y variables críticas a ser mejoradas, teniendo en cuenta el costo y posible implementación, obteniendo un mejor resultado de manera global en cuanto a eficiencia del manejo de materiales. Así, a pesar de que el proyecto no considera la implementación, Aymesa S.A. contará con herramientas, indicadores y recomendaciones necesarias para considerar su futura aplicación.

1.7. Revisión Literaria

La presente revisión literaria tendrá como objetivo investigar las distintas metodologías y técnicas utilizadas en bodegas para el manejo adecuado y eficiente del material. De esta manera, como primer paso, Narváez y Yerovi (2011) proponen la identificación de problemas a través del uso de la metodología DMAIC. Por otro lado, Iturralde y Papenbrock (2007), empezaron por medir tiempos de ciclo e inventarios para entender al problema de manejo de material. Así mismo, otro enfoque lo presenta Chan y Chan (2011) en donde se define la política óptima entre asignación de material, rutas de picking y densidad del lote, estableciendo los problemas que puedan presentarse. Por otro lado, según Goetschalckx, Gu y McGinnis (2010), lo primero que se debe considerar al proyectar una instalación es no separar el diseño con las medidas de desempeño para evitar problemas a futuro. De hecho, como proponen Pochet y Strack (2010), decisiones entre la bodega y manejo de nivel de inventarios también deben tomarse en cuenta a la par. Así mismo, tal como argumentan Stock, Greis, Kasarda (1998) y Stock, Greis, Kasarda (2000), la cadena de suministro, la logística y la estrategia son factores que también afectarán al manejo de materiales. Todo esto lo complementa Niebel y Freivalds (2008) al mencionar que los análisis realizados a operaciones representan las fases más importantes dentro de un estudio ya que se pueden evidenciar elementos productivos e improductivos que ayudan a determinar qué

problemas se deben atacar. De esta manera, tal como señala Troya (2011), se debe prestar mayor atención a los procesos que más tiempo toman y que consecuentemente más problemas generan a largo plazo.

Autores como Emde y Boysen (2012) argumentan que el manejo de materiales en una bodega debe estar más orientado hacia la visión de un supermercado. Así, cada línea tiene su propio pequeño almacenamiento, reduciendo costos, inventario en proceso y el número de operarios requerido. Justamente, Alnahhal y Noche (2013) utilizan la idea previamente mencionada para investigar las potenciales rutas, horarios y cantidad mínima de recursos necesarios para distribuir el material a estaciones de una línea de ensamblaje mixta. Así mismo, en cuanto a selección de herramientas para el manejo de materiales, Rossi et al. (2013) desarrollaron una metodología en la cual el objetivo era la selección, tomando en cuenta varios componentes referentes a ergonomía y a medidas de desempeño de la producción.

En cuanto a la identificación del material, estudios realizados por Lim, Bahr, Leung (2013) han comprobado que la tecnología RFID va a mejorar la eficiencia en el espacio inutilizado, carga mal dispuesta, y errores en el registro del inventario. Así mismo, Chow, Choy, Lee, Lau (2006) y Poon et al. (2011), demuestran que el uso de los sistemas RFID conjuntamente con sistemas de informática, se podrá monitorear el material en todo momento para así conocer su ubicación exacta, reduciendo los tiempos de picking. Autores como Qu et. al (2012) y Ballestín et. al (2013) también han señalado que la tecnología “RFID” es una de las más viables. La única diferencia está en la implementación de esta tecnología y la integración con los sistemas de manejo de materiales. Cabe mencionar que si bien la tecnología RFID brinda amplias mejoras como las señaladas anteriormente, una de las barreras más grandes de la implementación a gran escala es su costo ya que chips RFID activos cuestan alrededor de \$25 y pasivos entre 7 a 15 centavos (Schulte, 2006).

En otros aspectos, para minimizar el tiempo y distancia de picking se han realizado múltiples modelos matemáticos; sin embargo, dada su complejidad Manotas, Rios (2011) y Kozan (2000) han optado por heurísticas que minimizan el tiempo tomando en cuenta la rotación y distancia de los materiales. De la misma forma, De Koster, Le-Duc y Zaerpour (2010) utilizaron heurísticas para encontrar el número óptimo de zonas y luego seleccionar la zona con el menor tiempo de picking. Otro enfoque es propuesto por Anwar y Nagi (1998), en donde se implementó una heurística que toma en cuenta simultáneamente la planeación de la producción y

el manejo de materiales para así tener un sistema JIT. Por otro lado, Gue y Schleyer (2012) desarrollaron modelos de colas para calcular la tasa de llegada de material de una orden a la línea de producción. En otros estudios presentados por Henn, Schmid (2013) y Henn, Wascher (2012) también se han utilizado heurísticas para resolver los problemas de manejo de material. La diferencia está en que en el primer estudio se utilizan metaheurísticas como búsqueda local y el otro propone el uso de búsqueda tabú.

No obstante, no solo se deben aplicar estas heurísticas sin tener en cuenta varios aspectos concernientes al manejo de material. En específico, Pan, Shih, Wu (2012) y Hong, Johnson, Peters (2012) establecen heurísticas en donde también son considerados los bloqueos por parte de múltiples pickers, en especial en pasillos estrechos entre estanterías. Justamente, este es uno de los aspectos que no es tomado en cuenta a pesar de tener un impacto relativamente grande en los tiempos de recolección y distribución (Pan, Shih, & Wu, 2012). Por otro lado, otro aspecto no muy considerado en el cual basan su estudio Guerriero, Musmanno, Pisacane y Rende (2013), son los modelos matemáticos para el picking en una bodega con varios niveles.

Aparte de las técnicas prescriptivas mencionadas previamente, la simulación provee otro enfoque hacia la comparación entre alternativas para encontrar la mejor solución (Ortiz, Nuño, & Torres, 2008). Específicamente en cuanto al manejo de materiales, Yavuz y Satir (1995) plantean usan la simulación conjuntamente con el sistema kanban para determinar la cantidad óptima de material que se debe trasladar para disminuir el trabajo en proceso (WIP). Adicionalmente, Emde y Boysen (2012) utilizan la simulación para identificar cuáles son los pros y contras que tiene la ubicación de distintas cantidades de supermercados en una planta de ensamblaje. Así mismo, Hill (2005) propone utilizar la simulación como herramienta para obtener algunas métricas de interés como por ejemplo la utilización, el trabajo en proceso, tiempos de ciclo entre otras aplicadas a la distribución de materiales en una planta cualquiera.

Así mismo, aspectos ergonómicos también deben ser tomados en cuenta. Según Neumann y Medbo (2010) para alcanzar las soluciones óptimas, el factor humano también debe ser considerado. De la misma forma, cabe recalcar que no solo las heurísticas proporcionarán una solución óptima. Estudios realizados por Dharmapriya y Kulatunga (2011), muestran que varios aspectos de Lean pueden ser incorporados en el manejo de material. Por otro lado, Rubrico, Higashi, Tamura, Ota (2011) y Henn (2012) plantean el uso de metodologías para la

calendarización de ordenes mientras estas llegan de manera simultánea con el objetivo de optimizar distancia, balanceo de carga y minimización de colas.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Manejo de materiales

El manejo de materiales tiene como objetivo principal el traslado de ítems, materia prima u otros materiales de un lugar a otro (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Según Tompkins et. al. (2006), el costo del manejo de materiales representa desde 15% hasta 70% del costo total de un producto. De esta manera, se debería proporcionar “la cantidad correcta del material correcto, en el lugar correcto, en la posición correcta, en la secuencia correcta, y mediante el costo correcto y los métodos correctos” (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 164). Además, el manejo de materiales, siendo una actividad que no agrega valor, se la debería eliminar por completo; sin embargo, por la imposibilidad del punto anterior, lo que se trata es minimizar lo más posible a dicho rubro (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Teniendo estas implicaciones en cuenta, el manejo de materiales debe ser guiado por diez principios fundamentales, estos son: “planificación, estandarización, trabajo ergonómico, carga unitaria, utilización del espacio, sistema, automatización, ambiental y costo del ciclo de vida” (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 164).

2.2. Almacenamiento

Según el diccionario de Oxford, el almacenamiento se refiere a la acción o método utilizado para almacenar artículos y darles un uso en el futuro (Oxford, 2014). Otra definición es propuesta por Ghiani, Laporte y Musmanno (2004), quienes establecen que el almacenamiento representa la actividad de guardar bienes o productos desde que se elaboran hasta que se necesitan posteriormente.

Debido a los cambios establecidos por la globalización y nuevos mercados, el almacenamiento deberá estar siempre orientado hacia la satisfacción del cliente. Esto en razón de que en la actualidad, los clientes externos buscan productos con tiempos de entrega mucho más cortos. De esta manera, si una empresa u organización puede proveer todos los productos requeridos por el cliente, permitirá que el mismo se sienta satisfecho y es muy probable que vuelva a la misma empresa cumpliendo con uno de los objetivos del almacenamiento (Chopra, Meindl, & Kalra, 2013).

2.3. Políticas de almacenamiento

Existen múltiples políticas de inventario que pueden ser aplicadas en la actualidad. Sin embargo, dos son las más comunes y utilizadas por las organizaciones. Estas son: política de almacenamiento dedicado y política de almacenamiento aleatorio (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004). El almacenamiento dedicado se refiere a asignar una posición preestablecida en una bodega a algún producto. Por otro lado, en el almacenamiento aleatorio se ubican a los productos en posiciones dinámicas según la ocupación actual de espacio en la bodega; por este motivo, los productos nunca tendrán la misma posición a futuro (Ghiani, Laporte & Musmanno, 2004). Según Ghiani, Laporte y Musmanno (2004), hay ventajas y desventajas al utilizar una o la otra política. Específicamente, empleando el almacenamiento dedicado, los tiempos de picking disminuirán ya que se conoce de antemano en donde se encuentra cada grupo de productos. No obstante, se estará desperdiciando espacio valioso. En cambio, al utilizar la política de almacenamiento aleatorio, se minimizará el espacio no ocupado pero la desventaja será que el tiempo y distancia de picking aumentarán debido a que por más de que se conoce la locación de los productos, los mismos no tendrán la misma ubicación todo el tiempo y los operarios tendrán distancias y tiempos distintos cada vez que realicen el picking (Ghiani, Laporte & Musmanno, 2004).

2.4. Levantamiento de Procesos








Actualmente, existen varias metodologías para el levantamiento de procesos dentro de una empresa. No obstante uno de los más utilizados es el de gestión sistemática de proyectos o GSP (Charlin, 2012). El mismo establece tres pasos esenciales a seguir para levantar un proceso adecuadamente. Así, lo primero que se debe hacer es mapear el proceso de manera global para obtener una visión a gran escala del proceso en cuestión (Charlin, 2012). En este punto, se debe describir todo lo que la organización hace utilizando diagramas de bloques, ICOM's y diagramas de la cadena de valor para así cumplir con el objetivo previamente establecido (Charlin, 2012). Luego, se elaboran los diagramas de flujo correspondientes al proceso para obtener una representación visual más detallada del paso anterior (Charlin, 2012). Por último, se describe al proceso estableciendo cual es el objetivo, el dueño, las entradas, salidas, las normas de aplicación, indicadores, etc. (Charlin, 2012).

2.5. Diagramación de procesos

2.5.1. Diagrama de flujo de procesos

Los diagramas de flujo muestran “la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras y materiales que se usan en un proceso de manufactura, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado” (Niebel & Freivalds, 2008, pág. 34). De esta manera, una vez elaborado el diagrama de flujo, el objetivo principal se convierte en identificar el punto en donde el proceso puede ser mejorado y estandarizado de mejor manera (Niebel & Freivalds, 2008). Así mismo, se podrán identificar costos ocultos, distancias recorridas, almacenamiento de inventarios, tiempos muertos, etc. (Niebel & Freivalds, 2008). La simbología establecida por la American National Standard Institute (ANSI) para elaborar los diagramas de flujo se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Símbolos ANSI para Diagrama de Flujo

Símbolo	Nombre
	Inicio o final del diagrama
	Realización de una actividad
	Decisión
	Documentación
	Bases de datos
	Relación entre partes del diagrama
	Dirección del flujo de proceso

Adaptado de Simbología de Diagrama de Flujo, por Chamorro, Miranda & Rubio, 2007.
Elaboración propia

2.5.2. Diagrama de la cadena de valor

La cadena de valor es una herramienta que sirve para “identificar fuentes de generación de valor para el cliente” (Osorio, s.f.). La misma, cuenta con varias actividades que se agrupan dentro de 1. Macro procesos gobernantes, 2. Macro procesos productivos, 3. Macro procesos habilitantes. La figura 2 presenta un ejemplo de una cadena de valor

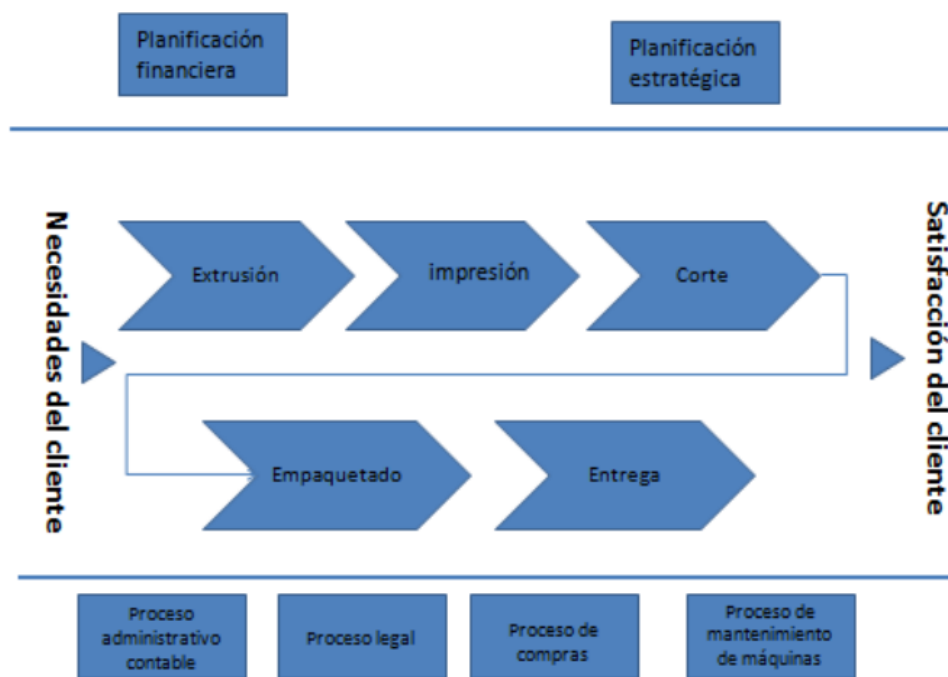


Figura 2: Cadena de Valor. Adaptado de proyecto final de Eficiencia Operacional y Nuevas Tecnologías, 2014. Elaboración propia

2.5.2.1. Macro procesos gobernantes

Los macro procesos gobernantes definen las políticas, planes, normas y regulaciones de la empresa. Estas siempre deberán estar alineadas con la misión, visión y valores de la organización y tendrán un carácter global, atravesando vertical y horizontalmente la organización relacionando las distintas áreas de la institución. Todo con el objetivo de alinear todos los procesos hacia una misma meta (Osorio, s.f.).

2.5.2.2. Macro procesos productivos

Los macro procesos productivos representan la secuencia de actividades que debe seguir el proceso para satisfacer los requerimientos de los clientes. Los mismos estarán representados en forma de bloques ya que se dará una visión global y no a detalle sobre el proceso. De la misma manera que los procesos gobernantes, estos tendrán que estar alineados con la visión y misión de la empresa para garantizar que la salida del proceso esté de acuerdo a los requerimientos de los clientes (Osorio, s.f.).

2.5.2.3. Macro procesos habilitantes

Estos procesos permiten tener un control y coordinación adecuado de los procesos productivos. El objetivo de los mismos es cumplir con lo establecido en la planificación estratégica, programas, proyectos, entre otros (Osorio, s.f.).

2.5.3. Diagramas causa y efecto

Los Diagramas de causa y efecto, también conocidos como diagramas de Ishikawa o espina de pescado, proporcionan una herramienta que permite identificar todas las potenciales causas para un problema o efecto no deseado (Niebel & Freivalds, 2008). Dichas causas son clasificadas en cinco o seis categorías principales. Estas son: 1. Humanas, 2. Máquinas, 3. Métodos, 4. Materiales, 5. Entorno 6. Administración (Niebel & Freivalds, 2008). Cabe recalcar que la clasificación previamente establecida puede variar de acuerdo al caso específico. De esta manera, serán los mismos operarios quienes se encuentran diariamente con el problema o efecto no deseado quienes determinen la mejor clasificación (Niebel & Freivalds, 2008). Luego, se realiza un análisis de moda para de esta manera determinar la(s) causa(s) raíz al problema o efecto detectado. De esta manera, la correcta enumeración de potenciales causas dará como resultado una visión global pudiendo resolver el origen del problema (Niebel & Freivalds, 2008).

En un diagrama de este tipo, se ubican las causas y el efecto no deseado de la siguiente manera:

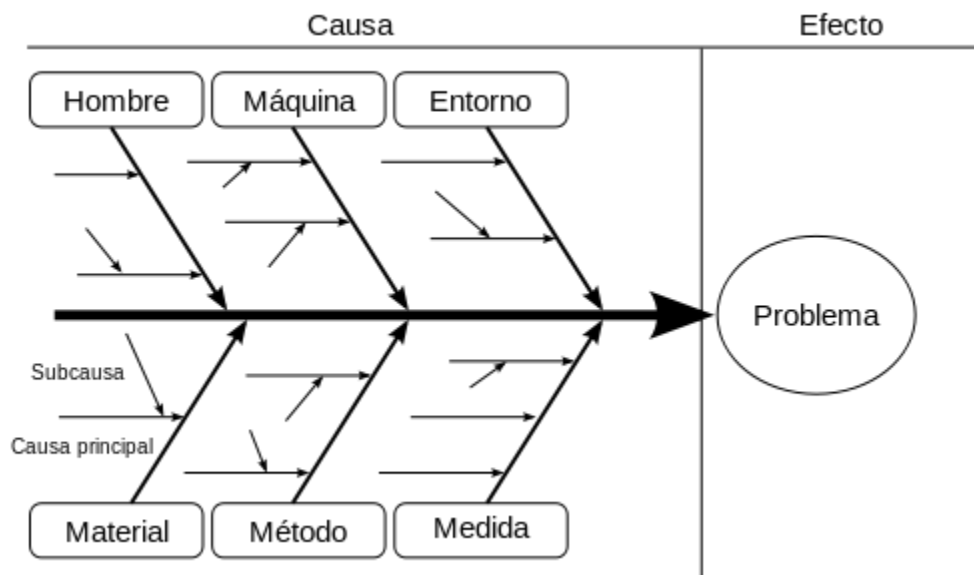


Figura 3: Diagrama de Causa y Efecto. Adaptado de Diagrama de Ishikawa por Smith, 2013

2.5.4. Diagrama de Pareto

Los diagramas de Pareto deben su nombre a Vilfredo Pareto, sociólogo y economista italiano quien descubrió que 80% de la riqueza estaba en manos de 20% de la población (Fundibeq, s.f.). Esta misma relación puede ser aplicada a cualquier tema. Así por ejemplo, “80% del valor del inventario total se encuentra en solo 20% de los artículos en el inventario” (Niebel & Freivalds, 2008, pág. 23). De esta manera, el analista podrá enfocarse en los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. El análisis se lo realiza de la siguiente manera:

1. Ordenar los datos en forma descendente
2. Calcular el total de datos
3. Obtener los porcentajes correspondientes para cada dato (según el total)
4. Calcular el porcentaje acumulado
5. Graficar con algún software los factores (en forma de barras) y el porcentaje acumulado (en forma de línea)
6. Analizar en el gráfico cuales factores son los causantes del 80% de las fallas (Niebel & Freivalds, 2008)

Se presenta a continuación un diagrama de Pareto en donde se puede ratificar que el 80% de errores se encuentra en el 20% de las actividades:

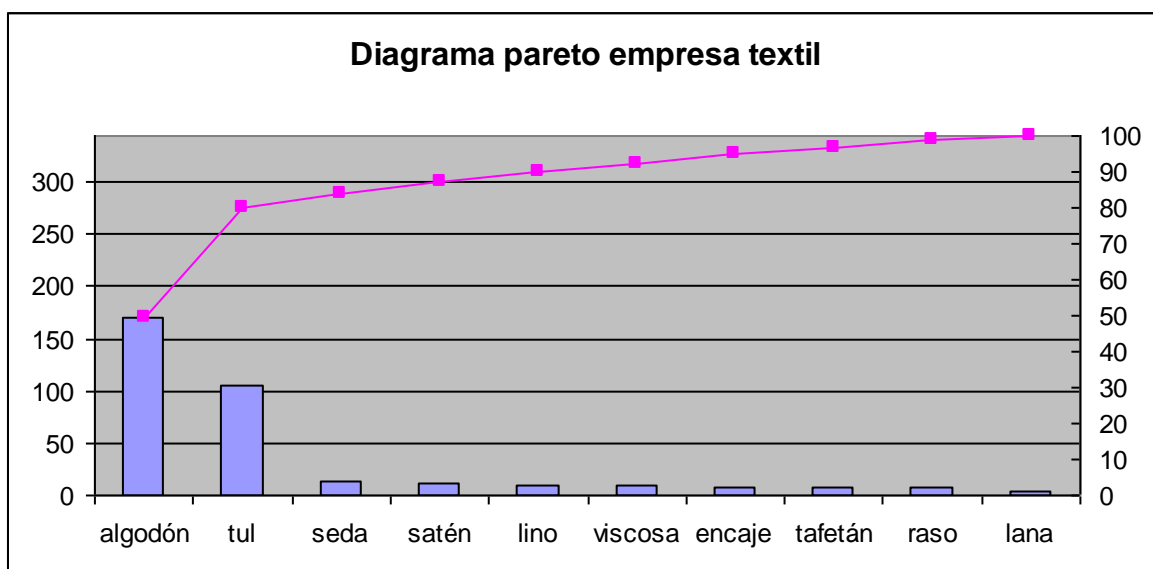


Figura 4: Diagrama de Pareto Empresa Textil. Elaboración propia

2.5.5. Diagramas Espaguetti

Los diagramas de espagueti son representaciones visuales que sirven para mostrar la trayectoria física de un material, persona o actividad dentro de un proceso considerando el estado actual del mismo (Bialek & Duffy, 2014). Este se lo elabora a partir del Layout del sitio específico en el cual se lleva a cabo la operación. Se marca con una línea sólida la trayectoria del material, persona o actividad tantas veces como sea necesario a fin de representar adecuadamente la totalidad del proceso (Bialek & Duffy, 2014). Justamente, teniendo dicha representación se pueden observar patrones de redundancia en el flujo del proceso con el fin de identificar oportunidades de mejora que den como resultado disminuciones en el tiempo de ciclo (Bialek & Duffy, 2014). Así mismo, se pueden observar puntos en donde se genera gran cantidad de cruces dando lugar a potenciales demoras. Cabe mencionar que según Bialek y Duffy (2014), este diagrama necesariamente debe ser realizado conjuntamente con los trabajadores que llevan a cabo la actividad o proceso diariamente. De esta manera, se garantizará que los movimientos y transportes son adecuados y correspondientes al proceso en cuestión (Bialek & Duffy, 2014). Un ejemplo de diagrama de espagueti se muestra en la siguiente figura.

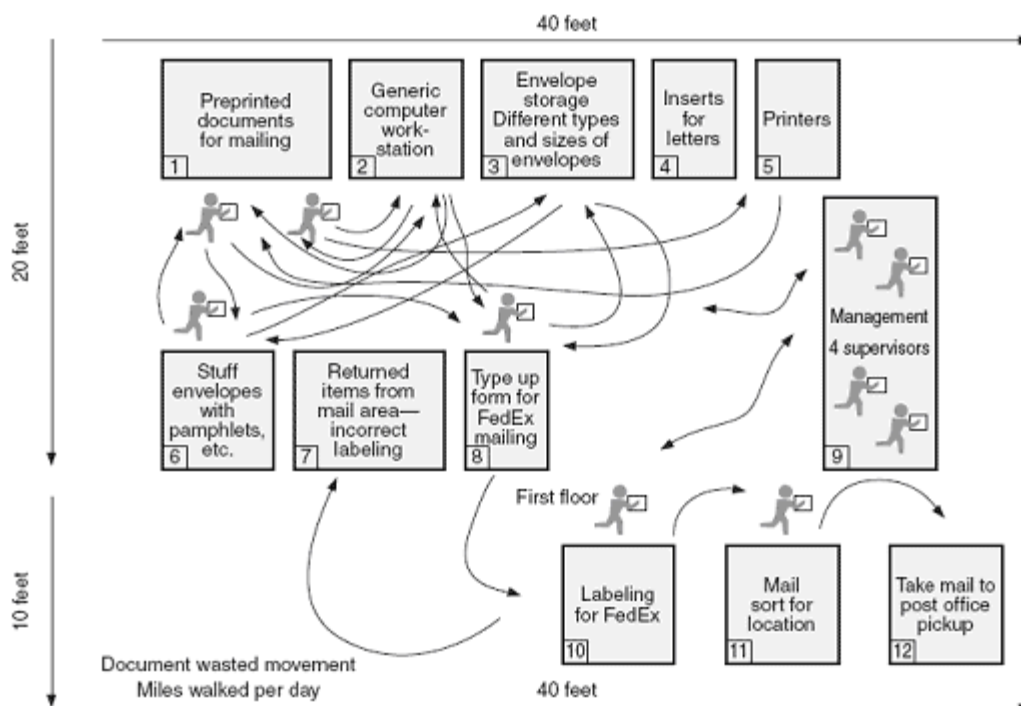


Figura 5: Diagrama de Espaguetti. Adaptado de Spaghetti Diagram Example: Health Department Administrative Office Flow por Bialek y Duffy, 2014

2.6. Enfoque 4W y 1H

Este método tiene como objetivo comprender cuáles son las falencias que tiene un proceso o actividad luego de realizar preguntas específicas referentes al problema (Stevenson, 2007). Cabe mencionar que esta es una herramienta que normalmente se utiliza para temas relacionados a calidad pero puede ser aplicada a diversos tópicos obteniendo los mismos resultados. Así, se deben responder a cinco preguntas esenciales: Qué (What), Dónde (Where), Cuándo (When), Quién (Who), y Cómo (How) para así obtener una visión más clara y precisa sobre qué es lo que está afectando al proceso o tarea (Stevenson, 2007).

2.7. Cuello de botella

Según Hopp y Spearman (2008) la estación de trabajo cuello de botella es aquella que tiene la mayor utilización a largo plazo. Es decir, la estación que tiene el menor tiempo libre a causa de falta de partes o sub ensamblados de estaciones corriente arriba. Para identificar la o las

estaciones cuello de botella primero se debe conocer algunos datos referentes al proceso: 1. Número de máquinas por estación y 2. El tiempo de procesamiento por estación en horas (Hopp & Spearman, 2008). Luego, se debe calcular la capacidad de cada estación dividiendo el número de máquinas para el tiempo de procesamiento. Aplicando la teoría anteriormente explicada, la estación con la menor capacidad resultará en la que tiene la mayor utilización. Por lo tanto, esta se convertirá en la estación cuello de botella (Hopp & Spearman, 2008).

2.8. Matriz de valor agregado

La matriz de valor agregado es una herramienta utilizada principalmente para conocer cuáles actividades de un proceso agregan valor o no (SFP, Gobierno federal de México, 2008). Estas a su vez pueden ser necesarias o no para llevar a cabo un proceso y se pueden combinar de la siguiente manera:

Tabla 2: Posibles combinaciones entre actividades que agregan valor y actividades necesarias

		Agrega valor	
		Si	No
Necesarias	Si	Mejorar	Optimizar
	No	Transferir	Eliminar

Adaptado de Matriz de valor agregado, por SFP, Gobierno federal de México, 2008. Elaboración propia

Justamente para identificar si una actividad agrega valor pero además es necesaria o no para llevar a cabo un proceso, se utiliza el siguiente diagrama:

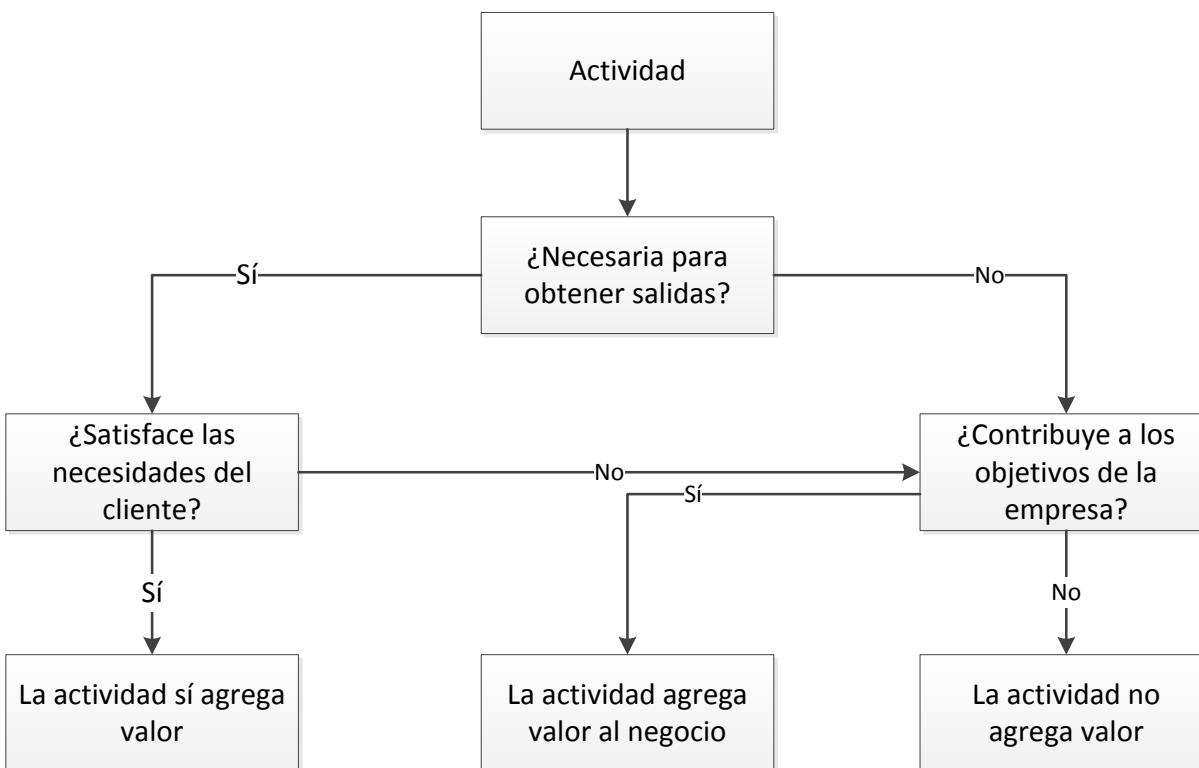







Figura 6: Diagrama de análisis de valor agregado. Adaptado de herramientas para el análisis y mejora de procesos por SFP, Gobierno Federal de México, 2008. Elaboración propia

Se puede observar que existen tres posibilidades. Estas son:

- Valor agregado para el cliente (VAC): son todas las actividades que promueven la satisfacción de las necesidades que el cliente tenga. Normalmente el porcentaje de valor agregado para el cliente es bajo. Sin embargo, a medida que las actividades que no agregan valor disminuyen, este irá creciendo (SFP, Gobierno federal de México, 2008).
- Valor agregado para el negocio (VAN): se refiere a actividades que son necesarias para llevar a cabo el proceso pero no agregan valor al cliente. Aparte, estas representan el beneficio que se obtiene al ofrecer un servicio a un cliente (SFP, Gobierno federal de México, 2008).
- Sin valor agregado: son todas las actividades que no agregan valor ni a la empresa ni al cliente. Estas son por ejemplo tareas como inspección, espera, transporte de materiales, etc. (SFP, Gobierno federal de México, 2008).

Luego de este análisis, se procede a diagramar la matriz de valor agregado. Para esto primero se estudia en detalle a todas las actividades involucradas en el proceso y sus tiempos respectivos. A continuación, se realiza el diagrama utilizando la siguiente simbología:

Tabla 3: simbología para diagrama de matriz de valor agregado

Símbolo ó abreviacion	Nombre
VAC	Valor agregado para el cliente
VAN	Valor agregado para el negocio
	Operación
	Transporte
	Demora
	Inspección
	Almacenamiento

Adaptado de herramientas para el análisis y mejora de procesos por SFP, Gobierno Federal de México, 2008. Elaboración propia

Por último, se analizan los porcentajes en tiempo y actividades que agregan valor al cliente y al negocio. Así mismo, se analizan las actividades que no agregan valor para modificarlas o eliminarlas de ser posible.

2.9. Números aleatorios

Los números aleatorios son necesarios cuando se requiere que las observaciones que se vayan a efectuar en un estudio no tengan un sesgo inherente al analista (Hillier & Lieberman, 2010). En la actualidad existen múltiples métodos para obtener números aleatorios. Estos van desde la simple observación de una tabla hasta aleatorizadores electrónicos (Hillier & Lieberman, 2010). Para el presente estudio se utilizará la siguiente tabla con números aleatorios. La misma, según Hillier y Lieberman (2010), no obedece a ningún patrón ni formación específica. Por razones de minimización de espacio se presenta solo los primeros 50 dígitos de la misma. Sin embargo, la tabla completa puede ser encontrada en la página 887 del libro investigación de operaciones por Hillier y Lieberman (2010).

Tabla 4: Tabla de número aleatorios

0956	96657	64842	49222	49506
24712	55799	60857	73479	33581
07202	96341	23699	76171	79126
84575	46820	54083	43918	46989
38144	87037	46626	70529	27918
48048	56439	01986	29814	69800
41936	58566	31276	19952	03152
73391	94006	03822	81845	76158
57580	08954	73554	28698	29022
92646	41113	91411	56215	69302

Fuente: Adaptado de tabla de dígitos aleatorios por Hillier y Lieberman, 2010

Dado que esta tabla consta de números completamente aleatorios, se la puede utilizar de cualquier forma. Es decir, los números pueden ser leídos en columnas, filas o en cualquier orden (Hillier & Lieberman, 2010).

2.10. Sistemas de consolidación de órdenes

Los sistemas de consolidación de órdenes se centran en el procesamiento y recuperación de pedidos para llevar a cabo una actividad en específico (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004). Siendo esta una de las tareas que mayor tiempo demandan en un proceso productivo, se debe elegir adecuadamente cual sistema se utilizará de manera que minimice el tiempo total (Ballou, 2004). Según Murray (s.f.) existen 4 sistemas distintos que pueden ser utilizados para la consolidación de órdenes:

- Operario a artículo

Es uno de los métodos más comunes y utilizados en las bodegas. Este se compone de un área de almacenamiento, un área de picking y un sistema de manejo de material capaz de reabastecer a las locaciones de los cuales un artículo fue sustraído como por ejemplo un montacargas o racks con diseño de pendiente que permite al material moverse, por medio de la gravedad, hacia la primera posición en el rack (Murray, s.f.). En el área de almacenamiento se mantienen en

existencia todos los componentes que se necesitarán para satisfacer una orden. Luego, en el área de picking los operarios tomarán las partes o piezas necesarias para completar una orden (Murray, s.f.). Debido a que el área de picking tendrá menos espacio que el área de almacenamiento, el tiempo empleado por los trabajadores en consolidar un pedido será menor (Murray, s.f.).

- Artículo a operario

Este sistema consta de los mismos elementos que el operario a artículo. La diferencia radica en que el área designada para el picking cuenta con bahías para la recuperación y consolidación de pedidos (Murray, s.f.). De esta manera, el operario debe esperar a que lleguen los artículos de una o varias órdenes de manera automática para así poder completar un pedido (Murray, s.f.).

- Sistema de ordenamiento automático

Los componentes principales de este sistema son: un área de almacenamiento, área de picking, área de reabastecimiento y un clasificador automático (Murray, s.f.). Justamente, en este sistema se utilizan componentes automatizados para la consolidación de pedidos. De hecho, existirán múltiples bandas transportadoras, clasificadores automáticos y computadoras programables para los distintos pedidos (Murray, s.f.). De esta manera, utilizando este método se eliminará el tiempo necesario para recolectar manualmente los pedidos y consolidarlos para la entrega (Murray, s.f.).

- Recuperación en cajas

Este sistema es muy similar al ordenamiento automático ya que consta de las mismas áreas y máquinas. Sin embargo, la principal diferencia es que las bandas transportadoras estarán comunicadas con las distintas zonas y será el operario quien llene una caja con el pedido u orden a manera parcial (Murray, s.f.). Posteriormente, la caja se moverá por otra área adquiriendo otros artículos hasta llegar a completar la orden requerida (Murray, s.f.).

2.11. Medición del trabajo

2.11.1. Tamaño de muestra

Debido a que los estudios de tiempos utilizan muestras pequeñas (menores a 30), se puede utilizar la distribución t para encontrar el tamaño de muestra óptimo (Niebel & Freivalds, 2008). Para esto, se utiliza el intervalo de confianza de una distribución t $\left(\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}\right)$ y se reemplaza el término \pm por una constante k que representará el error $\left(\bar{x}k = t \frac{s}{\sqrt{n}}\right)$. Luego, despejando n de la anterior ecuación, se tiene lo siguiente:

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}}\right)^2$$

Ecuación 1: Tamaño de muestra

Donde:

n = tamaño de muestra requerida

t = puntos de porcentaje de la distribución t establecidos por los grados de libertad y nivel de confianza.

s = desviación estándar de las observaciones de la muestra inicial.

k = fracción aceptable de \bar{x} o nivel de precisión.

\bar{x} = Promedio de las observaciones de la muestra inicial.

(Niebel & Freivalds, 2008).

Cabe mencionar que la ecuación 1 comúnmente es utilizada cuando no se conoce el tamaño de la población ni la varianza de la misma. Es por este motivo que se toma una muestra inicial o piloto con pocos datos (menos de 30) para establecer cuál es el promedio y la desviación estándar de dicha muestra para así, utilizando la ecuación 1, determinar el tamaño de muestra recomendable en una medición de tiempos (Niebel & Freivalds, 2008).

2.11.2. Estudio de tiempos

Los estudios de tiempos tienen como objetivo determinar el tiempo estándar en el que una tarea o actividad debe ser realizada, en base a una medición del trabajo (Niebel & Freivalds, 2008). Esto a su vez, proporcionará una métrica para un día justo de trabajo el mismo que se define como “la cantidad de trabajo que puede producir un empleado calificado cuando trabaja a paso normal y usando de manera efectiva su tiempo si el trabajo no está restringido por limitaciones del proceso” (Niebel & Freivalds, 2008, pág. 374).

A manera general, el procedimiento se compone de cuatro pasos:

- Definir la tarea a ser estudiada e informar a los operarios involucrados
- Determinar el número de ciclos a ser observados
- Tomar los tiempos y observar el desempeño de los trabajadores
- Calcular el tiempo estándar (Stevenson, 2007)

Para todos los pasos mencionados anteriormente, el analista debe estar completamente familiarizado con el procedimiento bajo estudio ya que en múltiples ocasiones, los operarios podrían realizar ciertos movimientos innecesarios para lograr un tiempo estándar más alto (Stevenson, 2007). Por otro lado, el analista también debe asegurar que no el operario no se sienta atacado por el estudio. De esta manera, primero se debe discutir detalles del estudio antes de realizarlo para así garantizar la mayor cooperación (Stevenson, 2007).

Según Niebel y Freivalds (2008), el equipo necesario para llevar a cabo un estudio de tiempos se compone de tres elementos: 1. Cronómetro, 2. Cámaras de videograbación y 3. Tablero de estudio de tiempos. Así mismo, se deberá elegir al operario; el mismo que deberá tener un desempeño promedio y estar totalmente familiarizado con el proceso (Niebel & Freivalds, 2008). También se dividirá la operación en elementos o grupos de movimientos que tendrán un inicio y fin fáciles de identificar, la misma que será desarrollada luego de observar varios ciclos (Niebel & Freivalds, 2008). De la misma manera, la cantidad de ciclos que se deban observar dependerá de tres factores fundamentales: 1. La variabilidad de los tiempos observados, 2. La precisión deseada y 3. El nivel de confianza elegido (Stevenson, 2007).

Dos elementos deben ser considerados para el cálculo del tiempo estándar. Estos son el tiempo normal y una o varias tolerancias. (Stevenson, 2007).

Primero, el tiempo normal se compone del tiempo medio observado y una calificación de desempeño que se otorga al operario en porcentaje. Esta relación entre los dos factores está expresada en la siguiente ecuación (Niebel & Freivalds, 2008):

$$\textit{Tiempo Normal} = \textit{Tiempo Observado} * \textit{Calificación}/100$$

Ecuación 2: Cálculo tiempo normal

Existen varios métodos para determinar la calificación de desempeño de un trabajador. No obstante, una de las más utilizadas es el sistema de calificación de Westinghouse (Niegel & Freivalds, 2008). El mismo, se basa en la calificación de cuatro factores que determinarán el desempeño de un operario (Niegel & Freivalds, 2008). De esta manera, se presentan las tablas para la calificación de los cuatro factores:

Tabla 5: sistema de calificación de Westinghouse

HABILIDADES			ESFUERZO			CONDICIONES		
+ 0.15	A1	Superior	+ 0.13	A1	Excesivo	+ 0.06	A	Ideal
+ 0.13	A2	Superior	+ 0.12	A2	Excesivo	+ 0.04	B	Excelente
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente	+ 0.02	C	Bueno
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.00	D	Promedio
+ 0.06	C1	Bueno	+ 0.05	C1	Bueno	- 0.03	E	Aceptable
+ 0.03	C2	Bueno	+ 0.02	C2	Bueno	- 0.07	F	Malo
+ 0.00	D	Promedio	+ 0.00	D	Promedio	CONSISTENCIA		
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable	+ 0.04	A	Perfecta
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.10	E2	Aceptable	+ 0.03	B	Excelente
- 0.16	F1	Malo	- 0.12	F1	Malo	+ 0.01	C	Buena
- 0.22	F2	Malo	- 0.17	F2	Malo	0.00	D	Promedio
						- 0.02	E	Aceptable
						- 0.04	F	Mala

Fuente: Adaptado de sistema de calificación de Westinghouse elaborado por Niegel y Freivalds, 2008.

Así, una vez seleccionadas las calificaciones correspondientes para las cuatro categorías, se las procede a sumar y determinar una calificación global para el operario (Niegel & Freivalds, 2008).

Por otro lado, para determinar las tolerancias o suplementos, se deben considerar los siguientes factores:

- Tolerancias Constantes:
 - Tolerancia Personal: 5%

- Tolerancia por fatiga: 4%
- Tolerancias Variables
 - Tolerancia por trabajo de pie: 2%
 - Tolerancia por posición anormal: 0 - 7%
 - Tolerancia por levantamiento de carga: 0 – 22%
 - Tolerancia por mala iluminación: 0 – 5%
 - Tolerancia por condiciones atmosféricas: 0 – 10%
 - Tolerancia por alto nivel de concentración: 0 – 5%
 - Tolerancia por ruidos: 0 – 5%
 - Tolerancia por cansancio mental: 1 - 8%
 - Tolerancia por monotonía: 0 – 4%
 - Tolerancia por tedio: 0 – 5%

Estos porcentajes se añadirán al tiempo normal para así obtener el tiempo estándar de la siguiente manera:

$$\textit{Tiempo Estándar} = \textit{Tiempo Normal} * (1 + \textit{Tolerancia})$$

Ecuación 3: Tiempo Estándar

2.11.3. Fracción de equipo

La fracción de equipo es “la cantidad de equipo que se necesita para una operación” (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Este es conseguido a partir de la división entre el tiempo total que se necesita para una operación y el tiempo disponible para la misma. Sin embargo, cabe mencionar que el tiempo requerido representa el total de veces que se va a realizar la operación. Es decir, se debe multiplicar el tiempo estándar de la actividad por el número de veces que se va a realizar dicha actividad (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

Teniendo estas consideraciones en cuenta, se utiliza la siguiente ecuación para determinar matemáticamente la fracción de equipo necesaria:

$$F = \frac{SQ}{EHR}$$

Ecuación 4: Fracción de equipo

Donde:

F = fracción de equipo requerido

S = representa el tiempo estándar por unidades producidas expresada en minutos

Q = número de unidades a producirse por cada turno

E = desempeño real expresado como porcentaje del tiempo estándar

H = cantidad de tiempo, expresado en minutos disponible por cada máquina

R = confiabilidad de una máquina, expresada como porcentaje de tiempo de funcionamiento (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

2.12. Métodos de recolección de pedidos

Según Tompkins (2006) existen siete maneras distintas por medio de las cuales se puede recolectar los pedidos. Las mismas se presentan y se detallan a continuación:

- Recolección Discreta
- Recolección por lotes
- Recolección por zonas
- Recolección por olas
- Recolección por zonas-lotes
- Recolección por zonas-olas
- Recolección por zonas-lotes-olas

La recolección Discreta en particular es uno de los más usados en la industria así como el más fácil de implementar ya que solo requiere de un operario recolectando un pedido de una sola línea de producto (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Además, en el mismo, los pedidos no programados pueden ser recolectados en cualquier momento del día. Justamente, por estas razones es que existirá un menor riesgo de olvidar recolectar los productos, la separación se la puede realizar mientras se recolectan los pedidos y “solo existe una ventana de programación por cada turno” (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

Para la recolección por lotes un operario recoge varios productos de una sola línea a la vez para completar un pedido (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). De esta manera, si un producto debe constar en varios pedidos, se debe recolectar la cantidad total para todos los pedidos para después proceder a separarlos por cada pedido. Así, el operario que recolecta los

productos podrá completar varios pedidos con un solo viaje; no obstante, el riesgo de recolectar productos erróneos también aumentará (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

En la recolección por zonas se divide el área de recolección en múltiples zonas y se asigna un operario a cada zona (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). De esta manera, el recolector determinado recoge los pedidos de todas las líneas de producto. Luego, los productos recolectados en cada zona se trasladan a un área de consolidación para combinar los artículos para así despachar los pedidos (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

El método de recolección por olas es muy similar a la recolección discreta. La única diferencia radica en que un grupo de pedidos es seleccionado para ser recolectado en un periodo de tiempo específico (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). De esta manera, los pedidos tendrán horas de recolección determinadas para tener así una mejor coordinación entre la recolección y embarque (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

Por último para los métodos de recolección combinada se tiene lo siguiente. En la recolección por zonas-lotes, un operario es asignado a una zona y recolecta una parte de uno o más pedidos. Si los pedidos son muy pequeños, el recolector podrá recoger el pedido completo en la zona asignada (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Por otro lado, el método de recolección por zonas-olas “asigna un recolector a una zona. Este operario debe recolectar todas las líneas para todos los pedidos” (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). Por último, en la recolección por zonas-lotes-olas, un trabajador recoge todas las líneas de pedidos en su zona designada y tiene en cuenta más de un pedido a la vez (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

2.13. Costos de mantenimiento de inventarios

Existen cuatro componentes básicos a considerar en los costos incurridos por el mantenimiento de inventario:

- Espacio físico para almacenamiento de artículos

Este componente se refiere al costo asociado al almacenamiento físico de material (Nahmias, 2007). El mismo puede estar almacenado en locaciones arrendadas por las cuales se deberá pagar un valor proporcional al espacio utilizado (Nahmias, 2007). Por otro, si el espacio físico es

propio se deberán considerar costos como el mantenimiento, luz, calefacción, costos por uso de equipos, etc. (Nahmias, 2007).

- Impuestos y seguros

Aquí, el costo está compuesto por el pago de impuestos que se incurre al mantener material almacenado en bodegas y el pago de seguros para contar con una protección frente a algún siniestro como robos, incendios o catástrofes no previstas (Nahmias, 2007). Así, si se mantiene gran cantidad de material en existencia, se incurrirá en un mayor gasto en este componente (Nahmias, 2007).

- Costos de Obsolescencia

Se debe tomar en cuenta que el material almacenado por largos periodos de tiempo se deteriorará o expirará en ciertos casos (Elsayed & Boucher, 1994). Es por esto que no todo el inventario tendrá la misma calidad y muchas veces deberá ser reprocesar incurriendo en costos elevados (Nahmias, 2007).

- Costo de oportunidad

Este costo se representa el dinero que está siendo utilizado para mantener el inventario que podría ser utilizado u invertido de manera más productiva en el negocio (Nahmias, 2007). Este costo es difícil de estimar debido a varios de los factores que deben ser tomados en cuenta. Sin embargo, según Elsayed (1994) este puede llegar a representar hasta el 80% del costo de inventario.

2.14. BOM (Bill of Materials) de materiales

El BOM o lista de materiales por su traducción al español representa un listado de las partes base, sub-ensamblajes, sub-componentes, etc. que son utilizadas para llevar a cabo un proceso en específico (Elsayed & Boucher, 1994). El objetivo principal de este documento es proveer al operario o encargado del proceso información de todas las piezas que conformarán una unidad de producto final (Elsayed & Boucher, 1994).

Es necesario mencionar que el BOM no proporciona ni define las operaciones a realizarse para obtener una unidad de producto final. La herramienta usada para este propósito es la hoja de

ruta que conjuntamente con el BOM darán lugar al cuadro de operaciones del proceso (Elsayed & Boucher, 1994). Así mismo, es importante recalcar que con el BOM de materiales se realiza el cálculo de la explosión en donde se aprecia claramente cuáles son los componentes y requerimientos necesarios para obtener una unidad de producto terminado (Nahmias, 2007). Un ejemplo se muestra a continuación:

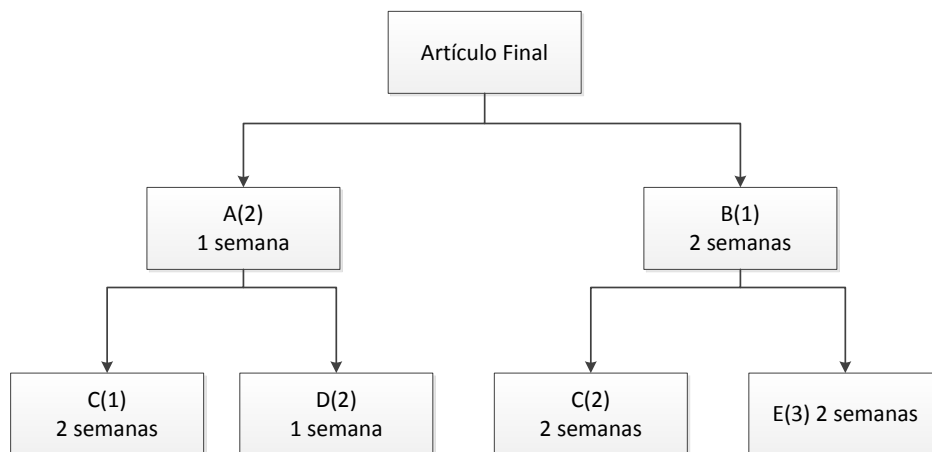


Figura 7: Estructura cálculo de la explosión del BOM. Adaptado de Análisis de la producción y operaciones por Nahmias, 2007. Elaboración propia

En el anterior gráfico, las letras en mayúsculas representan un componente o sub-ensamble, los números entre paréntesis la cantidad requerida y también el tiempo en el cual se demoran en fabricarse o llegar al área de ensamblaje (Nahmias, 2007).

2.15. Asignación de ubicaciones a material

La asignación de ubicaciones dentro de una bodega tiene como objetivo principal minimizar el tiempo de manejo al colocar los productos de mayor rotación cerca de las puertas de ingreso y salida (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004). Justamente, se trata de asignar una locación en específico para cada uno de los productos. El siguiente modelo matemático es utilizado para resolver este problema:

Minimizar

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_d} c_{jk} x_{jk}$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^{m_d} x_{jk} = m_j, \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jk} \leq 1, \quad k = 1, \dots, m_d$$

$$x_{jk} \in \{0,1\} \quad j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, m_d$$

Donde:

$$C_{jk} = \sum_{r=1}^R \frac{p_{jr}}{m_j} t_{rk}$$

c_{jk} = Costo de asignar producto j a ubicación k

m_j = Número de ubicaciones requeridas por producto j

n = Número de productos

m_d = locaciones de almacenamiento disponibles para un producto

R = Número de puertas de ingreso y salida

p_{jr} = Número de operaciones de manejo realizadas con el producto j a través de la puerta r

t_{rk} = Tiempo en recorrer desde la puerta de ingreso r y locación de almacenamiento k

x_{jk} = Variable de decisión. Toma valores binarios de 1 si se asigna el producto j a la ubicación k y 0 si no.

(Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004).

Este modelo a través de sus restricciones establece que todos los productos deben tener una ubicación y cada uno de ellos debe tener máximo un espacio asignado para el almacenamiento (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004).

2.16. Picking de órdenes

Según Pascual (2012) el picking de ordenes es “el conjunto de operaciones destinadas a extraer y acondicionar los productos solicitados por los clientes y que se manifiestan a través de pedidos”. De esta manera, expresado en otras palabras, el picking es toda acción de recuperar y combinar cargas no unitarias que dan como resultado el pedido de un cliente (Pascual, 2012). Justamente, los dos objetivos principales son 1. Coordinación entre racks, cargas unitarias, SKU's, sistemas informáticos, operarios, etc y 2. Minimización de errores y costos asociados de las tareas de recuperación y provisión de pedidos a los clientes (Pascual, 2012). Teniendo la

anterior información en cuenta, las actividades de picking de órdenes se convierten en procesos que afectan en gran medida y directamente a la productividad generando incluso costos elevados (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004).

Por otro lado, es necesario mencionar que existen cuatro fases en el picking de órdenes:

- **Preparativos:** En esta fase se recibe la orden dispuesta por el cliente. Con esta información se prepara todo el equipo necesario para el traslado (montacargas, pallets, grúas, etc.) y se provee de apoyo en personal para llevar a cabo el proceso (Pascual, 2012).
- **Recorridos:** Representan las trayectorias físicas o rutas por las cuales los operarios que realizan el picking recorren. Se pueden clasificar en tres: 1. Desde la zona de operaciones hasta donde se localizan los productos, 2. Desde un punto de un producto hasta otro de otro producto y 3. Desde la localización de un producto hasta la zona de operaciones (Pascual, 2012).
- **Extracción:** Esta fase se subdivide en dos partes. Primero, se realiza la extracción por medio de equipo especializado como montacargas o grúas. Se procede a calcular el recuento de piezas sobrantes y se devuelve cualquier excedente (Pascual, 2012). La segunda parte corresponde a la ubicación del o los productos sobre equipo especializado como pallets, cajas, contenedores etc. para ser transportado con mayor facilidad (Pascual, 2012)
- **Verificación y acondicionamiento:** En esta fase es necesario controlar, embalar, pesar, etiquetar, etc. a las cajas o contenedores para la entrega final (Pascual, 2012). Así mismo, se procede a trasladar el material y clasificarlo de acuerdo a la entrega de clientes (Pascual, 2012).

2.17. Simulación

La simulación es una herramienta por medio de la cual se puede imitar una o varias operaciones de uno o varios procesos del mundo real (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004).

Sin importar si esta es realizada a través de métodos manuales o en computadora, el objetivo final es mejorar la eficiencia y efectividad en las organizaciones (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004). Justamente, esto se logra a través del planteamiento de un modelo de simulación que toma una serie de características y asunciones del sistema en la vida real. Una vez estructurado dicho modelo con todas sus particularidades, se pueden generar múltiples escenarios con situaciones que responderán a la pregunta “qué pasaría si...” (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004).

Según Kelton, Sadowski y Sturrock (2004), el poder de la simulación radica en que se pueden probar cambios potenciales en un sistema a través sin tener que realizarlos para así poder evaluar el impacto que estos tendrían en el rendimiento. Así mismo, utilizando la simulación, se podría probar la efectividad que tendrían nuevos sistemas que aún no han sido construidos o en donde la complejidad del mismo no permite modelarlo en forma matemática utilizando un modelo de optimización (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2004).

2.17.1. Tipos de simulación

Las dos categorías presentadas por Banks, et. alia (2004) son:

- Sistemas discretos:

Este tipo de sistema presenta variables cuyos valores solo podrán cambiar hacia puntos discretos en el tiempo. Un ejemplo claro de este concepto es un banco en donde el número de clientes se presentan como entidades discretas del sistema.

- Sistemas continuos:

Este tipo de sistema presenta variables cuyos valores cambian continuamente a través del tiempo. El nivel de agua en una hidroeléctrica presenta un sistema continuo ya que el agua varía continuamente debido a la evaporación y nivel de lluvia.

2.17.2. Componentes de un modelo de simulación

Los componentes básicos de un modelo de simulación que representa a un sistema son los siguientes:

- Sistema: grupo de objetos interdependientes e interrelacionados que tienen un fin en común (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004).

- Entidades: representan el objeto de interés que se mueve a través de un sistema simulado. Por ejemplo, clientes, máquinas, material, etc (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004).
- Atributos: características o propiedades específicos de una entidad. Por ejemplo, capacidad, velocidad, tipo, etc (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004).
- Recursos: son elementos utilizados por las entidades que tienen características propias y se encuentran en cantidades limitadas (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004)
- Eventos: cualquier acción que cambia el estado de un sistema (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004)
- Actividades: representa un periodo de tiempo específico con inicio conocido (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004).

2.17.3. Medidas de desempeño en una simulación

Existen 4 distintas categorías para las medidas de desempeño dentro de una simulación: tally, contadores, medidas de promedios en tiempo, máximos y mínimos

- Tally: es un estadístico obtenido a partir de observaciones individuales de datos. el tiempo en sistema y la demora promedio presentan ejemplos de esta medida de desempeño (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004).
- Contadores: cuentan e incrementan a medida que un evento ocurre (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004)
- Medidas de promedio en tiempo: representan ponderaciones de variables en un lapso de tiempo de ocurrencia (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004)
- Máximos y mínimos: muestran los valores más altos o bajos obtenidos de comparaciones específicas (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004).

2.17.4. Módulos del software de simulación Arena

Los módulos básicos del software de simulación Arena utilizados para este proyecto son los siguientes:

- *Create*: este módulo crea las entidades que van a circular por el sistema de simulación (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2004)

- *Process*: este módulo representa los procesos que ocurren dentro de un sistema. El mismo incluye el tiempo que emplea una entidad en este módulo, la cantidad de recursos asignados y especifica el tipo de cola que se tiene (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2004)
- *Assign*: este módulo asigna variables o atributos específicos a las entidades que se crean después del módulo *create* y atraviesan al módulo *assign* (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2004).
- *Dispose*: este módulo se encarga de almacenar información generada por los atributos al salir del sistema (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2004).

2.17.5. Pruebas de bondad de ajuste

El objetivo de este análisis es identificar si los datos obtenidos pueden ser representados adecuadamente por la distribución de probabilidad sugerida (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004). De esta manera, se está probando la hipótesis nula que establece que los datos son observaciones independientes e idénticamente distribuidas a partir de una distribución de probabilidad y parámetros sugeridos previamente (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004). Dos pruebas son las más utilizadas para este propósito:

- Chi-cuadrado:

Esta prueba formaliza la comparación de histogramas de los datos obtenidos contra la forma de la función de densidad o masa de la distribución sugerida (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004). Cabe recalcar que esta prueba es válida únicamente al momento de tener un tamaño de muestra grande y es útil para distribuciones continuas o discretas. Para aplicar esta prueba se necesita ordenar n observaciones en k intervalos y luego aplicar la siguiente prueba estadística:

$$\chi_o^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

O_i = representan las frecuencias observadas en el intervalo i

E_i = representan las frecuencias esperadas en el intervalo i y es calculada a partir de la multiplicación de n datos por la probabilidad asociada con el intervalo i

Dado que χ_o^2 sigue una distribución chi-cuadrado con $k-s-1$ grados de libertad donde k representa el número de intervalos y s el número de parámetros de la distribución sugerida, se puede tener las siguientes dos hipótesis:

Ho: la variable aleatoria X se ajusta adecuadamente a la distribución sugerida con parámetros establecidos

H1: la variable aleatoria, X , no se ajusta adecuadamente a la distribución sugerida con parámetros establecidos

La hipótesis nula se rechazará utilizando el siguiente criterio: $\chi_o^2 > \chi_{\alpha, k-s-1}^2$

(Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004)

- Kolmogorov-Smirnov:

Esta prueba es utilizada específicamente cuando se tiene un tamaño de muestra pequeño y no se han estimado los parámetros de la distribución sugerida \hat{F} (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004). Lo que esta prueba hace es sobreponer la función de la distribución sugerida sobre la función empírica encontrando la distancia absoluta máxima para así determinar el ajuste de dicha distribución. De esta manera, se utiliza la siguiente prueba estadística para probar las mismas hipótesis presentadas en la prueba anterior:

$$D_n = \max(D_n^+, D_n^-)$$

donde

$$D_n^+ = \max \left[\frac{i}{n} - \hat{F}(X_i) \right]$$

$$D_n^- = \max \left[\hat{F}(X_i) - \frac{i-1}{n} \right]$$

X_i = valor ordenado i -ésimo

La hipótesis nula se rechazará utilizando el siguiente criterio: $(\sqrt{n} + 0.12 + \frac{0.11}{\sqrt{n}})D_n > c_{1-\alpha}$

Aquí, $c_{1-\alpha}$ toma los siguientes valores dependiendo del nivel de significancia α :

$1 - \alpha$	$c_{1-\alpha}$
0.85	1.138
0.9	1.224
0.95	1.358

0.975	1.480
-------	-------

2.18. Muestreo de aceptación

El muestreo de aceptación provee una alternativa a la inspección al 100%. Dada esta premisa, esta metodología de inspección resulta conveniente cuando las pruebas realizadas son destructivas, cuando la inspección 100% no es tecnológica ni físicamente factible, cuando se va a incurrir en mayores errores al inspeccionar artículo por artículo, entre otros (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, 2010). Así, los planes de muestreo se pueden clasificar en dos grandes grupos: por variables que representan características de calidad de un producto que es posible medir de acuerdo a una escala numérica y atributos que son características de calidad que dictaminan si un producto “pasa o no pasa” una inspección (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, 2010). Dentro de la categoría de atributos se subdivide a los planes de muestreo en tres:

- Plan de muestreo único: se inspeccionan n unidades de un lote de las cuales se tendrá un número de aceptación de defectuosos c . De esta manera, si existen c o menos unidades defectuosas en la muestra de n unidades, se aprueba a todo el lote (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, 2010).
- Planes de muestreo doble: en este tipo de plan se toma una muestra inicial y en base a los datos obtenidos en la misma, se determina si se debe tomar otra muestra, se debe aceptar el lote o rechazarlo. En el caso de que se toma una segunda muestra, se deberá combinar ambas muestras para determinar si se acepta o no a un lote (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, 2010).
- Planes de muestreo múltiple: este plan es una extensión del muestreo doble. Aquí, la diferencia radica en que pueden ser necesarias más de dos muestras para determinar si se acepta o no a un lote. Además, en este plan los tamaños de muestra son más pequeños (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, 2010).

2.19. Prueba t de dos muestras

Esta prueba se utiliza para aceptar o rechazar la hipótesis nula que establece si existe o no diferencia entre las medias de dos muestras cuando las varianzas de dichas poblaciones normales no son conocidas (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005). La prueba t utiliza un estadístico t para probar si existe suficiente evidencia estadística para aceptar o rechazar la hipótesis nula. En general, existen dos suposiciones que se deben realizar previamente en la aplicación de esta prueba. La primera es asumir que las varianzas de las son iguales pero desconocidas. La segunda es asumir que las varianzas son distintas y desconocidas para las dos distribuciones (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005). En este estudio se asume que las varianzas son diferentes y desconocidas por lo que se utiliza el siguiente estadístico para probar la validez de la hipótesis nula:

$$T_o = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 representan las medias de las dos muestras respectivamente.

s_1 y s_2 representan las desviaciones estándar de las dos muestras respectivamente.

Δ_0 representa la diferencia de medias que se está probando con la hipótesis nula

n_1 y n_2 representan los tamaños de las muestras (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005)

En esta prueba, los grados de libertad de la distribución t estarán dados por:

$$v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 + 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 + 1}} - 2$$

Donde:

s_1 y s_2 representan las desviaciones estándar de las dos muestras respectivamente.

n_1 y n_2 representan los tamaños de las muestras (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005)

2.20. Prueba no paramétrica Mann-Whitney

Esta prueba se utiliza para determinar si las medias μ_1 y μ_2 de dos muestras de poblaciones continuas e independientes X_1 y X_2 , son iguales o no (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005). De esta manera, se está probando las siguientes dos hipótesis: $H_0: \mu_1 = \mu_2$ y $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$.

Para aplicar esta prueba primero se ordenan todas las observaciones de las dos muestras en orden de magnitud ascendente para luego asignar rangos a los mismos (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005). Si se define a W_1 como la suma de rangos de la muestra menor, y W_2 se establece como la suma de la otra muestra, entonces $W_2 = \frac{(n_1+n_2)(n_1+n_2+1)}{2} - W_1$ (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005).

De esta manera, si las sumas de los rangos no difieren, se concluiría que las medias son iguales para las dos poblaciones. No obstante, si difieren mucho se deberá considerar el valor crítico utilizando un nivel de significancia apropiado y observando en tablas dados los tamaños de las dos muestras n_1 y n_2 respectivamente (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005).

2.20.1. Independencia de muestras

Existen múltiples pruebas para determinar si dos muestras son independientes o no. No obstante, la que se utilizará en este trabajo serán las tablas de contingencias. Esta prueba ayuda a determinar si “dos métodos de clasificación son estadísticamente independientes” (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005). En esta, se tienen dos métodos de clasificación: uno en r niveles y en otro c columnas. Así, la hipótesis que se quiere probar es si estos dos métodos de clasificación son independientes uno de otro (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005). Si p_{ij} es la probabilidad de elegir un elemento de la celda ij , entonces $p_{ij} = u_i v_j$ donde u_i representa la probabilidad de seleccionar un elemento de la fila i y v_j representa la probabilidad de seleccionar un elemento de la columna j (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005). Bajo el supuesto de independencia, se tiene lo siguiente:

$$\hat{u}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^c O_{ij}$$

$$\hat{v}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r O_{ij}$$

De aquí que la frecuencia esperada es la siguiente:

$$E_{ij} = n\hat{u}_i\hat{v}_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^c O_{ij} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^r O_{ij}$$

Así, el estadístico de prueba es:

$$x_o^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Este estadístico tiene una distribución chi-cuadrado con $(r-1)(c-1)$ grados de libertad. La hipótesis nula de independencia se rechazará si $x_o^2 > x_{\alpha, (r-1)(c-1)}^2$ (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005).

Capítulo 3

3.1. Descripción de la situación actual de la bodega de ensamblaje final

3.1.1. Descripción de las zonas manejadas en el sistema de almacenamiento actual

En la actualidad, la bodega de ensamblaje final de Aymesa S.A. se divide en tres zonas principales. Las mismas, se detallan a continuación:

- Zona de almacenamiento de *Complete Knock Down* (CKD)

En este espacio físico se almacena el material proveniente de las bodegas ubicadas en Calacali, Av. Granados (sector el ciclista) y San Jorge (sur de Quito) que a su vez es importado directamente desde Corea. Existen tres puntos de control para este tipo de material. En primera instancia, se revisa en el puerto de Esmeraldas que los contenedores no hayan sido abiertos ni tengan algún tipo de golpe o mutilación. Luego, en las tres bodegas mencionadas previamente, se vuelve a revisar que el material se encuentre en buen estado y en las cantidades adecuadas. Por último, una vez que es transportado a la planta en el sur de Quito, se revisa nuevamente que las cajas de CKD no hayan sido abiertas ni tengan golpes.

Únicamente lotes completos pueden ser pedidos desde las bodegas previamente mencionadas. Así mismo, cada lote de cada modelo producirá distinta cantidad de unidades. Así, para el modelo Cerato con un lote se podrán producir 40 unidades, para el modelo Sportage se podrán producir 30 unidades para el modelo Rio se producirán 40 unidades (Catota, 2014). Cada caja de CKD puede contener material metálico (codificación KL para los modelos Rio y Sportage. F y C para el modelo Cerato), material plástico con componentes más livianos (codificación KM) o material pesado (Catota, 2014). Las dimensiones aproximadas son: ± 110 cm X 150 cm ó $\pm 2m^2$ para las cajas KM y ± 230 cm X 200 cm ó $\pm 5m^2$ para las cajas KL (Catota, 2014).

En esta zona se maneja dos montacargas con conductores designados quienes están encargados del transporte del material desde este sitio hasta la zona de apertura de CKD. Actualmente, no existe ningún procedimiento o estándar en el almacenamiento de CKD.

Únicamente, se basa en la experiencia de la persona encargada del montacargas. De esta manera, se maneja un almacenamiento aleatorio y no existe ninguna codificación en las perchas. Aparte de esto, si el material es recibido en horas de la noche o madrugada se sigue el mismo procedimiento de recepción normal pero se lo almacena en el área de almacenamiento temporal de CKD. Ver ANEXO 2.

Es necesario mencionar que cada contenedor de CKD contiene varias cajas de cartón más pequeñas o material y este número dependerá del modelo de vehículo a ensamblar. Aparte, se tienen las siguientes especificaciones referentes al número de contenedores y desglose por cada lote de cada modelo:

Tabla 6: Número de cajas por modelo de vehículo

Modelo	Número de contenedores de CKD para un lote	Número de contenedores KM	Número de contenedores KL	Material pesado	Número de contenedores F	Número de contenedores C
Rio	43	18	12	13	-	-
Cerato	70	20	12	38	-	-
Sportage	74	12	-	62	20	12

Fuente: Entrevista con Catota, R. 2014. Elaboración propia

Por otro lado, la estructura utilizada para el almacenamiento en esta zona son perchas metálicas de altura variable. Las mismas constan de 3 niveles con una altura total aproximada de 10 m. y son utilizadas para almacenar los lotes de CKD. Aquí, únicamente el modelo Cerato ocupará dos perchas completas para almacenar un lote de CKD. Para los modelos Rio y Sportage solo se necesitará una percha (Catota, 2014).

- Zona de almacenamiento de material local

Aquí se almacena todas las partes que son importadas desde la región andina y el Ecuador. Este espacio es necesario ya que los proveedores llegan esporádicamente durante el día y se requiere de un espacio físico para almacenar este material. Aparte, la administración ha creído conveniente separar el material local del importado para facilitar el proceso de reclamos. De igual manera que en el área anterior, cada vez que llega cualquier componente a ser ensamblado

se revisa si este llegó en la cantidad adecuada y el estado físico de las cajas o empaques. Cabe mencionar que los empaques son sustancialmente más pequeños comparados a los de CKD y estos son ubicados directamente en las estanterías o racks proporcionados para esta operación mediante el uso de un montacargas eléctrico. Aparte de esto, debido a que las cajas son menores en tamaño, se requieren muchos más pedidos y abastecimientos para abastecer un lote completo.

En esta zona se maneja un almacenamiento aleatorio y es la experiencia de los operarios la que dictamina en qué lugar se debería almacenar los materiales. El equipo manejado para esta área consta de un rack de altura variable con tres niveles y varios coches o estanterías con diseños específicos para así almacenar todo el material proveniente de los proveedores. Por otro lado, es necesario destacar que en esta bodega existen tres encargados. Esto ocasiona que muchas veces exista confusión y desorganización especialmente en la parte de documentación.

- Zona de apertura CKD

Dedicada exclusivamente a la apertura de cajas de CKD e identificación para el almacenamiento en la siguiente zona. En esta área se tienen 3 espacios designados para la apertura del material relativamente liviano (KM) y 3 para la apertura de material pesado (KL y material metálico).

Una vez abiertas las cajas, estas son codificadas con los listados de la producción diaria y organizadas para llevarlas a la siguiente zona de acuerdo a la posición de la línea en donde va a ser trasladada. Este transporte se lo realiza mediante el uso de montacargas manuales.

- Zona de Distribución

Aquí se almacena el material CKD una vez que se lo ha abierto y codificado en la zona de apertura. En este espacio, dada la cantidad de componentes que se deben manejar, se ha realizado un trabajo más profundo por parte de Aymesa S.A. De esta manera, esta zona cuenta con identificación por pasillos y niveles de almacenamiento en estanterías. Actualmente, se cuenta con 7 pasillos y 3 niveles para las estanterías. Así mismo, las filas están dispuestas de manera que se tenga una para cada modelo. Adicionalmente, como la línea de producción maneja una mezcla de unidades; es decir, no se produce por lotes, se tiene una fila adicional para almacenar material de aquel modelo que tenga una mayor producción en el día y requiera de mayor espacio

para almacenar el material que va a ser entregado a la línea. De esta manera, se tiene un total de 4 filas, las mismas que cuentan con un día de inventario para la línea y un máximo de un lote, en espacio físico, para almacenar.

A pesar de esta disposición, no se almacena todo el material aperturado únicamente en las estanterías o perchas. De hecho, se divide al material que puede sufrir mutilaciones del que no, colocando este último en las estanterías y el otro en racks o coches diseñados especialmente para contener el material evitando así cualquier daño. Por otro lado, cada fila de cada modelo cuenta con espacios designados específicamente para las cajas que van a ser trasladadas a las distintas estaciones de la línea, teniendo así un almacenamiento dedicado. Las estaciones que actualmente se manejan en la parte de ensamblaje final se muestran en el ANEXO 1.

Para el desarrollo de estas operaciones, se cuenta con ocho operarios quienes deben cumplir con ocho listados de materiales distintos y ubicarlos ya sea en tres vagones a su cargo, utilizados para el material que no sea propenso a mutilaciones, o racks diseñados especialmente para aquel material que sí puede llegar a mutilarse o dañarse. Los vagones proporcionan un sistema de transporte de material que cuenta con tres niveles en donde se almacena el material recolectado. Este es dispuesto en gavetas de cuatro tamaños distintos (mediana, grande, extra grande, extra extra grande) o simplemente se lo coloca encima de cada nivel de esta estructura para posteriormente ser trasladado a la línea. Por otro lado, los racks son estructuras metálicas diseñadas exclusivamente para la pieza o componente que este va a sostener. De esta manera, cuenta con formas y espacios específicos, convirtiéndose en un sistema poka-yoke.

Cabe recalcar que todas las zonas mencionadas anteriormente, se rigen de acuerdo a la mezcla de unidades que se producirán durante el día. De esta forma, los pedidos de CKD que pasarán por el área de apertura y posteriormente irán a la zona de distribución, serán los adecuados para que la línea de producción no tenga faltantes. Así mismo, para entender de mejor manera cuál es la disposición física de estas tres zonas, el ANEXO 2 presenta un layout de estas áreas.

3.1.2. Descripción general de las operaciones manejadas en el sistema de almacenamiento actual

Se detallan a continuación todas las operaciones desde el recibo de CKD a las tres bodegas mencionadas en la anterior sección hasta la distribución de material a las estaciones en la línea productiva perteneciente al ensamblaje final.

- Importación de material CKD

En este proceso se importa directamente desde Corea todos los componentes que serán ensamblados para producir los tres modelos de KIA (Sportage, Cerato y Rio). Para esto, se realiza una planificación de producción, se informa a las autoridades pertinentes acerca de la importación y se subcontrata a una empresa de transporte para enviar el material desde el puerto de esmeraldas hasta las bodegas. El encargado de este proceso es el supervisor de logística designado por la gerencia del departamento de materiales de Aymesa S.A. Es necesario aclarar que a pesar de que la gran mayoría de partes son producidas en Corea, por la ley de sustitución de importaciones, existen varias partes que deben ser importadas desde países latinos; no obstante se sigue exactamente el mismo proceso de importación. Por otro lado, la frecuencia de importación estará dictaminada completamente por las órdenes de producción que se tendrán a lo largo del mes. De esta manera, se podrá planificar de acorde a esta información e importar la cantidad adecuada de material

- Control de inventario de partes locales y CKD en las estaciones de la línea productiva

Aquí se realiza el control visual, por parte de los 8 operarios de distribución, del material que quedó del día anterior en las posiciones de almacenamiento de la línea productiva. No se realiza ningún registro por escrito sino que se informa al supervisor del área de apertura para que este pida el material que se necesita. Sin embargo, de necesitarse un material con urgencia, se informa a la bodega inmediatamente para que de esta manera no se pare la línea. La frecuencia que tiene este proceso es diaria y se la realiza al inicio de la jornada laboral. Luego, esta se repite a lo largo del día a medida que el material se va consumiendo.

- Control de inventario, pedido de CKD y partes locales mediante sistema informático

El encargado de la bodega revisa la secuencia de producción correspondiente al mes y verifica si tiene la cantidad de inventario suficiente para la producción en el sistema “pirámide”. Si esta es suficiente, no se realiza ninguna acción. Caso contrario, se contacta con las bodegas externas e ingresa una orden para traer el material a través del sistema “pirámide”. Este proceso se lo realiza periódicamente cada vez que se necesite de mayor cantidad de material CKD en la bodega de la planta. Por otro lado, si luego de revisar el sistema “pirámide” se observa que se necesita material de procedencia local, el encargado de la bodega debe contactarse con el supervisor de logística que a su vez se contactará con los proveedores pertinentes para realizar un pedido y así poder abastecer a la línea de acuerdo a la secuencia de producción.

- Recepción de CKD y partes locales en planta

En este proceso se realizan operaciones de desembarque del camión o plataforma que contiene el material CKD o partes locales, se controla que la cantidad pedida sea la misma que la que se encuentra físicamente, se controla que el material no se encuentre dañado o mojado y se ingresa la información al sistema “pirámide” de Aymesa S.A. De igual forma que en proceso anterior, todas estas operaciones estarán a cargo del supervisor de logística designado por el departamento de materiales. En este proceso, la recepción de material, por parte de bodegas externas y proveedores, se lo realiza durante todo el día y no necesariamente durante la jornada laboral. Es por este motivo que si la recepción se la hace en la noche o madrugada, se procede a almacenar el material en el área de almacenamiento temporal de CKD (Ver ANEXO 2) pero con el mismo procedimiento de recepción de horas laborales normales. De hecho, lo único que cambia es el encargado y los operarios. Por otro lado, se procede de manera muy similar si se reciben partes de origen local. Las mismas son revisadas si llegaron en las cantidades adecuadas y si no presentan defectos. De igual forma, se introduce la cantidad de material en el sistema “pirámide” y se almacena agrupando el material similar siempre y cuando exista el espacio requerido. La principal diferencia está en que el material de procedencia local no viene en contenedores y no requiere del proceso de apertura presentado posteriormente.

- Almacenamiento en bodega de CKD y partes locales

Aquí únicamente se realizan actividades de ubicación del material, previamente desembarcado y controlado, en las bodegas adyacentes a la planta de ensamblaje final. Para esto,

se analiza la disponibilidad de espacio físico, se agrupa el material de acuerdo a tipo, código, similitud, modelo, volumen y peso. Aparte de esto, se controla que los empaques no hayan sido abiertos ni estén en malas condiciones. El encargado de esta operación es el encargado de logística conjuntamente con el jefe de bodega quién a su vez tiene a su cargo dos operarios conductores de montacargas. Los mismos, trabajan toda la jornada laboral de ocho horas y están moviendo carga desde las bodegas de CKD hacia el área de apertura.

- Consolidación de pedido y entrega de CKD

En este proceso se realizan actividades de picking por parte de los dos operarios encargados del manejo de los dos montacargas en el área de almacenamiento de CKD. Los mismos consolidan el material que se requiere en el área de apertura y distribución de acuerdo a una orden que entrega el encargado de la bodega de almacenamiento CKD que a su vez proviene del área de apertura a través del sistema “pirámide”. De esta forma, los dos trabajadores siempre deben permanecer en contacto a fin de que la línea no pare por falta de material. Así, una vez recolectado los componentes necesarios se procede a trasladarlos hacia el área de apertura. Cabe recalcar que las cargas manejadas en este proceso son grandes, tal como se detalló en la sección 3.1.1., por lo que los dos operarios de la bodega de CKD únicamente levantan una sola carga por vez o hasta un máximo de dos. De esta manera, no cuentan con horarios establecidos sino que al contrario deben estar todo la jornada laboral transportando cargas entre el área de almacenamiento de CKD y apertura a medida que se presente algún requerimiento. No sucede lo mismo con las partes locales ya que como se mencionó previamente son cajas más pequeñas y no contenedores por lo que después de ser almacenadas son distribuidas directamente hacia la línea y no pasan por el proceso de apertura de material CKD

- Apertura de CKD

En esta etapa del proceso de manejo de materiales se realizan operaciones referentes a pedidos de material a la bodega de CKD, apertura de los contenedores de material, identificación, controles de contenido, cajas dañadas, mojadas o en mal estado y registro en el sistema informático “pirámide”. En este proceso, una vez que se han abierto los contenedores, se coloca el material ya sea en coches (racks especiales para material metálico) o montacargas manuales. La diferencia está en que el material colocado en los montacargas es contenido dentro de cajas de cartón y debe ser identificado para posteriormente ser perchado en el área de

distribución. En cambio, el material metálico, ubicado en los coches, no es identificado sino que los mismos operarios por experiencia ya saben que material pertenece a cada coche y viceversa. Aparte de esto, ya saben en qué posición física dentro de la planta va a ir cada coche. El encargado de esta parte del proceso es el supervisor del área de apertura y almacenamiento en estanterías quién también tendrá la responsabilidad de realizar los pedidos correspondientes al área de almacenamiento en bodega para así no tener faltantes.

- Almacenamiento en estanterías

Este proceso consta únicamente de actividades referentes a la colocación del material en las estanterías del área de distribución. Una vez que el material contenido en cartones ha sido identificado, se procede a ubicarlo en posiciones específicas designadas para cada caja o parte. Una vez más se revisa que las cajas o componentes se encuentren en buen estado para ser almacenadas para luego ser distribuidas a la línea. Todo este proceso se lo realiza mediante el uso de montacargas manuales y levantamiento de carga. De igual manera que en el proceso anterior, se cuenta con el mismo encargado ya que este constantemente debe revisar qué material falta para ser pedido desde la bodega de material CKD.

- Distribución a la línea

Este es el último proceso llevado a cabo en el manejo de materiales para la línea de ensamblaje final. En este, se realizan actividades de picking del material requerido y transporte, de acuerdo al plan de producción diario, para el posterior ensamblaje. Aquí, todo el material que se lleva a la línea productiva es registrado en el sistema “pirámide”. Aparte, todos los componentes recolectados ya sea de las estanterías, coches o partes locales son luego trasladados a las estaciones correspondientes y colocadas en los lugares designados para el material de acuerdo a la hoja de ruta provista por el departamento de materiales. El encargado de que se cumpla adecuadamente esta actividad es el Coordinador de distribución quien debe permanecer siempre en contacto con la persona encargada de apertura para realizar pedidos de material CKD. Cabe resaltar que la distribución se la realiza durante toda la jornada laboral a medida que el material se termina en el almacenamiento propio de la línea productiva.

3.1.3. Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo correspondientes a los procesos de la sección anterior se presentan en el ANEXO 3. Algunos de los procesos se presentan en un solo flujograma debido a su correlación y secuencia. De esta manera, se presenta la siguiente tabla dichos procesos que han sido combinados

Tabla 7: Procesos combinados para la elaboración de flujogramas.

Nombre del proceso	Procesos presentados en flujogramas
Control de inventario y pedido de CKD	Control de inventario, pedido de CKD y recepción de CKD en planta
Recepción de CKD en planta	
Apertura de CKD	Apertura CKD y perchado
Almacenamiento en estanterías	

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Mapa de la cadena de valor

Para la elaboración de la cadena de valor se tienen que tomar en cuenta los 3 macro procesos esenciales. Para el caso de Aymesa S.A., los macro procesos gobernantes incluyen varios procesos concernientes a la planificación y normas establecidas dentro del manejo de materiales. Los macro procesos productivos, detallados en la sección 3.1.2., tienen como objetivo final proporcionar material a la línea de ensamblaje satisfaciendo cualquier necesidad o requerimiento que la misma tenga. Por último, los macro procesos habilitantes incluyen controles de calidad, procesos de compras, recursos humanos, entre otros. Todos estos tendrán la finalidad de habilitar un manejo de materiales adecuado. Así, teniendo los anteriores aspectos en consideración, se desarrolló el siguiente mapa de la cadena de valor.

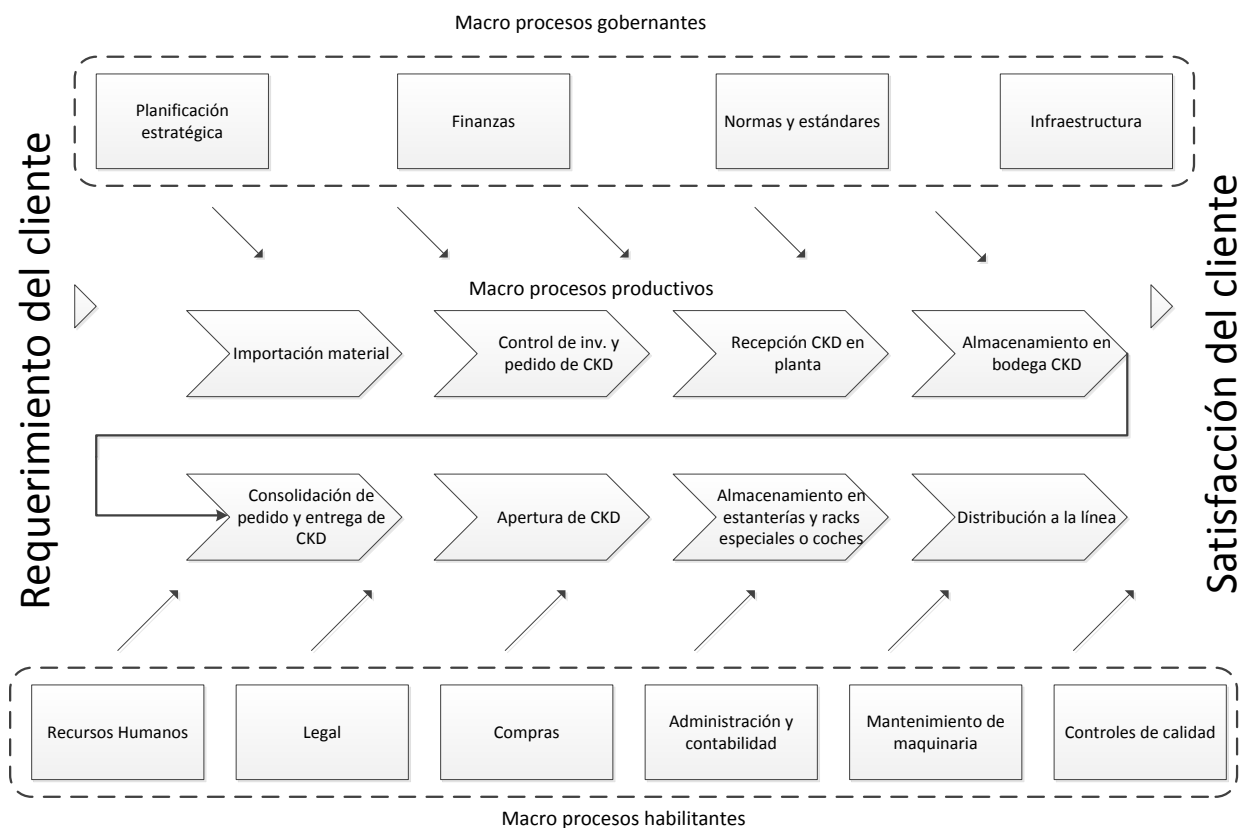


Figura 8: Cadena de valor para el manejo de materiales de Aymesa S.A. Elaboración propia

Cabe destacar que en este caso, el cliente y sus requerimientos son proporcionados por las diferentes estaciones que la línea de ensamblaje final tiene. De esta forma, el valor que se añade estará estrechamente relacionado con tiempos de respuesta y capacidad operativa que el sistema de manejo de materiales actual tenga. Así, si cualquiera de los tres macro procesos no está claro o falla esto significará que línea de producción pare.

3.1.5. Descripción de carga unitaria y equipo de manejo de materiales

El tamaño de carga unitaria nunca será el mismo dados los varios componentes que se manejan en el ensamblaje de cada uno de los tres modelos de vehículos. No obstante, una gran parte de los mismos (aproximadamente 80%) están contenidos en cajas de cartón con cantidades de ítems estándar para cada tipo de material. El resto de componentes que no viene en algún tipo de caja se lo almacena en coches en cantidades diferentes pero específicas para cada tipo de ítem tal como se describió en la sección 3.1.2. De esta manera, se puede considerar a cada coche como una carga unitaria.

El equipo de manejo de materiales utilizado dependerá de la zona en la cual se está trabajando así como el proceso que se esté llevando a cabo. Se detalla a continuación el equipo utilizado, desglosado por proceso.

Tabla 8: Equipo de manejo de materiales.

Proceso	Nombre del equipo	Cantidad
Recepción de CKD en planta	Montacargas	1
	Pallets de madera	Cantidad variable
	Pallets de metal	Cantidad variable
	Escalera	2
Almacenamiento de CKD en bodega	Montacargas	2
	Pallets de madera	Cantidad variable
	Pallets de metal	Cantidad variable
Consolidación de pedido y entrega de CKD	Montacargas	2
Apertura de CKD	Plataforma con ruedas	4
	Montacargas	1
	Patín hidráulico	5
Almacenamiento en estanterías y racks especiales o coches	Plataforma con ruedas	3
	Patín hidráulico	5
	Coches o racks especiales con ruedas	82
Distribución a la línea	Tractor-remolque eléctrico	5
	Carro recolector de lotes	21
	Plataforma con ruedas	5
	Contenedores plásticos (gavetas de tamaño M, L, XL, XXL)	70

Fuente: Elaboración propia

3.1.6. Descripción de los métodos de recolección de pedidos

Referente a la recolección de pedidos, Aymesa S.A. maneja dos métodos distintos de recolección. El primero, la recolección por zonas-lotes, es aplicado en el área de distribución. Debido a que la misma está organizada por estaciones y como cada operario tiene a su cargo un número determinado de estaciones, entonces el empleado tiene asignado una zona específica de la cual debe recolectar los pedidos. Además, se ha observado que los operarios recolectan el pedido para cada línea de producto de manera individual; es decir no mezclan las partes de cada modelo de vehículo sino que recolectan un pedido por modelo a la vez. Es por este motivo que el método de zonas-lotes aplica en este caso.

Por otro lado, en el área de almacenamiento de CKD y partes locales, se aplica el método de recolección discreto. Esto es debido a que se cuenta con dos operarios conductores de montacargas que deben recolectar el pedido de una sola línea de producto y entregarlo al área de apertura. Como las cajas son muy grandes no se puede trasladar más de una a la vez por lo que la recolección discreta aplica para este caso.

3.1.7. Estándares y normas de calidad en los procedimientos de almacenamiento de inventario y distribución.

Actualmente, la bodega de Aymesa S.A. maneja ciertos parámetros y normas que deben ser cumplidas para llevar a cabo las actividades de manejo de materiales. Las mismas son detalladas a continuación. Primero, el material CKD obligatoriamente debe estar con un día de anticipación a la producción en la bodega de almacenamiento. De esta manera, observando las órdenes de producción de todo el mes, el encargado de la bodega de la planta debe coordinar con el encargado de las bodegas externas para que así se pueda traer el material en el tiempo adecuado. Aparte de esto, solo se pueden pedir lotes completos para cada modelo de vehículo que se va a producir. Esta política es implementada ya que de lo contrario, se requeriría un control mucho más exhaustivo que necesitaría de mucho más personal, tiempo y dinero. Así mismo, como se mencionó anteriormente en la sección 3.1.1, cada lote abastecerá a distinta cantidad de unidades dependiendo del modelo a producirse. Así, no solo se debe tener en cuenta cuánta cantidad de vehículos se tiene que producir sino también el espacio necesario para almacenar los lotes completos en la bodega de CKD.

Otro estándar importante a considerar es que siempre se debe tener un lote completo en la zona de distribución y otro en el almacenamiento temporal que tiene la línea de producción a sus costados. Se ha observado que el material almacenado en estas zonas abastecerá aproximadamente a cinco unidades. De esta manera, si ocurriera cualquier tipo de inconveniente, la producción no parará ya que cuentan con reservas suficientes. Así mismo, todo el material a ser distribuido deberá ser ubicado en uno de los tres vagones a cargo de cada uno de los operarios que realiza el picking y distribuye el material a la línea. El material será ubicado en gavetas de tres tamaños, de acuerdo al listado de material a recolectarse (ver flujograma de distribución). Sin embargo, no se podrá pedir más material hasta que el lote completo se termine.

Todo el material a ser ingresado tanto a la bodega de la planta como al área de apertura y posteriormente a la distribución, deberá pasar por controles tanto de seguridad, con las guías de remisión, como controles de calidad y cantidad de material realizado por los operarios de descarga, apertura o distribución. Así mismo, las distintas personas encargadas de cada área deberán ingresar y actualizar el inventario existente en el sistema ““pirámide””. Además, deberán revisar que todo el material que consta en las guías de remisión esté completo. Caso contrario, deberá verificar personalmente o realizar un informe de que no ha llegado el material en la cantidad pedida. El mismo procedimiento se llevará a cabo en caso de que las cajas que contienen el material se encuentran golpeadas, dañadas o mojadas.

Al momento de desempacar el material, los operarios deben observar si el material puede sufrir daños para ponerlos en coches o en las estanterías. En las estanterías, cada fila deberá almacenar todo un lote de un solo modelo en las posiciones designadas (ver flujograma de apertura y almacenamiento en estanterías o coches). No sucede lo mismo con los coches, en donde se pone el material pero no necesariamente todo un lote. Para todo esto, uno de los estándares que se utilizan es la política de “first in first out”; no obstante, después de observar al proceso detenidamente, el material va saliendo más de acuerdo a la orden de producción diaria que se tenga que la política previamente mencionada.

3.1.8. “Bill of materials” (BOM de materiales)

Debido a que actualmente se manejan tres tipos de modelos de vehículos (Rio, Sportage y Cerato) ensamblados en Aymesa S.A., se cuenta con distintos listados de materiales para cada uno de los mismos. El listado de materiales completo así como la estación a la cual se va a

abastecer se presenta en el ANEXO 4. Como se puede observar en el mismo, son necesarias 332 partes para ensamblar un Sportage, 277 para un Rio y 301 para un Cerato.

3.2. Identificación de problemas en las operaciones de manejo de materiales

3.2.1. Problemas referentes a la línea productiva

Para la identificación de los problemas se procedió a concatenar la parte productiva de la planta con la distribución y manejo de materiales en Aymesa S.A. De esta manera, se podrían evaluar las ventajas o desventajas de cualquier tipo de cambio que se hiciera en el manejo de materiales. Aparte, se mantuvieron conversaciones tanto con operarios como con los respectivos supervisores encargados de cada zona mencionada en la sección 3.1.1. para conocer cuáles eran sus opiniones acerca de las dificultades presentes referentes al manejo de materiales.

De esta manera y en primer lugar, se procedió a tomar algunos tiempos referentes a la producción que se tiene en la línea. Las estaciones fueron identificadas y descritas en el ANEXO 1, mientras que los tiempos promedios se muestran en el ANEXO 5. Cabe recalcar que no se realizó un estudio de tiempos profundo para evaluar el tiempo de cada estación. En esta sección lo que se quería conocer eran los tiempos a manera general para identificar qué estaciones son las más críticas y por lo tanto requieren mayor atención. Seguido a esta toma de datos, se elabora el siguiente gráfico de Pareto para observar qué estación es la que presenta un mayor tiempo de ciclo.

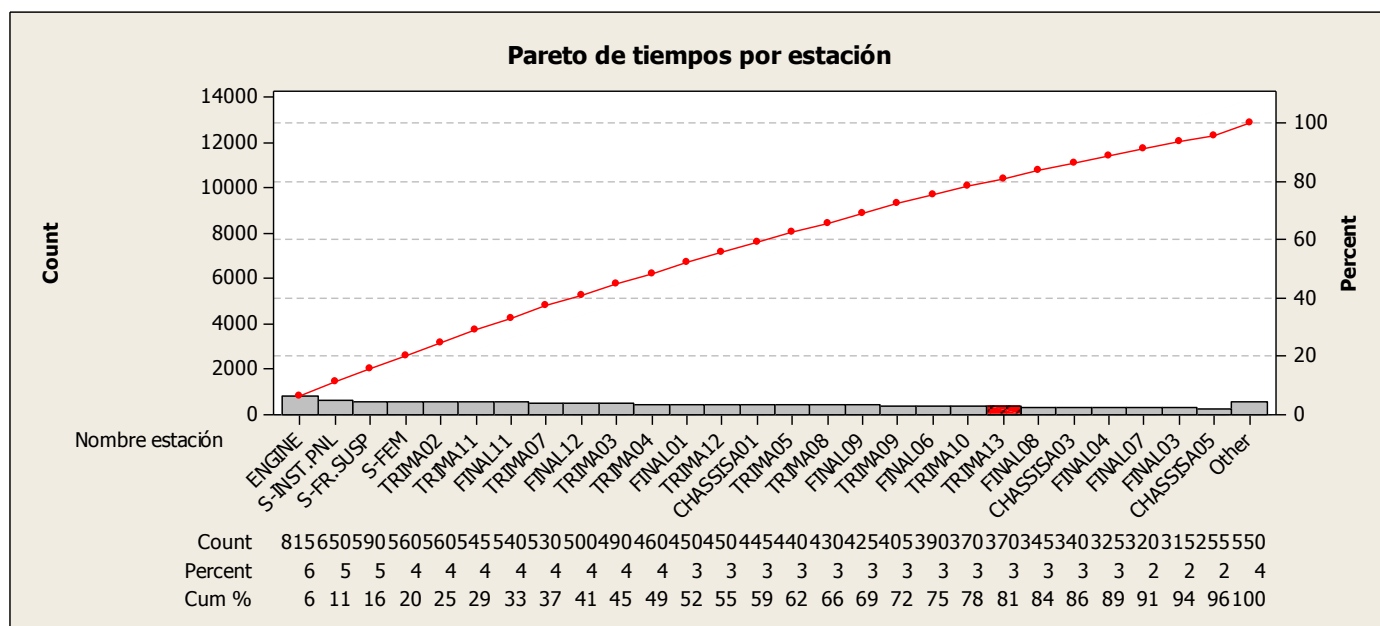


Figura 9: Diagrama Pareto del tiempo que se demora cada estación de ensamblaje final. Elaboración propia

En el gráfico anterior no se puede apreciar claramente la relación de Pareto de 80-20. Sin embargo, se puede apreciar que las estaciones que más aportan al tiempo que se demora un vehículo en ser ensamblado son las estaciones de sub ensamblaje y las de Trim. Esta relación puede ser evaluada de mejor manera al obtener el promedio del tiempo que se demora cada estación mencionadas previamente. Con esto, se elabora nuevamente el siguiente diagrama de Pareto:

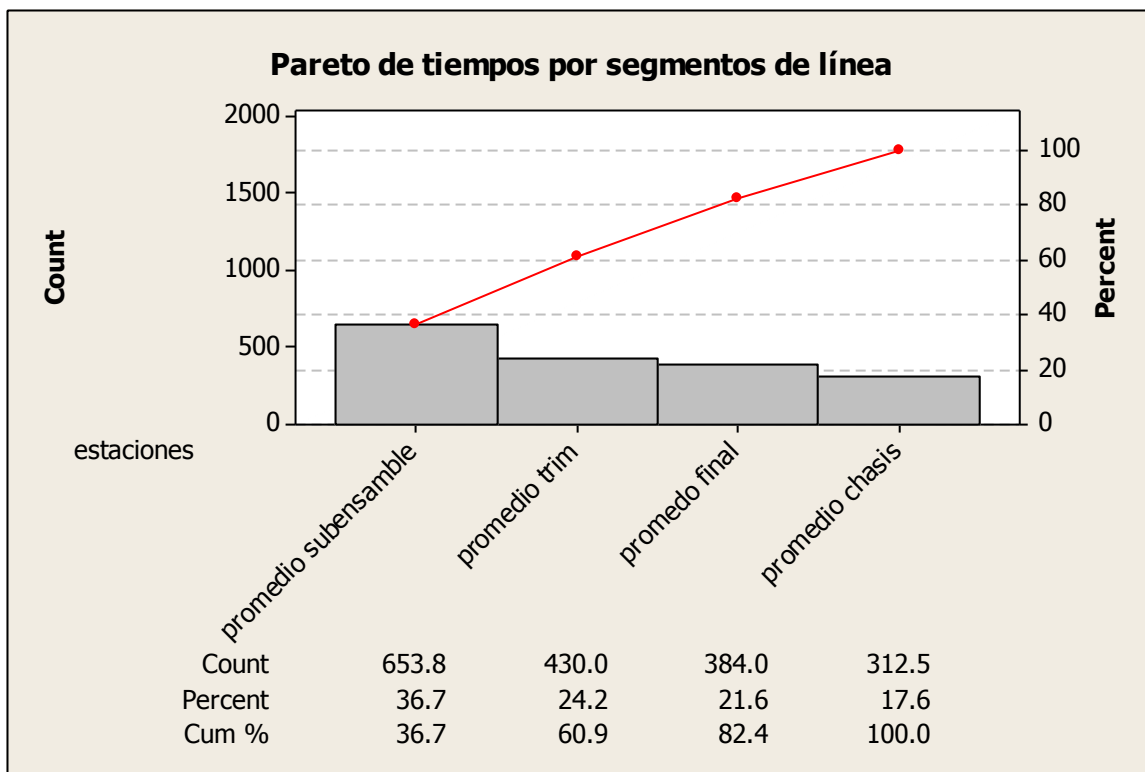


Figura 10: Diagrama de Pareto del tiempo promedio por segmento de línea

Del gráfico anterior claramente se puede notar que el segmento de la línea perteneciente a los sub ensambles, Trim y Final son los que más tiempo de ciclo tienen al ensamblar un automóvil. De esta manera, estas estaciones deberán ser controladas, por parte de los operarios de manejo de materiales, mucho más de cerca.

Aparte de la toma de tiempos, se mantuvieron varias conversaciones con los supervisores y operarios encargados del manejo de materiales para corroborar la existencia de problemas especialmente en las estaciones que mayores tiempos de ciclo presentan de acuerdo a las figuras anteriores. Los mismos justamente señalaron que las estaciones de sub ensamblaje y Trim eran particularmente sensibles a la falta de material. Esto se da en razón de que es muy difícil, sino imposible, montar ciertos componentes que hayan faltado de ensamblar en los dos segmentos de línea previamente mencionados. Es por este motivo que si no existe la cantidad adecuada de material al momento que se necesite para sub ensamblar una parte de un vehículo, la línea obligatoriamente deberá parar. Por otro lado, y específicamente para el caso del sub ensamblaje del motor (estación con mayor tiempo de ciclo), se pudo evidenciar que los operarios constantemente deben ir hacia la línea productiva y verificar qué modelos de vehículos están

siendo producidos para así poder ensamblar la cantidad adecuada de motores de acuerdo al número de modelos que se tenga. Esto a su vez ocasiona que no se tenga un control adecuado sobre la cantidad de materiales que se tiene que ingresar sino que por el contrario, los operarios deben revisar constantemente a la línea ocasionando pérdidas de tiempo.

Es importante mencionar que las estaciones con un mayor tiempo de ciclo no necesariamente van a ser las que dictaminan el ritmo de la línea (Hopp & Spearman, 2008). Es por este motivo que aparte de lo previamente establecido, se calculó la(s) estación(es) que eran cuello de botella. Para esto se tomaron los tiempos del ANEXO 5 y se consideró al número de operarios en cada estación como un análogo del número de máquinas para así realizar los cálculos de capacidad y tasas de producción. Los cálculos fueron realizados utilizando los conceptos presentados en la sección 2.7 y se muestran en el ANEXO 6. Así, se encontró que la estación CHASSISA03 es el cuello de botella y debe ser abastecida y monitoreada mucho más de cerca por parte del equipo de manejo de materiales pues como esta estación marca el ritmo de la línea, si no tiene el material suficiente en el tiempo adecuado, la línea no podrá alcanzar el nivel de producción deseado teniendo que incurrir en horas extras perjudicando económicamente a la empresa.

Un análisis similar se ejecutó en cuanto a la distribución de material. En este caso, se procedió a medir cuánto tiempo se demoraban los operarios en las actividades inherentes a la distribución del material a la línea. Debido a que estas operaciones no son estándar, pues la producción es muy irregular además de que la secuencia de vehículos que van a ser ensambladas casi nunca se cumple, se utilizó la matriz de valor agregado para identificar actividades que no agregan valor. Los datos se muestran en el ANEXO 7. Los mismos fueron obtenidos durante operaciones normales en la línea; es decir, sin que existan faltantes o actividades fuera de lo común para los operarios de distribución. Es importante mencionar que las actividades resaltadas en gris se realizan recurrentemente y después de varias conversaciones con los operarios encargados de la distribución, se llegó a la conclusión de que en una jornada laboral normal se las realiza en promedio 30 veces. Otro punto importante a mencionar es que se asume que los trabajadores han preparado el vagón correspondiente para la producción el día anterior. Es por este motivo que las actividades involucradas en la preparación de estos vagones solo se realizan una vez y luego solo se distribuye el material que ya se tenía preparado con anterioridad. Lo que sí sucede es que como la producción cambia sin previo aviso muchas veces tienen que distribuir

material de dos vagones. Por último, para la realización de la matriz se consideró que el cliente es la línea productiva cuya necesidad es tener la cantidad adecuada de material. De esta manera, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 9: Resumen matriz valor agregado. Fuente: elaboración propia

Total actividades durante jornada laboral	175
Porcentaje de actividades VAC	18.86%
Porcentaje de tiempo VAC	32.69%
Porcentaje de actividades VAN	1.14%
Porcentaje de tiempo VAN	0.85%
Porcentaje de actividades que no agregan valor	60.57%
Porcentaje de tiempo que no agrega valor	18.39%

Como se puede evidenciar en la anterior tabla, el porcentaje de actividades y tiempo que agregan valor al cliente son muy bajos. De hecho, la mayor parte del tiempo los operarios lo utilizan para trasladar el material hacia la línea, caminar hacia las diferentes estaciones y verificar la cantidad de material existente. Como se mencionó previamente, una de las principales razones por las cuales los operarios deben trasladarse tantas veces es la falta de cumplimiento de la secuencia de producción para el día. Aparte de esto, los operarios no cuentan con un sistema que les permita conocer la cantidad de material existente en la línea. Así, deben contar uno a uno los componentes perdiendo tiempo. Es por este motivo que el porcentaje de actividades que no agrega valor es tan alto.

Por otro lado, la línea de ensamblaje de Aymesa S.A. cuenta con un sistema de alertas el cual es usado y activado por los operarios de la línea productiva cada vez que surge algún inconveniente. Después de obtener dicha información, se filtró para que únicamente mostrara alertas referentes al área de materiales. La misma puede ser observada en el ANEXO 8. Cabe recalcar que la información que se logró conseguir data desde el mes de Enero del año 2014 hasta Junio de 2014 y es referente al área de ensamblaje final de la empresa bajo estudio. En el transcurso de dichos meses se han podido observar varias alertas de distintas categorías. Sin embargo, 335 alertas corresponden área de materiales, indicando que existen múltiples falencias a ser analizadas. Con esta información se procedió a elaborar nuevamente varios gráficos de Pareto para así evaluar cuál es la causa de falla que más se presenta así como en qué estación está ubicada y a qué modelo de vehículo corresponde. La codificación para el gráfico es la

siguiente: Las estaciones pertenecientes al área de chasis son codificadas desde C1 hasta C5. Las estaciones pertenecientes al área de Final son codificadas desde F1 hasta F14. Las estaciones pertenecientes a sub ensambles son codificadas con SF para sub ensamble FEM (radiadores, ventilación, etc), SM para sub ensamble de motores y ST para sub ensamble de tableros. Para las estaciones de TRIM se utiliza la codificación que va desde T1 hasta T14. Las alertas pueden tener tres categorías dependiendo de la gravedad de la misma. De esta manera, verde significa advertencia, amarillo aviso y rojo significa que la línea ha parado. Se tienen los códigos de los tipos de alertas generadas. En las mismas, DANIADO significa material que está mutilado o tiene algún defecto, EQU significa material que está equivocado, FALT quiere decir que existen faltantes, FALTK existen faltantes de material importado CKD, FALTT faltantes del área de tornillería y FALTL faltante de material local. Por último, para codificar a los tres modelos producidos se tiene SPG para el modelo Sportage, CER para Cerato y RIO para Rio. Las siguientes figuras muestran los resultados obtenidos:

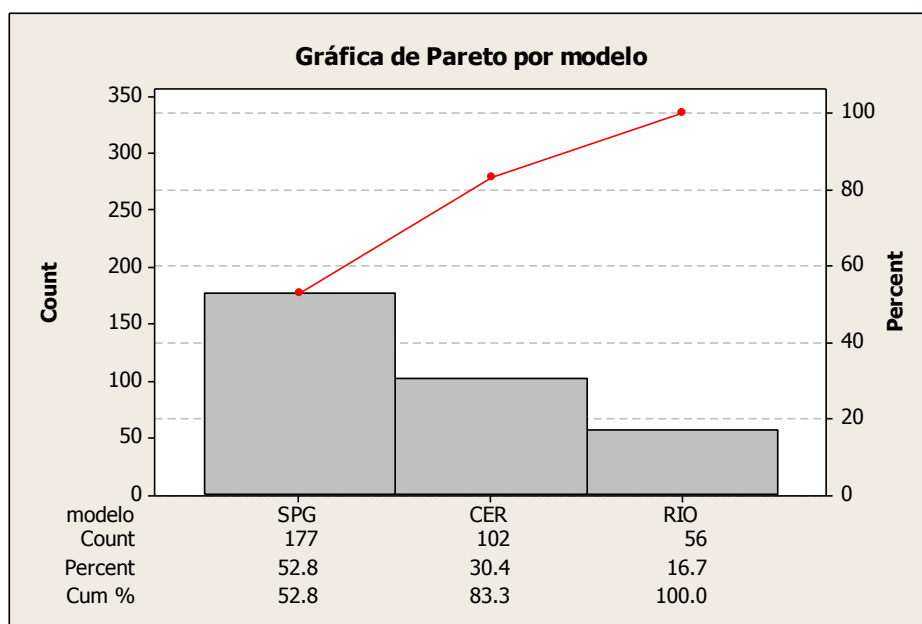


Figura 11: Gráfica de Pareto de alertas por modelo. Elaboración propia

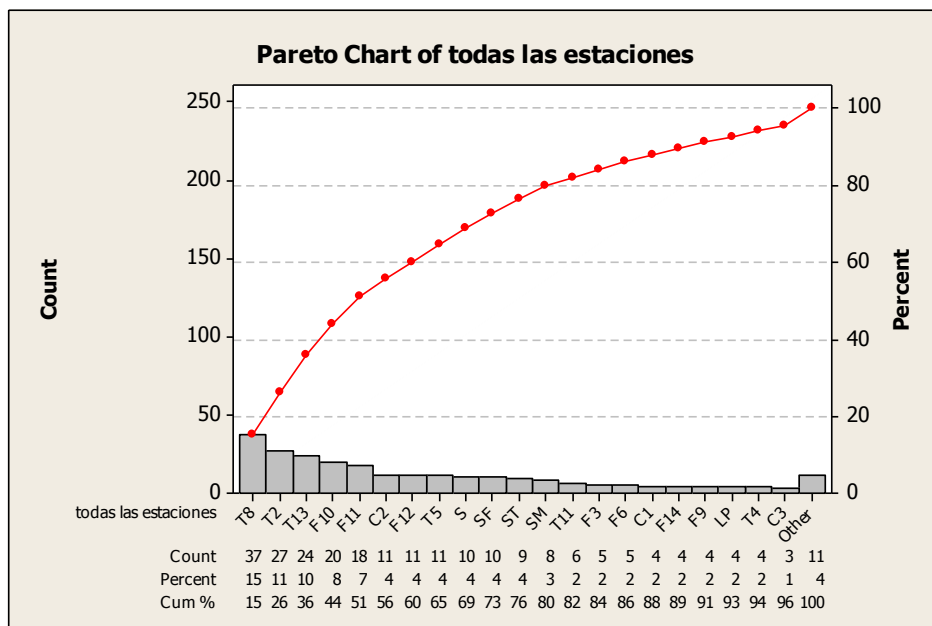


Figura 12: Gráfica de Pareto de alertas por cada estación. Elaboración propia

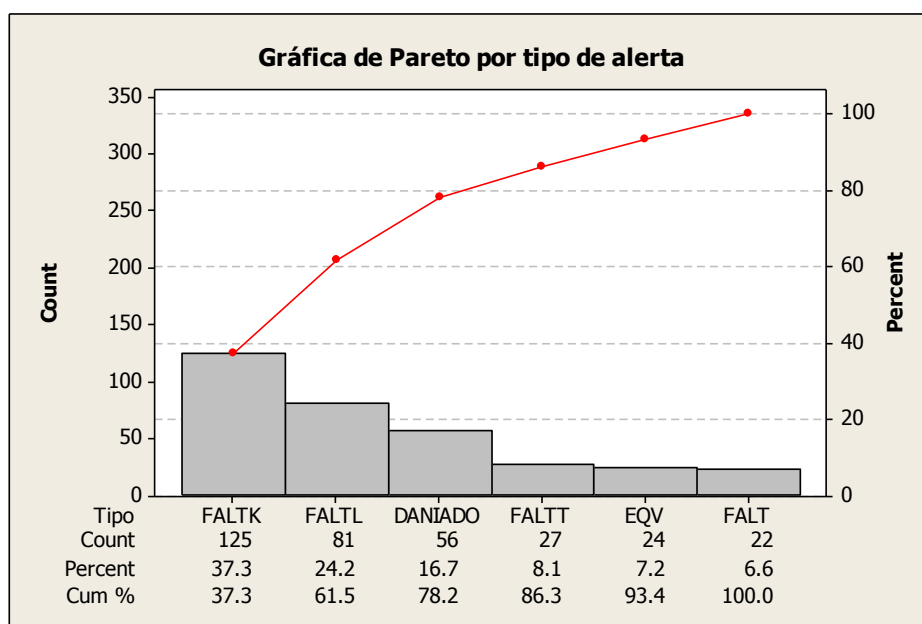


Figura 13: Gráfica de Pareto por tipo de alerta. Elaboración propia

Como se puede observar en las gráficas anteriores, los modelos de vehículos que más alertas presentan de acuerdo a la relación 80-20 de Pareto son los modelos Sportage y Cerato. Por otro lado, si se observa qué estaciones originan la mayor cantidad de alertas se puede notar que 3 de ellas pertenecen al área de TRIM. Aparte, están dos (F10 y F11) de ensamblaje final. Si se compara este resultado con los tiempos de las estaciones se podrá observar que existe una correlación entre las estaciones que más se demoran en ensamblar y las que más problemas por

falta de material presentan. Esto ocasiona que muchas veces se cometan errores y no se alimente de material adecuadamente a la línea de producción ocasionando paradas innecesarias. Además, esta relación resulta bastante lógica pues a mayor tiempo de ciclo en cada estación mayor cantidad de piezas deben ser ensambladas y mayor probabilidad de que se cometan errores existirá. Sin embargo, no existe una relación visible entre la estación que es cuello de botella y las alertas por estación. Esto sugiere que la producción conoce que dicha estación marca el ritmo de producción y deben ser monitoreadas mucho más a profundidad para llegar al desempeño deseado de la línea. Por último, aplicando de igual manera la relación 80-20, se puede apreciar que los tipos de alertas más comunes son faltantes de material importado, local y material en mal estado o dañado. Justamente, las dos alertas principales (constituyentes del 60% de alertas) están ocasionadas primordialmente por la falta de ubicaciones precisas en las bodegas de CKD y partes locales. Esto ocasiona que si se requiere algún material de manera inmediata, no se lo pueda encontrar rápidamente ocasionando la existencia de faltantes y la posterior parada de la línea.

3.2.2. Medición del espacio utilizado

Durante las visitas realizadas a Aymesa S.A., se ha podido constatar que existen varios espacios ocupados y/o sobre ocupados. Es decir, muchas veces los alveolos que deben contener material se encuentran vacíos y otras el material es almacenado a un lado de las estanterías por falta de espacio. Todo esto se debe a la forma que se almacena actualmente el material y las políticas que la empresa tiene tal como se señaló en la sección 3.1.2. y 3.1.7.

Debido a que existe una gran cantidad de material y espacios en los que este puede ser almacenado, se procedió a realizar un muestreo para así obtener un estimado del estado actual. Según el Instituto Tecnológico de Chihuahua (2003), una muestra de 30 datos es representativa de una población incluso si esta no tiene presenta una distribución normal. De esta manera, una muestra de 34 datos fueron recolectados para el área de distribución, 36 para el área de almacenamiento de CKD y 31 para el área de almacenamiento de partes locales. Aparte de esto, para garantizar la aleatoriedad de la muestra, se utilizó la tabla de números aleatorios presentada en la sección 2.9. En la misma, se tomaron los dos primeros dígitos para identificar el número de alveolo y el tercero para el nivel de la estantería. Dadas las características de cada zona de almacenamiento, no necesariamente todos los números aleatorios de la tabla 4 fueron utilizados ya que en muchos casos o no existía el nivel o el alveolo correspondiente al número aleatorio. Finalmente, debido a que en muchas instancias no era posible medir la profundidad de las cajas o

estanterías dada la altura o espacio disponible, se optó por medir únicamente el área. Así, para el cálculo de la utilización, se midió el espacio de cada alveolo así como el espacio que ocupaba cada caja en dicho alveolo. Se dividieron estas dos cantidades y así se obtuvieron los resultados mostrados en el ANEXO 9. De estos valores obtenidos, se calculó el promedio para cada zona presentada a continuación:

- Zona de distribución: 39%
- Zona de almacenamiento CKD: 52%
- Zona de almacenamiento de material local: 65%

Si se promedian estos cuatro porcentajes se obtiene la utilización de espacio que están teniendo las áreas de almacenamiento de Aymesa S.A. El valor es de 52%, esto indica que aproximadamente solo la mitad del espacio disponible está siendo utilizado, acarreando costos de oportunidad altos. Así mismo, se pudo constatar la existencia de material acumulado de hace más de un año y medio aparte de racks vacíos en donde se podría ubicar a dicho material. Las siguientes imágenes ilustran lo anteriormente establecido.



Imagen 1: Utilización de espacio en área de almacenamiento Aymesa S.A.

Por otro lado, se observa que el área con la menor utilización es la zona de distribución. Esto a pesar de que esta área debería tener la más alta utilización debido a que aquí es donde siempre debería estar todo el material para ser distribuido sin demoras a la línea. Así, se puede concluir que existen operaciones ineficientes o falta de recursos los cuales impiden tener una utilización de espacio mejor.

3.2.3. Metodología 4W y 1H

En esta sección se identifican problemas adicionales mediante la contestación de las preguntas 4W 1H. Las mismas se presentan a continuación:

- ¿Qué efecto tienen los problemas?

La principal afección que se tiene, al no tener un control adecuado en el manejo de materiales, es el paro inesperado en la línea de ensamblaje. Esto a su vez ocasiona que los pedidos se acumulen y no se logre ensamblar la cantidad requerida para el día y posteriormente se tenga que incurrir en horas extras para cubrir las cantidades necesarias para la venta.

- ¿Dónde surgen los problemas?

Comúnmente, la mayoría los problemas surgen ya al momento de ensamblar los vehículos; es decir, en la línea de producción. No obstante, en las áreas de almacenamiento (bodega de partes locales y CKD) y áreas de distribución también se han evidenciado algunos problemas que van desde espacio subutilizado o sobre utilizado hasta falta de material para la distribución a la línea.

- ¿Cuándo ocurren los problemas?

Los problemas más comunes aparecen durante las operaciones de distribución de materiales y aprovisionamiento de la zona de distribución por parte de la bodega de la planta. De hecho, si los operarios de esta zona no tienen una adecuada comunicación con los operarios de apertura quienes mantienen informada a la bodega de la planta, no se conocerá que materiales se necesitan y consecuentemente no se lo podrá distribuir adecuadamente ocasionando paras innecesarias de la línea. Adicionalmente, se ha observado que otro sitio en donde surgen problemas es en las áreas de la bodega y distribución. En estas, se ha evidenciado la existencia de espacio subutilizado y/o sobre utilizado al momento que se realiza una recepción de material.

- ¿Quién está siendo afectado?

Como se mencionó anteriormente, el principal afectado por un manejo ineficiente de materiales es la línea productiva. No obstante, cabe mencionar que si la misma es afectada, los clientes finales, quienes esperan recibir las cantidades acordadas, también se verán afectados. Esto conlleva a que la imagen de la empresa también tenga consecuencias negativas y a su vez pierda clientes y dinero en pago de operaciones extras de manera innecesaria.

- ¿Cómo afectan los problemas?

La manera en que los problemas afectan es fundamentalmente en el rendimiento que pueda llegar a tener la empresa. De esta forma, si se tiene un manejo deficiente, no logrará sacar las cantidades necesarias para llegar a cumplir con lo acordado con el cliente. Esto afectará seriamente la confiabilidad de la empresa y podría incluso llegar a perder clientes por este concepto. Aparte de esto, debido a que existe espacio subutilizado y/o sobre utilizado dadas las políticas de almacenamiento, se está afectando económicamente a la organización al tener que buscar más espacio del necesario para almacenar el material que disponen. Aparte de esto, en muchas ocasiones el material puede no almacenarse de manera adecuada por los espacios disponibles. Así, pueden existir riesgos laborales innecesarios. Por último, es importante mencionar que si Aymesa S.A. no cumple con los estándares establecidos por KIA, la empresa corre el riesgo de perder la representación y ensamblaje de vehículos en el Ecuador.

3.2.4. Medición de tiempos

Debido a los cambios que ha tenido que pasar Aymesa S.A. en los últimos meses, tal como se mencionó en la descripción de la empresa, la administración ha tenido que reducir gran cantidad de personal encargado de las operaciones; entre estos, al personal de manejo de materiales. Es por este motivo que si bien las operaciones se dan de buena manera día a día, la línea ha parado 89 veces a causa de operaciones deficientes en el manejo de materiales. Ver Anexo 8. Por esta razón, se vio la necesidad de realizar un estudio de tiempos para observar si la cantidad de personal que está encargada de las operaciones de manejo de materiales es suficiente y está realizando su trabajo de manera adecuada.

Lamentablemente, no todos los procesos descritos en este estudio pudieron ser evaluados. Esto es debido a que solo se cuenta con un integrante realizando las mediciones y en muchos casos la frecuencia de cada operación es muy variable como para realizar la toma de tiempos a profundidad. No obstante, se recopilaron los tiempos de las operaciones más significativas y las que tendrían el mayor impacto sobre la cantidad de material en la línea productiva. Estas son: Apertura de contenedores, Almacenamiento en estanterías y racks especiales o coches y distribución a la línea (partes con lotes pequeños). Para el resto de operaciones, se mantuvieron múltiples conversaciones con los operarios encargados aparte de observaciones con tomas de datos pequeñas para así obtener un estimado del tiempo en que se demoran los trabajadores en realizar las actividades. Estos tiempos luego servirán para posteriores análisis.

3.2.4.1. Tamaño de muestra

Debido a que resulta poco práctica la toma de tiempos de toda la población para obtener un estimado de la duración de cada proceso, se optó por tomar muestras de dicha población para así realizar los análisis respectivos. Según Niebel y Freivalds (2008), normalmente, “los estudios de tiempos involucran sólo muestras pequeñas ($n < 30$) de una población” (pág. 393). Es por este motivo que se utiliza la distribución t para determinar el tamaño de muestra apropiado tal como se mencionó en la sección 2.11.1. Para cada uno de los tres procesos, se tomó una muestra inicial menor a 30 datos para determinar la desviación estándar de los tiempos así como su media para luego calcular el tamaño de muestra requerido de acuerdo a la ecuación 1. Los detalles se muestran a continuación:

- Apertura de contenedores

En este proceso, los datos recolectados dieron una media de 579.166 segundos y una desviación estándar de 111.38. Utilizando la ecuación 1 se tiene lo siguiente:

$$n = \left(\frac{2.045 * 111.38}{0.05 * 579.166} \right)^2$$

$$n = 61.86 \approx 62$$

Donde:

n = tamaño de muestra requerida

t = puntos de porcentaje de la distribución t establecidos por los grados de libertad y nivel de confianza. En este caso, los grados de libertad están dados por $n-1$ observaciones iniciales tomadas y un valor de 0.05 para el nivel de confianza. Este nivel de confianza fue seleccionado ya que si este era mayor, abarcando así mayor cantidad de datos, se estaría aumentando la probabilidad de cometer el error tipo II. Es decir, se podrían aceptar mediciones que en realidad no representan de manera adecuada al tiempo del proceso como tal. Por otro lado, si este valor resulta más bajo, se estaría incurriendo en el error tipo I, rechazando así datos que sí son relevantes y deben ser tomados en cuenta en el tiempo de proceso.

s = desviación estándar de las observaciones de la muestra inicial.

k = fracción aceptable de \bar{x} o nivel de precisión. En este caso, se asume un valor del 5% luego de mantener conversaciones con las personas encargadas de cada proceso.

\bar{x} = Promedio de las observaciones de la muestra inicial.

- Almacenamiento en estanterías

Para este caso, debido a que los datos tomados de manera preliminar no presentan una desviación estándar muy elevada; además de que esta tarea solo se la realiza esporádicamente dificultando una toma de datos amplia, se optó por aumentar el error a 15% dadas las condiciones previamente explicadas. De esta manera, se encontró que para los 25 datos iniciales la media y la desviación estándar fueron 52.28 segundos y 21.98, respectivamente. Si se aplica la ecuación 1:

$$n = \left(\frac{2.064 * 21.98}{0.15 * 52.28} \right)^2$$

$$n = 33.47 \approx 34$$

Donde:

n = tamaño de muestra requerida

t = puntos de porcentaje de la distribución t establecidos por los grados de libertad y nivel de confianza. El número de grados de libertad es 24 y un valor de 0.05 para el nivel de confianza elegido por las mismas razones que en el proceso anterior.

S = desviación estándar de las observaciones de la muestra inicial.

k = fracción aceptable de \bar{x} o nivel de precisión. En este caso, se asume un valor del 15% por las razones previamente expuestas.

\bar{x} = Promedio de las observaciones de la muestra inicial.

Cabe aclarar que para este proceso, la unidad manejada es cada caja. De esta manera, como los operarios perchan las cajas agrupándolas por el segmento de línea en donde se las va a utilizar, se tomó este tiempo agrupado y se lo dividió para el número de cajas perchadas para este segmento de línea. Ver ANEXO 10.

- Distribución a la línea

En este caso, no todos los ítems tienen la misma forma o peso. Es por este motivo que para asegurar una toma de datos representativa y así conseguir buenos resultados, se definió al error con un valor de 12%. Para los 25 datos tomados inicialmente, el promedio estuvo dado por 336.72 segundos por ítem y la desviación estándar fue de 122.90.

Aplicando la ecuación 1 se tiene lo siguiente:

$$n = \left(\frac{2.064 * 122.9}{0.12 * 336.72} \right)^2$$

$$n = 39.41 \approx 40$$

Donde:

n = tamaño de muestra requerida

t = puntos de porcentaje de la distribución t establecidos por los grados de libertad y nivel de confianza. El número de grados de libertad es 24 y un valor de 0.05 para el nivel de confianza elegido por las mismas razones que en el proceso anterior.

S = desviación estándar de las observaciones de la muestra inicial.

k = fracción aceptable de \bar{x} o nivel de precisión. En este caso, se asume un valor del 12% por las razones previamente expuestas.

\bar{x} = Promedio de las observaciones de la muestra inicial.

Todos estos tamaños de muestra fueron seleccionados de acuerdo a lo establecido por la sección 2.11.1. No obstante, Niebel y Frievalds (2008) presentan una tabla tomada de “time study manual de Erie Works en General Electric Company” en la cual se establece cuál debería ser el número recomendado de ciclos a observarse de acuerdo al tiempo de ciclo de cada actividad. La tabla se muestra a continuación:

Tabla 10: Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo en minutos	Número recomendado de ciclos
0.1	200
0.25	100
0.5	60
0.75	40
1	30
2	20
2-5	15
5-10	10
10-20	8

20-40	5
40 o más	3

Fuente: Time study manual by Erie Works in General Electric Company, adaptado por Niebel y Frievalds, 2008

Al sumar los tiempos obtenidos en las muestras iniciales (ver ANEXO 10) utilizadas para las fórmulas previamente presentadas, se puede observar que en casi todos los casos, la fórmula proporciona cantidades de muestras mayores a lo recomendado en la tabla anteriormente presentada. De esta manera, se prefirió utilizar la fórmula para obtener el tamaño de muestra ya que la misma refleja valores más exactos aparte de utilizar métodos estadísticos.

3.2.4.2. Recopilación de los tiempos

Para la obtención de los tiempos de los tres procesos mencionados previamente, primero se dividió a cada actividad en elementos de la siguiente manera:

- Apertura de contenedores: abrir contenedor, sacar cajas y colocar sobre montacargas manual o coche, marcar cajas o traer coche, desarmar contenedor y colocar en área de reciclaje.
- Almacenamiento en estanterías: trasladar hasta ubicación y emperchar.
- Distribución a la línea: ir a ubicación de material recogiendo coches vacíos, consolidar, regresar a la línea, descargar material, doblar cajas vacías y colocarlas en área de reciclaje.

Con estos elementos de cada actividad, se procedió a realizar los siguientes formatos para la recopilación de la información:

Tabla 11: Formato para toma de tiempos de Apertura contenedores

REFERENCIA	TIEMPOS MEDIDOS			
	Abrir contenedor	Sacar cajas y colocarlas sobre montacargas manual o coche	Marcar cajas o traer coche	Desarmar contenedor y colocar en área de reciclaje

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Formato para toma de tiempos de almacenamiento en estanterías y racks especiales o coches

REFERENCIA	TIEMPOS MEDIDOS	
Código de caja	trasladar hasta ubicación	Emperchar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Formato para toma de tiempos de distribución a la línea

REFERENCIA	TIEMPOS MEDIDOS (Unidad: segundos)				
Código de caja	Ir a ubicación de material recogiendo coches vacíos	Consolidar	Regresar a la línea	Descargar material	Doblar cajas y colocar en área de reciclaje

Fuente: Elaboración propia

Para la recolección de tiempos se utilizó un cronómetro digital y se siguió el método de regreso a cero pues algunos de los ciclos tenían una duración prolongada y este método proporcionaba la mejor forma de registrar los datos. Aparte de esto, ya de manera operacional, se siguió personalmente a los operarios durante la realización de cada elemento expuesto anteriormente. Con esto, se aseguró que los tiempos registrados reflejen un día de trabajo normal y sin interrupciones.

Expuesto lo anterior, se midieron los tiempos durante 3 semanas. Los datos se muestran en las tablas 44, 45, 46 del ANEXO 10. Dado que los coeficientes de variación calculados para los tiempos de las tres actividades son bajos y menores a 0.75 (Apertura: 0.29, distribución: 0.39 y perchado: 0.5), no fue necesario calcular un intervalo de tiempo para los mismos (Hopp & Spearman, 2008). Un resumen de los mismos se muestra a continuación:

Tabla 14: Promedio de los tiempos medidos

TIEMPOS PROMEDIO APERTURA (Unidad: hh:mm:ss)			
Abrir contenedor	Sacar cajas y colocarlas sobre montacargas manual o coche	Marcar cajas o traer coche	Desarmar contenedor y colocar en área de reciclaje
00:03:02	00:03:17	00:01:48	00:01:35

TIEMPOS PROMEDIO PERCHADO (Unidad: : hh:mm:ss)	
trasladar hasta ubicación	Perchar
00:00:22	00:00:19

TIEMPO PROMEDIO DISTRIBUCIÓN A LA LÍNEA (Unidad: : hh:mm:ss)				
Ir a ubicación del material recogiendo coches vacíos	Consolidar	Regresar a la línea	Descargar material	Desarmar caja y colocar en área de reciclaje
00:01:01	00:00:39	00:00:51	00:01:06	00:01:24

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las anteriores tablas, una de las operaciones con mayor duración de tiempo es la apertura de contenedores. Esta actividad conlleva un esfuerzo físico considerable y no siempre los contenedores son abiertos de la misma manera. De hecho, en varias ocasiones, se deben intercambiar herramientas para abrirlos, incrementado el tiempo de apertura. Ahora, si bien esta actividad conlleva la mayor cantidad de tiempo, es la que más material aporta a la línea ya que cada contenedor puede almacenar entre 100 a 300 ítems. Así, como estos ítems están agrupados, sacarlos es relativamente fácil y no demanda transportes innecesarios. Por otro lado, para el caso de la distribución a la línea, claramente se puede apreciar como la mayor cantidad de tiempo los operarios lo dedican al transporte del material. De hecho, sumando los elementos de la actividad ir a ubicación del material y regresar a la línea aportan aproximadamente con más del 37% del tiempo de ciclo para la distribución de un ítem. Esta observación corrobora lo analizado en la matriz de valor agregado en donde también se concluyó que una de las actividades que más tiempo consume en la distribución de materiales es

el transporte. Aparte de esto, el tiempo tomado en esta actividad se refiere únicamente a la distribución a la línea y no el armado de vagones que se realiza una vez al día. Justamente por este motivo no se midió este tiempo ya que es una actividad que no se realiza continuamente. Sin embargo, al realizar la matriz de valor agregado conjuntamente con las mediciones tomadas se puede concluir que aproximadamente los operarios se demoran dos horas en armar cada vagón. Este tiempo es añadido en la tabla 48 del ANEXO 11.

3.2.4.3. Análisis de los tiempos medidos

Gracias al estudio de tiempos elaborado previamente, se pudo tener una idea mucho más clara acerca del proceso y cómo los operarios utilizan su tiempo laboral para llevar a cabo las actividades laborales diarias. De hecho, no solo se identificaron algunos tiempos muertos y que no agregan valor, sino que también los datos recolectados servirán como una línea base para posteriores análisis.

Una vez que se han recolectado los tiempos para las tres actividades más críticas dentro del manejo de materiales, se debe añadir todos los suplementos dados por la naturaleza y dificultad de la actividad para así conseguir el tiempo estándar requerido en cada una de las tres operaciones medidas. Para este propósito, se utilizan las ecuaciones 2 y 3. En las mismas el tiempo observado representa la suma de los tiempos promedios presentados en la tabla 14. Así, por ejemplo para el proceso de apertura de material, este tiempo estará dado por la suma de los siguientes elementos: sacar cajas y colocarlas sobre montacargas manual o coche, marcar cajas o traer coche, desarmar contenedor y colocar en área de reciclaje. Aparte del tiempo observado, la ecuación 2 también incluye una calificación. Esta corresponde al desempeño observado por el analista cuando la actividad está siendo llevada a cabo. Para este estudio, se utilizará el sistema de calificaciones de Westinghouse citado en Niebel y Frievalds (2008) presentado en la sección 2.11.2. De esta manera, para la habilidad se seleccionó una calificación de B2 debido a que algunos operarios son relativamente nuevos y no necesariamente realizan la actividad demostrando una habilidad superior al promedio. Una calificación igual fue aplicada para el esfuerzo debido a que si bien se requiere de esfuerzo físico para realizar las 3 actividades mencionadas previamente, se observó que no siempre el esfuerzo estaba totalmente dirigido como para trabajar con la mayor efectividad. Las condiciones en las que se realizaban las tareas eran buenas ya que no se registró la presencia de calor o frío exagerado. No obstante, la cantidad

de ruido y poca ventilación determinaron la calificación de C. Por último, debido a la variabilidad existente entre los tiempos registrados otorgó una calificación E para el factor de consistencia. Traduciendo las calificaciones por sus valores numéricos y luego sumando aritméticamente estas cantidades, se obtuvo una calificación del 16% para las actividades realizadas.

Aparte de la calificación para el desempeño de los operarios, se incluyeron suplementos al tiempo normal dado el esfuerzo físico que deben realizar los trabajadores en los tres procesos. Primero, para las tolerancias constantes, se agregó un 9% consistente de 5% de necesidades personales y 4% de fatiga básica. Luego, para tolerancias variables se adicionó un 10% compuesto por: trabajo de pie (2%), levantamiento de carga (7%) y ruido (1%). Es necesario aclarar que se adiciona una cantidad de tiempo por levantamiento de carga ya que en los tres procesos, los operarios manejan cajas o componentes pesados característicos del ensamblaje de un vehículo. Sumando las dos cantidades para suplementos (constantes y variables) se tiene un total de 19%. Con toda esta información se calcula el tiempo estándar en la siguiente tabla:

Tabla 15: tiempo estándar por operación

Operación	Tiempo observado (seg.)	Calificación (16%)	Tiempo normal (seg.)	Suplementos (19%)	Tiempo estándar (seg.)	Unidad manejada
Apertura	582	93.1	675.1	128.2	803.3	Contenedor
Perchado	41	6.5	47.5	9.0	56.5	Caja
Distribución	301	48.1	349.1	66.3	415.5	Ítem

Fuente: Elaboración propia

Lamentablemente no todas las operaciones pudieron ser medidas con el mismo detalle que los presentados anteriormente. No obstante se realizó el siguiente levantamiento de información. Para la operación de control de inventario de partes locales y CKD, se midieron 10 ciclos en los cuales los operarios realizaban un conteo visual del material ubicado en el almacenamiento de la línea al inicio de la jornada laboral. Lo mismo se realizó con la consolidación de pedido y entrega de CKD. Por otro lado, se midieron 10 ciclos de la recepción de material local y 10 ciclos para el almacenamiento de material local. Desafortunadamente, no se pudo conseguir tiempos referentes a la recepción y almacenamiento de material CKD pues este llega en horas de la madrugada o muy esporádicamente por lo que no se pudo obtener dicha

información. Sin embargo, se mantuvieron conversaciones tanto con los operarios encargados como con el personal administrativo. De esta manera, se pudo obtener un estimado del tiempo que se demoran estas dos actividades. Todos estos datos de los tiempos de operación quedan expuestos en el ANEXO 10.

Obtenida la anterior información, se pudo inferir con buena precisión el tiempo que se demoraban los operarios en realizar cada tarea. El detalle es presentado en el ANEXO 11. El mismo contiene todos los tiempos de las 7 operaciones concernientes al manejo de materiales (Control de inventario de CKD y partes locales, recepción de CKD y partes locales, almacenamiento en bodegas de CKD y partes locales, consolidación de pedido y entrega de CKD, Apertura de contenedores, almacenamiento en estantería o coches y distribución a la línea) junto con su frecuencia respectiva. No obstante, aparte del tiempo de ciclo presentado para cada actividad, se debió agregar aproximadamente una hora diaria por cada trabajador ya que todos deben mantener controles escritos del material ingresado en las hojas provistas por la administración. Esto se da ya que luego de observaciones se pudo estimar que aproximadamente esto representa una hora de la jornada laboral. De esta manera, debido a que son en total 20 operarios que deben llevar documentación, se adiciona $20 * 1 \text{ hora} = 20$ horas diariamente, o 440 al mes. Así, a fin de conocer si existe la cantidad de recursos necesarios, se presenta un resumen de la suma del tiempo requerido vs. el tiempo disponible a continuación.

Tabla 16: resumen de los tiempos requeridos vs. tiempos disponibles

Tiempo requerido	Diaria (horas-hombre)		Mensual (horas-hombre)	
Documentación	20		440	
Operaciones	85.638		1884.041	
TOTAL	105.638		2324.041	
Disponibilidad	1 operario: 7	20 operarios: 140	1 operario: 154	20 operarios: 3080

Fuente: Elaboración propia.

De la anterior tabla, se puede apreciar claramente que la disponibilidad en horas-hombre es mayor a las horas-hombres requeridas para las operaciones. Así, se optó por evaluar si existe la cantidad de personal adecuado para realizar las actividades. Este análisis se lo realiza aparte de que el tiempo disponible es mayor al tiempo requerido ya que como se expuso anteriormente, la empresa hace poco tiempo tuvo que realizar un recorte significativo en personal; por lo que la

administración no está completamente segura de contar con la nómina adecuada. De esta manera, para lograr conclusiones válidas acerca de la cantidad óptima de personal, se utilizó la ecuación 4 de la sección 2.11.3, y se evaluó la cantidad adecuada de nómina para cada proceso.

Los valores utilizados para S y Q fueron obtenidos de la tabla del ANEXO 11. Los mismos fueron recopilados a partir de las mediciones de tiempos realizadas, órdenes pasadas de material y conversaciones tanto con los operarios como con el personal administrativo. Por otro lado, los valores de E, H y R, se basan en los siguientes fundamentos. La variable E está dada por el desempeño que tienen los trabajadores concerniente al tiempo estándar expresado como un porcentaje del mismo (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006). De esta manera, sabiendo que la calificación del desempeño para adicionar tiempo a cada actividad fue del 16%, se puede establecer que el desempeño fue del 84%. El valor de H está dado por la cantidad de tiempo disponible para llevar a cabo cada operación. Actualmente, todos los operarios mantienen una jornada laboral de 8 horas. No obstante, se les proporciona una hora de almuerzo. Con esto, se trabaja diariamente 7 horas completas. Por último, se asigna un valor de 85% para R ya que si se selecciona un valor menor, significaría que se tiene mucha variabilidad en el proceso. Es decir, existirían múltiples detenciones y excesivo tiempo muerto (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

Aparte de los valores previamente definidos, la fracción de equipo siempre se redondeó hacia arriba porque de lo contrario siempre se va a incurrir en faltantes y paros en la línea productiva por falta de material; situación que el departamento de materiales y Aymesa S.A siempre quieren evitar. Además, las operaciones deben completarse en tiempos definidos, por lo que contar con una persona menos implicaría cargar con las ocho horas laborales a los demás trabajadores. Por último, Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco (2006) establecen que por lo general las líneas de producción de ensamblaje dedicadas al producto necesitarán el límite superior en cuanto a máquinas o nómina. Es decir, el número redondeado hacia arriba por el uso intensivo que tendrán los operarios. Una vez argumentados todos los parámetros utilizados, se presenta la siguiente tabla con la fracción de equipo necesaria:

Tabla 17: Fracción de equipo necesario para el manejo de materiales de Aymesa S.A.

No. Operación	Operación	Sub-Operación	S (horas)	Q	E	H	R	F	Unidad	Redondeo fracción	Nómina actual
1	Control de inventario de partes locales y CKD	_____	0.245	8	0.84	7	0.85	0.393	Segmento de línea	1	8
2	Recepción CKD y partes locales	Recepción partes locales	0.268	6	0.84	7	0.85	0.321	Camión pequeño	1	1
		Recepción CKD	0.050	38	0.84	7	0.85	0.380	Camión Plataforma	1	1
3	Almacenamiento CKD y partes locales	Almacenamiento partes locales	0.126	6	0.84	7	0.85	0.151	Camión pequeño	1	1
		Almacenamiento CKD	0.025	456	0.84	7	0.85	2.281	Contenedor	3	3
4	Consolidación de pedido y entrega de CKD	_____	0.030	40	0.84	7	0.85	0.240	Contenedor	1	1
5	Apertura de contenedores	_____	0.240	43	0.84	7	0.85	2.063	Contenedor	3	3
6	Perchado	_____	0.016	297	0.84	7	0.85	0.934	Caja	1	2
7	Distribución	_____	0.115	310. 5	0.84	7	0.85	7.170	Ítem	8	8

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla, para la operación 1, los mismos 8 operarios que tienen a cargo la distribución del material a la línea son quienes también realizan el control de inventario. Es por este motivo que la cantidad de trabajadores de la operación 1 no se toma en cuenta para obtener el número total de operarios para así la doble contabilización. Aparte de esta clarificación, se muestra a continuación como ejemplo el cálculo de la fracción de equipo para la primera operación:

$$F = \frac{0.245 * 8}{0.84 * 7 * 0.85} = 0.393$$

Donde:

F = número óptimo de operarios requeridos

S = 0.245 horas-hombre

Q = 8 segmentos de línea a ser controlados en cuanto a inventario

E = 84% correspondiente a la calificación de desempeño obtenida anteriormente

H = 7 horas laborables disponibles por turno

R = 85% que expresa la confiabilidad que se tiene con los operarios al realizar consistentemente las tareas especificadas.

Como se puede observar para el caso del perchado, considerando la fracción de equipo obtenida, no se necesita más de un operario. Esto se debe a que no todo el material viene en cajas de cartón para posteriormente ser perchadas. De hecho, una parte debe ser colocada en coches y esta actividad la realizan directamente por los operarios encargados de apertura. Se observó que efectivamente los dos operarios no están ocupados todo el tiempo y más bien ayudan a los otros trabajadores a abrir los contenedores cuando tienen tiempo libre.

Aparte de lo anteriormente señalado, se puede notar una diferencia grande entre el tiempo total disponible y tiempo total por operaciones presentado en la tabla 16. Esto puede ser explicado al tener en cuenta a la fracción de equipo obtenida; pues para muchas de las operaciones en realidad se requiere menos de un operario por turno. No obstante, debido a que es imposible contratar a una persona por horas, se debe contar con un trabajador ocasionando necesariamente que el número de horas disponibles aumente.

3.2.5. Diagrama de Espagueti

Durante la toma de tiempos se observó que en múltiples ocasiones, los operarios de perchado y distribución debían perder tiempo tratando de pasar por los angostos pasillos de la zona de distribución. Se notó que si bien trataban de no impedir el paso mutuamente, esta tarea resultaba difícil pues no había espacio suficiente. Justamente, debido a este problema aparte de medir los tiempos, se registró de qué lugar hacia qué lugar era transportado el material. De esta manera, para determinar si lo observado tiene fundamento se procedió a elaborar un diagrama de espagueti. Cabe aclarar que este solo concierne al área de distribución ya que es aquí donde más problemas se evidenciaron.

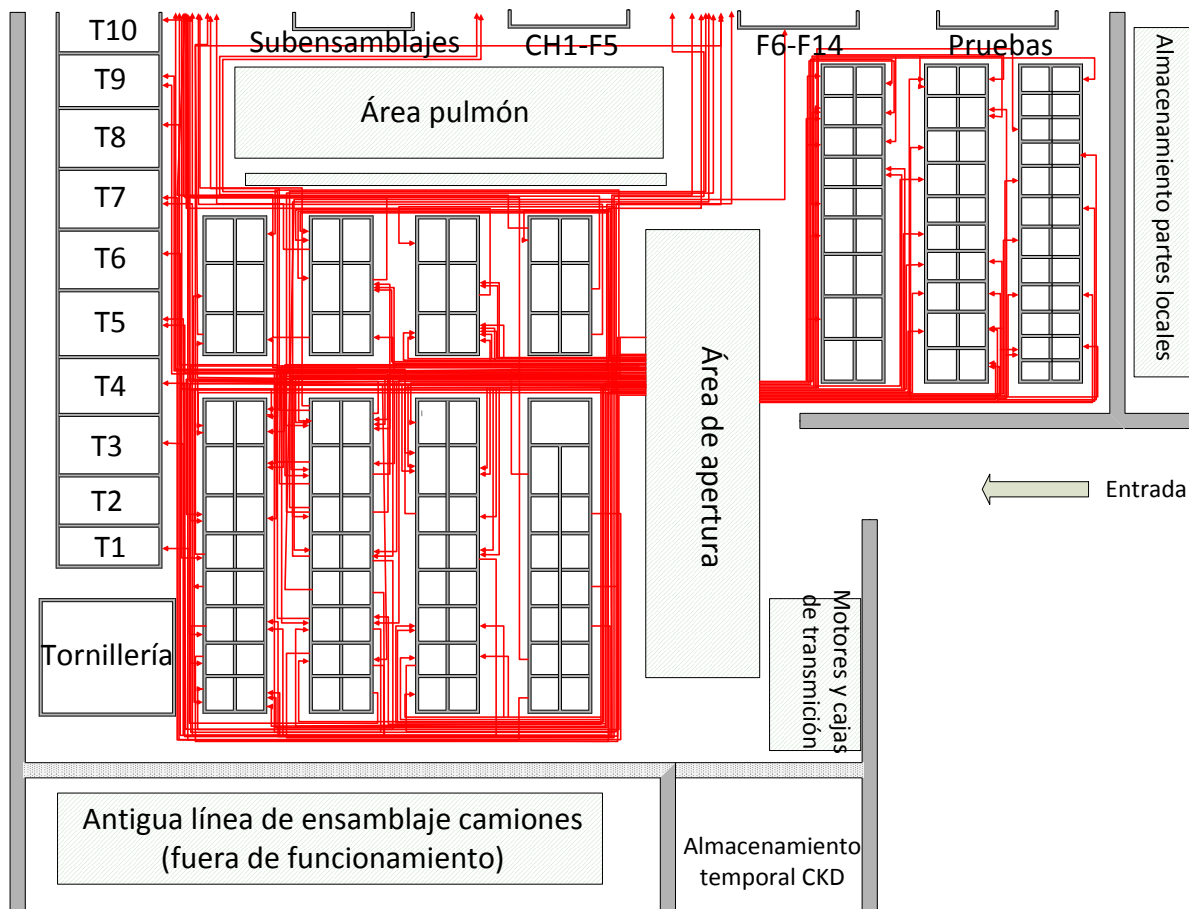


Figura 14: Diagrama de Espagueti. Elaboración propia.

Actualmente en Aymesa S.A. se utiliza el sistema de armado de kits con un supermercado central para proveer el material necesario a la línea de producción. En el mismo, el material es almacenado en este supermercado en contenedores pequeños (cajas) para luego ser entregados mediante coches eléctricos o plataformas con ruedas llevadas manualmente. De esta manera, se ahorra espacio en la línea al tener el material separado de la misma. Sin embargo, tal como señalan Boysen y Emde (2014), este sistema presenta atascos en el movimiento del material al tener un supermercado centralizado. Aparte de esto, se requieren más operaciones de manejo de material que otros sistemas.

Justamente teniendo lo anteriormente señalado en cuenta, claramente se observa en la figura 14 gran congestión especialmente en el pasillo central del área de distribución. Esto se da ya que los dos operarios encargados del perchado siempre tratan de tomar el camino más corto hacia la ubicación en la percha. Así, casi siempre el pasillo central es el más ocupado. Lo mismo sucede con los trabajadores encargados de la distribución del material. Los mismos no solo

deben realizar el picking en distintas locaciones sino que también deben completar el material de su vagón correspondiente.

Precisamente, a fin de aminorar este congestionamiento la administración optó por mantener un área pulmón en la cual se almacenan los vagones con el material correspondiente a la producción del día siguiente para que así los operarios no tengan que realizar el picking directamente en las perchas. No obstante, este método no resulta tan efectivo pues los trabajadores deben dejar su vagón dentro del área de distribución para completar el material debido a que el mismo es pesado y requeriría de múltiples transportes si estos vagones estarían únicamente en el área pulmón. De esta manera, al tomar los tiempos y observar el camino que toman los operarios al realizar su trabajo, se notó que en múltiples ocasiones se debían tomar rutas alternas a la más corta porque no era posible pasar con los cartones que se iban a perchar o recolectar.

3.2.6. Costos de mantener inventario

Debido a los problemas encontrados a lo largo del presente estudio, se vio la necesidad de analizar los costos referentes al manejo de materiales en Aymesa S.A. ya que los mismos podían dictaminar áreas en donde mejoras sustanciales podían reducir costos elevados. Por motivos de seguridad y confidencialidad dictaminados por Aymesa S.A. no se presentan los datos en valores monetarios absolutos. En cambio, se exhiben todos los rubros expresados como un porcentaje del costo total del inventario mantenido por el periodo de un mes. Estos datos, presentados en la tabla del ANEXO 12, fueron obtenidos después de solicitar la información pertinente al área de contabilidad. No obstante, para realizar el respectivo análisis, se presenta a continuación un resumen de los costos más significativos en cuanto al mantenimiento de inventario.

Tabla 18: costos más representativos en el manejo de materiales

Costos mantenimiento de inventario - Bodega ensamblaje final	Porcentaje del costo de inventario de un mes
Costo de oportunidad	13.69%
Amortización bodega	8.33%
Costo del material dañado o en malas condiciones	2.21%

Fuente: Elaboración propia

Cabe recalcar que el análisis de los costos se limita a la planta de ensamblaje final ya que como se mencionó anteriormente, la información acerca de costos es confidencial y por lo tanto difícil de obtener. Adicionalmente, las mejoras propuestas serán realizadas únicamente en la planta previamente mencionada. Así, si bien las bodegas externas también podrán verse beneficiadas potencialmente, no tendrán un impacto directo como lo tendrán las bodegas y operaciones de la planta de ensamblaje final de Aymesa S.A. Adicionalmente, todos los costos a excepción del costo de oportunidad fueron obtenidos directamente por el área de contabilidad. Para calcular el costo de oportunidad, se tomó en cuenta el área ocupada por el material y se concluyó que la misma podía ser utilizada para aumentar la capacidad de la línea actual asumiendo que existe la demanda suficiente para esto. De esta manera, conociendo que la línea actual tiene un área de 6339 m², aparte de que las ganancias obtenidas en un mes por la venta de los vehículos Sportage, Cerato y Rio es de 35%, 13% y 7% del costo del material respectivamente y asumiendo que existe proporcionalidad con respecto a la ganancia y tamaño, se obtiene que para el área de bodega (2500 m²) existiría una ganancia del 13.69% del costo de material adicional a lo que se tiene con la línea actual después de un mes de tener la línea funcionando en la bodega de materiales actual de 2500 m². Todo esto considerando las ganancias y respectivas y el costo de implementación aproximado de la línea. Es decir, de un 55% de ganancia mensual actual pasaría a 68.69% del costo del material en ganancia mensual. Así, este porcentaje de 13.69% se convertiría en el costo de oportunidad para el almacenamiento de materiales durante el periodo de un mes.

Una vez aclarado lo anterior, se puede evidenciar que la empresa presenta costos elevados por el mantenimiento de inventario. Uno de los más representativos está dado por el costo de capital que justamente se esperaba que sea uno de los costos más elevados por la alta utilización de espacio para almacenamiento. Adicionalmente, otro de los costos que no presenta un alto porcentaje, sin embargo, debe ser tomado en cuenta es el costo por material deteriorado o en malas condiciones. Cabe mencionar que en múltiples ocasiones el material viene deteriorado desde la fuente. Es decir, desde Corea o países productores de los componentes. No obstante, la mayor cantidad de daños es causada dentro de Aymesa S.A. ya que se tiene demasiado material en algunas ocasiones y muy poco en otras. Consecuentemente, existen varias veces en que los componentes de los vehículos no se lo almacenan adecuadamente y se mojan o deterioran por medios físicos.

Sumando todos los rubros presentados en la tabla 18, estos hacen a 24.23%. Es decir que por cada dólar invertido en inventario, aproximadamente 24 centavos deben ser destinados a costos relacionados con el mantenimiento y manejo del mismo. Claramente esta situación refleja problemas en el manejo de materiales y demuestra que se pueden realizar mejoras especialmente en cuanto a la reducción del costo de oportunidad. A pesar de que este costo puede reducirse de varias maneras, una de las formas más convenientes es tener organizada la bodega de CKD de tal manera que el uso del espacio mejore y a futuro se pueda invertir en el espacio sobrante.

3.2.7. Análisis de problemas críticos

En primer lugar, se quiso evaluar a la línea productiva para así determinar las estaciones que más se demoraban y más utilización a largo plazo tenían. Obtenida dicha información, se procedió a concatenarla con el manejo de materiales para así enfocarse en las estaciones más sensibles a la falta de material y poder realizar las mejoras correspondientes. No obstante, se encontró que las estaciones de trabajo tienen un tiempo de ciclo similar y no existen diferencias visibles en cuanto a cantidad de material requerido. Todo esto debido a que la planta presenta una configuración orientada al producto. Así, observando la figura 9 se puede notar que ninguna estación aporta considerablemente al tiempo total en el proceso de ensamblaje. Adicionalmente, la estación calculada como cuello de botella casi nunca ha tenido que parar por falta de material. Esto se puede comprobar fácilmente teniendo en cuenta los datos de la tabla 40 del ANEXO 8. En la misma, casi no existen faltantes en la estación de CHASSISA03. De esta manera, teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se concluyó que a pesar de que sí se presentan faltantes ocasionalmente en las estaciones, este no constituía uno de los problemas más graves concerniente al manejo de materiales de Aymesa S.A. por lo que no se profundizó más en este aspecto.

Otro de los problemas críticos encontrados después de realizar los análisis de tiempos así como la matriz de valor agregado fue que se desperdicia demasiado tiempo en transportar el material hacia la línea. Especialmente en el proceso de distribución, se tiene que verificar personalmente qué material hace falta en la línea para luego ir hacia el área de distribución, tomar el material y por último regresar. De hecho, como se observa en la tabla 9, aproximadamente el 60% de actividades no agrega valor y por el contrario da como resultado que en múltiples ocasiones la línea pare por falta de material, tal como lo demuestra el sistema

andon descrito anteriormente especialmente en la distribución de material CKD. Sin embargo, todo este transporte innecesario está dado completamente por el hecho de que en Aymes S.A. se maneja un sistema de armado de kits basado en el concepto de supermercado. En el mismo, los operarios deben realizar el picking de su segmento de línea asignado para así tener el material listo para ser distribuido. No obstante, según Boysen y Emde (2014), en este sistema necesariamente se deberá destinar una gran cantidad de tiempo en transportes, pues es la única forma de que el material llegue en el tiempo y cantidades adecuadas a los segmentos de línea correspondientes a cada operario. Aparte de esto, tal como se evidencia en la tabla 14, dos de las tres operaciones más importantes dentro del manejo de materiales presentan grandes demoras por el hecho de que se realizan transportes excesivos. De hecho, como se mencionó este transporte representa aproximadamente un 37% del tiempo de ciclo para el caso de la distribución de un ítem y no agrega absolutamente ningún valor. Así, claramente se puede evidenciar que el tiempo desperdiciado en transportes innecesarios debe ser corregido para así optimizar el uso de recursos en el manejo de materiales en Aymes S.A. Para determinar las potenciales causas de este problema se realiza a continuación un diagrama de causa y efecto. El mismo proporcionará algunas guías para realizar propuestas válidas en el manejo de materiales.

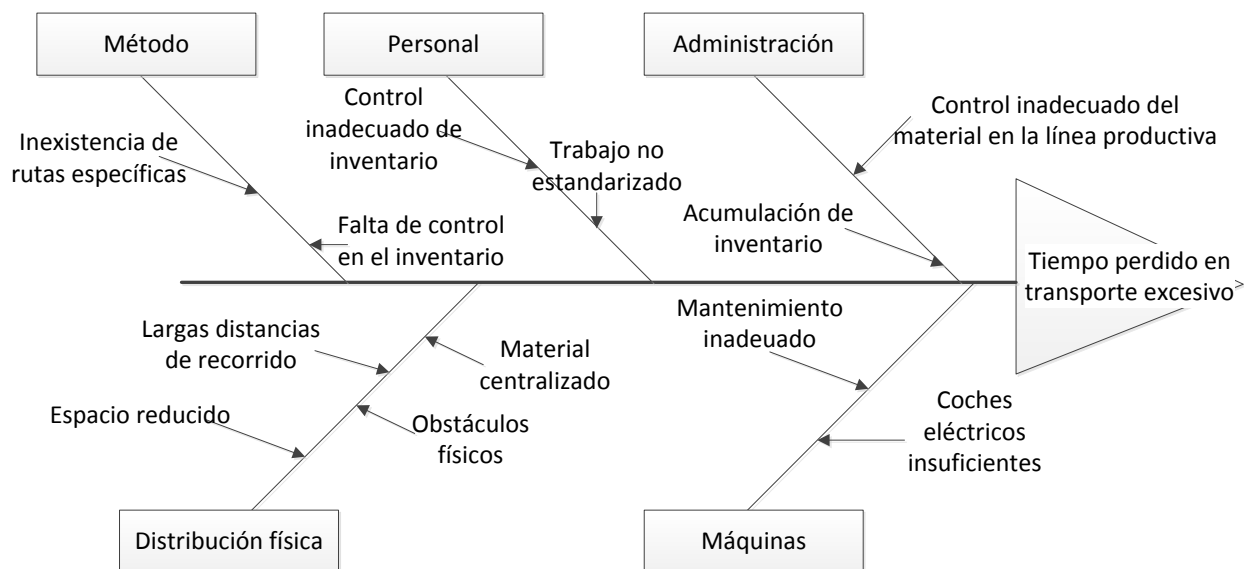


Figura 15: diagrama de causa y efecto para el problema de transporte excesivo. Fuente: Elaboración propia

De la gráfica anterior claramente se puede apreciar que una de las causas con mayores implicaciones concernientes al transporte excesivo está dada por la distribución física. Debido a la gran producción llevada a cabo todos los días en Aymes S.A. la línea productiva es amplia y

consta de 6339 m². Teniendo en cuenta que el material ya desempacado de los contenedores se encuentra centralizado en una posición adyacente a la línea, los operarios necesariamente deben recorrer grandes distancias para llevar los componentes de los vehículos hacia las posiciones respectivas en la línea. Adicionalmente, algunos de las causas están concatenadas y se relacionan entre sí. Por ejemplo, debido a que no existe un control adecuado del inventario que se tiene en la línea, ya que no existe un registro para esto, los operarios no pueden mantener un control riguroso con el fin de que la línea se quede sin material. Por el contrario, lo que deben hacer es verificar las cantidades visualmente y después trasladarse hasta la ubicación del material que se necesita para luego transportarlo hasta la ubicación requerida en la línea. Estas causas a su vez contribuyen a la creación de obstáculos ocasionados por los mismos trabajadores en donde el tiempo para transportar el material se incrementa aún más. De esta manera, mejoras en esta área resultaría de gran ayuda para las operaciones realizadas en el manejo de materiales de la empresa.

En tercer lugar, se evidenció una subutilización significativa del espacio provisto para materiales. De hecho, en promedio al momento de tomar los datos, solo se utilizaba el 52% del área total disponible para el almacenamiento. A pesar de la existencia de falencias en cuanto a políticas de almacenamiento, la gran cantidad de espacio libre puede deberse también a que recientemente Aymesa S.A. tuvo que disminuir su producción diaria y consecuentemente inutilizar parte del espacio disponible para el material. Lamentablemente, bajo esta misma lógica, los costos de oportunidad incrementan y de hecho se convierten en uno de los rubros más altos en cuanto a costos (ver sección 3.2.6). De igual forma que el problema anterior, se elabora un diagrama de causa y efecto para evaluar las posibles causas que pueden ocasionar la subutilización del espacio.

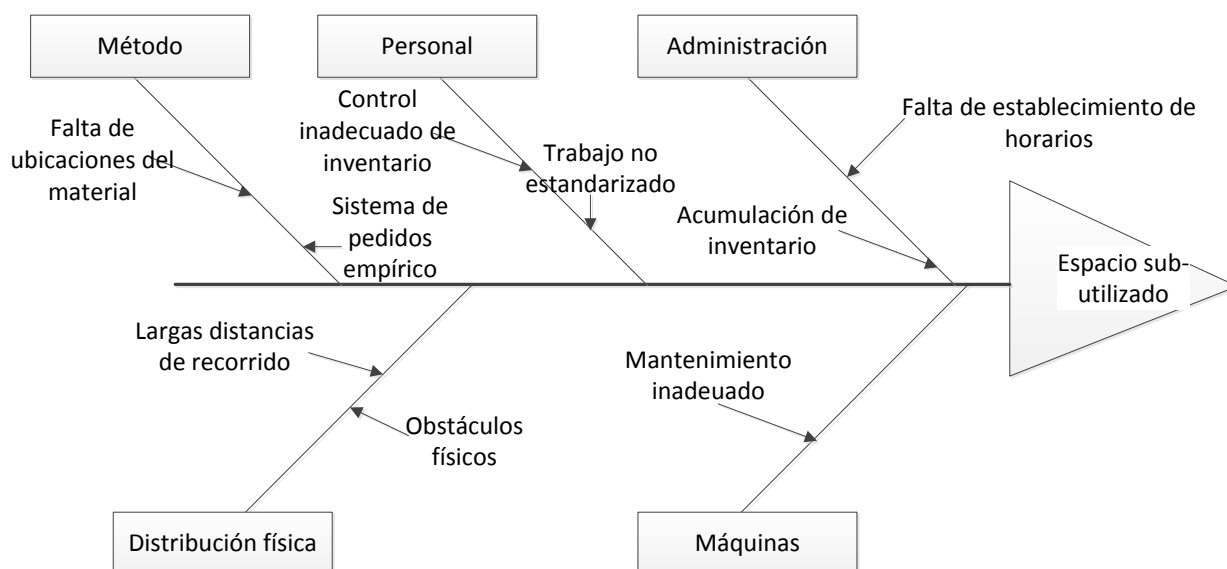


Figura 16: Diagrama de causa y efecto para el problema de espacio sub-utilizado. Fuente: elaboración propia

Varias causas pueden ser identificadas del anterior gráfico. No obstante uno de las más relevantes y que mayor impacto tiene sobre el problema es que debido a que no se tiene un sistema ordenado de ubicación del material, los pedidos del mismo se realizan empíricamente. De esta forma, cada vez que se ingresa material hacia las bodegas los operarios simplemente lo colocan de la manera en que ellos piensan que es la adecuada. Sin embargo, por este motivo es difícil recordar en dónde se ubicó a cada parte y consecuentemente el control del inventario no es el adecuado. Esto a su vez genera que no se utilice adecuadamente el espacio de la bodega y se generen altos costos de oportunidad como se describió en la sección 3.2.6. El mantenimiento de las maquinarias también juega un rol importante en el problema del espacio sub-utilizado ya que se sobre-utilizan en múltiples ocasiones a los montacargas y no se realiza un mantenimiento adecuado. De esta manera, se deben alquilar montacargas para así suplir a los averiados. Esto en cambio ocasiona que no se pueda perchar a tiempo el material del área de almacenamiento de CKD y consecuentemente exista una sub-utilización del espacio.

Aparte de los anteriores problemas mencionados, después de elaborar el diagrama de espagueti se evidencia una gran congestión especialmente en el área de distribución. Aquí se ha observado que se pierde tiempo innecesariamente evadiendo obstáculos puestos por los otros operarios tanto de distribución como de perchado. Esto ocasiona que en muchas ocasiones, los trabajadores deban optar por una ruta no óptima o directa al momento de distribuir el material o

realizar el picking. Consecuentemente, las operaciones se retrasan y se necesita más personal o en muchas ocasiones la línea deberá parar por falta de material. En el siguiente diagrama de causa y efecto se exhiben las potenciales causas relacionadas con el problema de congestión en el área de distribución.

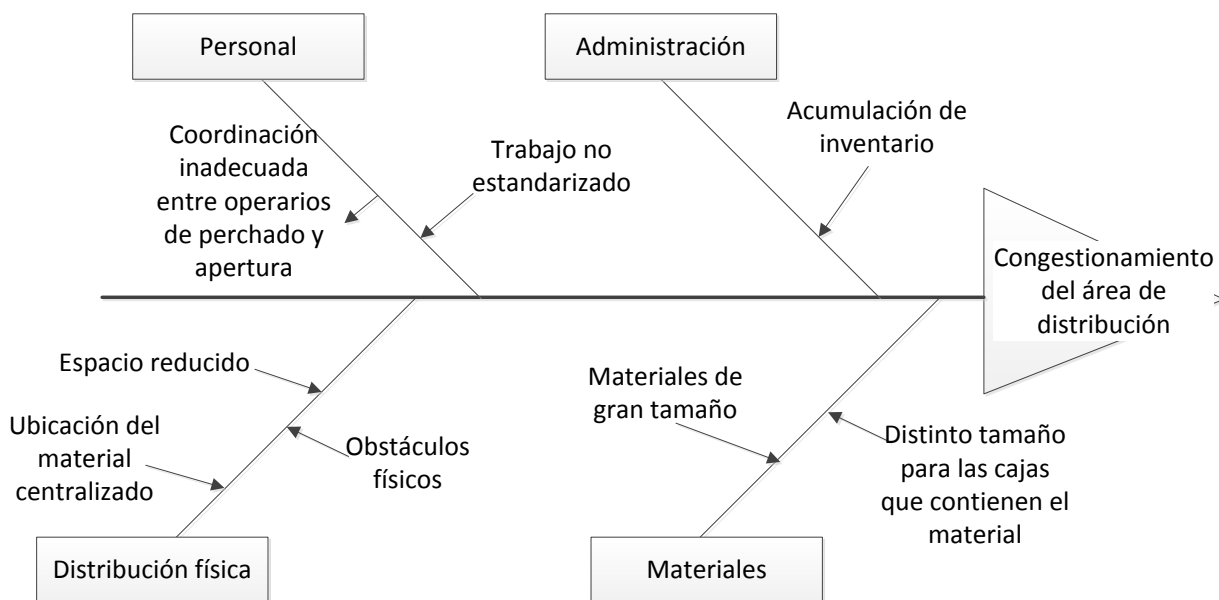


Figura 17: Diagrama de causa y efecto para el problema de congestión del área de distribución. Fuente: Elaboración propia.

De la figura 17 se puede evidenciar que una parte importante del problema está dado por la distribución física del material. Debido a la existencia de material de gran tamaño, cajas de distintas dimensiones con componentes a ser ensamblados y un espacio reducido para poder circular, sin duda existen problemas de congestión especialmente en el área de distribución. Aparte de las causas previamente citadas, los trabajadores de perchado y distribución no mantienen una coordinación adecuada para que de esta manera puedan trabajar en conjunto y así evitar obstaculizar unos a otros. Por el contrario, los operarios de perchado no tienen un trabajo estandarizado con lo que perchán e introducen el material a su criterio personal desconociendo que obstaculizan el trabajo de los operarios encargados de la distribución del material hacia la línea produciendo demoras innecesarias. Todo esto ocasiona que se tenga que perder tiempo al momento de realizar el picking respectivo del material y en múltiples ocasiones no exista el material necesario en la línea productiva.

Por último, uno de los costos más elevados es el costo de oportunidad. Este, sin embargo, está dado por la capacidad adicional que se podría obtener al ampliar la línea productiva actual

con el espacio que se tiene para el almacenamiento de inventario. Justamente, a pesar de que eliminar por completo el área de almacenamiento de materiales no es una alternativa viable, se podría mejorar la utilización del espacio con lo que el espacio adicional obtenido podría ser destinado hacia otras inversiones que produzcan dinero para la empresa. Adicionalmente, existen costos que no tienen una alta representatividad como el material dañado o en malas condiciones; no obstante, deben ser tomados en cuenta por el hecho de que develan problemas relacionados al manejo de materiales en Aymesa S.A.

Capítulo 4: Propuestas generadas para el manejo de materiales en Aymesa S.A.

Una vez obtenida toda la información referente a los problemas encontrados en Aymesa S.A., se procede a examinar las potenciales alternativas con las cuales el manejo de materiales gozará de mayor organización, eficiencia y estandarización disminuyendo así el gasto innecesario de recursos. Para los problemas citados en la sección 3.2.7 del capítulo 3, se propone lo siguiente. Primero se trabajará ubicando de mejor manera al material que se encuentra en la bodega de CKD. Debido a que el material se ubica en posiciones dictaminadas por los operarios de los montacargas, existe una gran cantidad de espacio subutilizado y los costos de oportunidad terminan siendo muy elevados. De esta manera, teniendo ubicaciones óptimas para el material se conseguirá que los tiempos de recolección sean menores, el espacio tenga una mejor organización pudiendo así llevar un mejor control de inventario aparte de reducir la cantidad de movimientos necesarios para alcanzar un material. En segundo lugar, teniendo también en cuenta la poca utilización de espacio que se tiene en la bodega, se propondrá un modelo para el pedido óptimo de inventario desde las bodegas externas a la de la planta de ensamblaje final. Con esto se pretende conseguir una mejor utilización tanto en el espacio de la bodega de CKD como en las bodegas externas. Una tercera propuesta estará dada por la reconfiguración del área de distribución y un cambio tanto en las políticas como en las operaciones que se vienen realizando actualmente. Esta medida ocasionará que los tiempos de distribución reduzcan y que el principal componente de la demora disminuya considerablemente.

Todos estos temas y propuestas serán desarrollados en las siguientes secciones para así tener una visión clara y global de qué es lo que se quiere conseguir para disminuir el desperdicio de recursos en cuanto al manejo de materiales en Aymesa S.A.

4.1. Asignación de materiales a la bodega

Para establecer adecuadamente las ubicaciones que tendrá el material en la bodega de CKD, lo primero que se debe evaluar es el tipo de codificación que se utilizará para este propósito. Actualmente cada fila de perchas consta de 8 estanterías con tres niveles de altura diferentes. Es decir, cada fila de perchas constará de 24 ubicaciones potenciales para el material y 384 ubicaciones en total ya que actualmente la bodega consta de 16 filas de perchas. Adicionalmente, cabe mencionar que después de mantener conversaciones con la dirigencia se manifestó que Aymesa S.A. quisiera implementar un sistema de codificación similar al que se

tiene en el área de distribución. En la misma, cada pasillo queda nombrado por una letra del alfabeto y cada nivel de la percha queda enumerado. No obstante, no se ha añadido una dirección específica para cada alveolo. En otras palabras, si un operario quisiera obtener algún material en específico lo único que se conocería es el nombre del pasillo y el nivel en la que el objeto se encuentra. De esta manera, se presentará un sistema similar pero que sí tome en cuenta a cada alveolo como una referencia única dentro de la bodega. Para tener una visión más clara y realista de la organización de la bodega, se presenta a continuación una imagen de la misma.

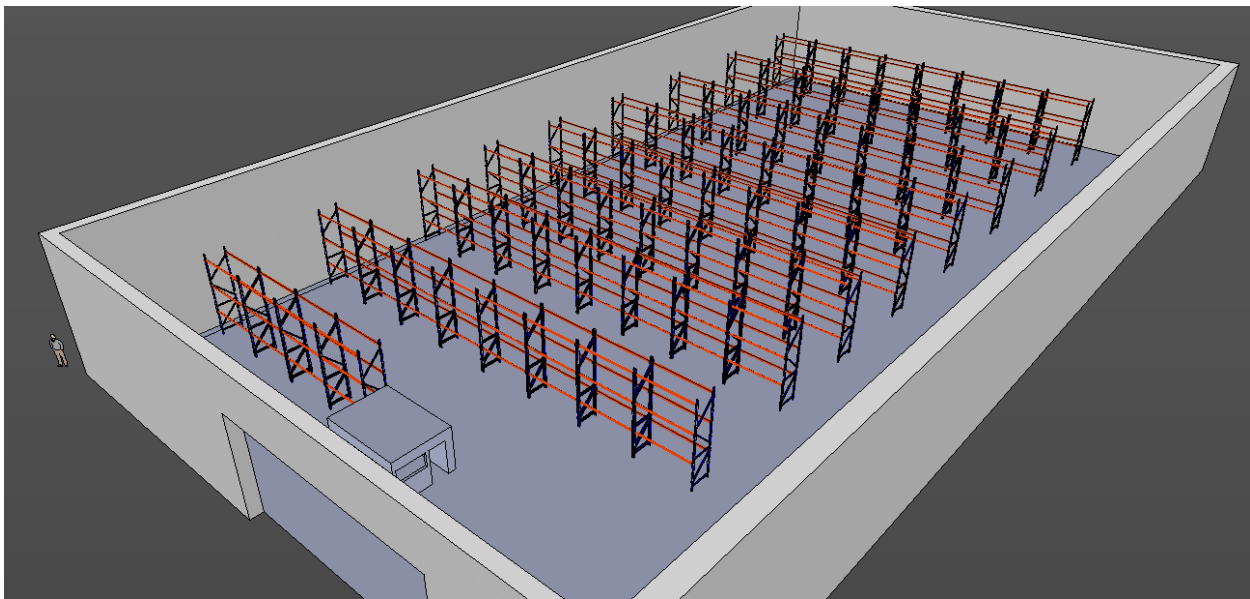


Imagen 1: vista de la bodega de CKD. Elaboración propia

Se puede apreciar que sí es factible adoptar una codificación similar a la mantenida en el área de distribución por lo que se propone el siguiente sistema:

- Las letras del alfabeto denotarán el pasillo entre dos perchas. Empezando con la letra A desde la entrada de la bodega hasta el la letra I al final de la misma.
- Para establecer la fila perteneciente a los pasillos A, B, C, D, E, F, G, H, I se enumerará del 1 al 16 para determinar la fila en la cual se encuentra el material.
- Números del 1 al 8 se incluirán en la codificación para establecer la columna correspondiente a la fila y pasillo previamente mencionados.
- Por último una numeración del 1 al 3 se impondrá para establecer el nivel en el que el material debe colocarse.

Así por ejemplo el código C432 representa el alveolo que se encuentra en el pasillo C, fila 4, en la tercera columna y segundo nivel. Aparte del ejemplo previamente mencionado, se presenta la siguiente imagen con la codificación propuesta.

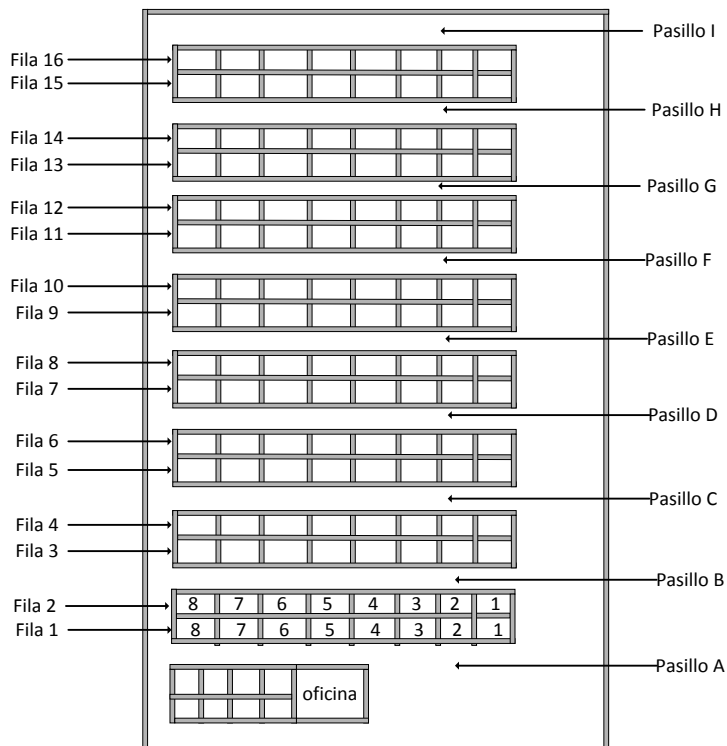


Figura 18: parámetros para la identificación del material en la bodega de CKD. Elaboración propia

Una vez establecida la codificación anterior, se procedió a aplicar el modelo matemático descrito en la sección 2.15 del marco teórico. Primero se empezará explicando los valores que toma cada parámetro del modelo.

$n = 3$ productos que en este caso representan los tres modelos de vehículos: Sportage, Cerato y Rio. Cabe mencionar que por políticas internas de Aymesa S.A. los componentes de cada modelo se traen desde las bodegas externas hasta la bodega de la planta por lotes completos por lo que el número de contenedores y espacio requerido para cada lote es calculado de acuerdo a este procedimiento.

$m_j = 187$. Este parámetro es calculado de la siguiente manera:

Tabla 19: número de ubicaciones requeridas por cada producto. Elaboración propia

Producto	Espacio requerido (número de alveolos)
Sportage	74
Cerato	70
Rio	43
TOTAL	187

Los datos fueron obtenidos a partir de la tabla 1 de la sección 3.1.1 del capítulo anterior. Aparte de esto y como se mencionó anteriormente, se respetó la política de traer siempre un lote entero para cada modelo de vehículo. Debido a que los alveolos pertenecientes a cada rack han sido configurados para almacenar un solo contenedor a lo ancho, se mantiene este sistema y por lo tanto se requiere de un alveolo por cada contenedor dando un total de 187 espacios requeridos.

$m_d = 384$. Observando la figura 18, se puede apreciar que existen 128 ubicaciones por cada nivel. En razón de que existen tres niveles, se tendrán las 384 ubicaciones para el material.

$R = 1$ ya que la empresa maneja una puerta para el ingreso y salida del material por motivos de seguridad.

t_{rk} = Se asumirá que el tiempo en recorrer desde la posición de almacenamiento k hasta la puerta de ingreso r es directamente proporcional a la distancia entre k y r (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004). De esta manera, se asume que la velocidad de recorrido dentro de la bodega es constante. Las distancias se muestran en el ANEXO 14.

p_{jr} = Debido a que resulta complicado saber exactamente el número de veces en las que cada producto entra y sale por la puerta de la bodega CKD, se procedió a calcular el número de operaciones de manejo de material de la siguiente manera:

Tabla 20: cálculo de operaciones de manejo de materiales diarias en la bodega de CKD.
Elaboración propia

Modelo	Cantidad producida promedio al mes	Cantidad promedio producida por día	Cantidad de unidades producidas con un lote	Cantidad de contenedores por lote	Número de operaciones de manejo de materiales por día
Sportage	436	20	30	74	49
Cerato	198	9	40	70	16
Rio	238	11	40	43	12

Las cantidades producidas por mes fueron evaluadas a partir de datos históricos de producción para los últimos seis meses mostrados en el ANEXO 13. No se tomaron datos anteriores a estos seis meses ya que Aymesa S.A. recientemente bajó la producción y datos anteriores al tiempo previamente establecido no hubieran reflejado apropiadamente la situación actual. Adicionalmente, manteniendo la política de siempre trabajar con lotes completos, se realizó un cálculo proporcional para establecer la cantidad de operaciones que se deben realizar por día en cuanto al manejo de materiales.

c_{jk} = Esta variable se calcula a partir de la ecuación descrita en la sección 2.15 y se presentan los resultados en el ANEXO 14. Sin embargo, un ejemplo es presentado a continuación:

$$c_{1,1} = \frac{49}{74} * 13 = 8.60$$

$$c_{2,25} = \frac{16}{70} * 40.075 = 9.16$$

$$c_{3,300} = \frac{12}{43} * 77.575 = 21.64$$

x_{jk} = Variable de decisión. Toma valores binarios de 1 si se asigna el producto j a la ubicación k y 0 si no.

Teniendo en cuenta toda la información analizada anteriormente, se formula el modelo:

Minimizar

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{384} c_{jk} x_{jk}$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^{384} x_{jk} = m_j, \quad j = 1, \dots, 3$$

$$\sum_{j=1}^3 x_{jk} \leq 1, \quad k = 1, \dots, 384$$

$$x_{jk} \in \{0,1\} \quad j = 1, \dots, 3, \quad k = 1, \dots, 384$$

Donde:

$$c_{jk} = \frac{p_{j1}}{m_j} t_{1k}$$

Para este modelo en particular, la función objetivo establece que se minimizará el costo relacionado a ubicar determinado producto en determinada ubicación. Teniendo en cuenta que el costo considera el número de veces en que un producto debe ser manejado, las distancias de cada ubicación y el número de espacios que requiere cada producto, la función objetivo tratará de ubicar a los productos que mayor manejo presenten más cerca de la puerta de ingreso. Esto garantizará que el costo total se minimice tal como lo estipula el modelo. Por otro lado, para las restricciones, la primera indica que el número de ubicaciones asignadas a un producto debe ser igual a las necesitadas por dicho producto. Así por ejemplo, para el producto Sportage ($j=1$), la segunda restricción necesariamente deberá sumar 74. La segunda restricción establece que únicamente se podrá asignar un producto cada espacio de los 384 disponibles. Por último, la tercera restricción limita los resultados de la variable x_{jk} a ceros y unos. Con esto, se podrá determinar fácilmente si una ubicación será asignada a determinado producto o no dependiendo del resultado es cero o uno.

El modelo mostrado en el ANEXO 14 fue planteado originalmente en Solver de Excel ®; no obstante la cantidad de variables del problema (1152 variables) produjo que este programa no pueda resolver el modelo completo. Es por este motivo que para la resolución del problema se utilizó un complemento de Excel ® con mayor capacidad (máximo de 2000 variables) llamado Open Solver ®. Este programa ofrece la misma interfaz al usuario y brinda mayores posibilidades de resolver problemas grandes. De esta manera, se pudo obtener las ubicaciones para cada producto tal como se muestra en el ANEXO 15. Específicamente en la figura 40, se pueden observar las ubicaciones del material para el primer nivel de las estanterías. Así, justamente los productos que mayor cantidad de manejo presentan son los que más cerca fueron ubicados a la puerta de ingreso para así minimizar la distancia y consecuentemente tiempo para cada producto.

Cabe recalcar que no se tomó a cada contenedor como un producto distinto ya que el número de manejos que presenta cada contenedor es casi el mismo. Esto se debe a que en promedio cada uno de los contenedores tiene la misma cantidad de cajas de cartón y por lo tanto número de piezas. Así, teniendo en cuenta que el modelo matemático ubicará a los contenedores de manera que se minimice el costo, los contenedores con mayor cantidad de rotación hubieran quedado pegados uno al lado del otro cerca de la puerta de ingreso y no se ganaría mucho con respecto al modelo que considera como productos a los tres modelos de vehículos. De esta manera, no se consideró esta lógica para el planteamiento del modelo.

Por último, es necesario mencionar que se corrió al modelo varias veces en Open Solver ® y se obtuvo la misma solución cada vez. Esto implica que la solución encontrada es única y óptima. De esta manera, la combinación encontrada para las variables de decisión es la que optimiza el valor de la función objetivo y está dada en un vértice de la región factible (Hillier & Lieberman, 2010). Así, para cualquier otra solución necesariamente el valor de la función objetivo incrementará haciendo que sea una peor solución comparada a la encontrada.

4.2. Reubicación del supermercado del área de distribución en la línea productiva

A partir de la sección 3.2.7 se explicó que uno de los problemas que mayor afectación en las operaciones de manejo de materiales en Aymesa S.A. es el transporte innecesario que se debe realizar cada vez que una orden surge en la línea productiva, siendo las ordenes automóbiles en proceso de ensamblaje. Después de realizar el respectivo diagrama de causa y efecto y haciendo un análisis de la moda, se identificó que la distribución física es una de las causas que presenta la mayor cantidad de problemas al momento de transportar el material hacia las respectivas estaciones. Justamente esta causa se vuelve lógica al conocer que la línea de ensamblaje es extensa pues presenta un área de aproximadamente 6339 m². Así, por más de que se tenga un control riguroso sobre cuánto material se tiene en cada estación de la línea, evitando así múltiples viajes, los operarios tendrán que recorrer grandes distancias cada vez que surja una orden. Adicionalmente, el tráfico generado por este control más preciso sobre la cantidad de material no reduciría en gran medida la congestión generada por la distribución de pedidos ya que de igual manera, se deberán realizar varios viajes para suplir la demanda de la línea. Aun así, en este punto cabe mencionar que la gerencia ha podido evidenciar este problema de gran congestión y se han realizado algunos cambios. Uno de los que más efectos positivos ha tenido en cuanto a la reducción del tiempo de ciclo es asignar segmentos de línea a cada operario encargado de la distribución. De esta manera, si bien se logró reducir un poco el tráfico generado para así también poder reducir el tiempo de servicio, se debió contratar a una mayor cantidad de personal para así evitar que la línea pare por falta de material.

Aparte de lo anteriormente establecido, la secuencia de producción es muy irregular. Se dan casos en donde se planea producir por ejemplo 20 modelos Sportage al día; no obstante, solo se producen 8 o incluso menos y lo mismo ocurre con los distintos modelos. Después de hablar con los encargados del proceso esto se da ya que durante el proceso de soldadura, no todas las carrocerías presentan la misma cantidad de piezas y consecuentemente similares tiempos de ciclo. Así, como hay modelos que se demoran más o menos y no existe un espacio muy grande que actúa como colchón de unidades sub ensambladas, Aymesa S.A no tiene otra opción aparte de enviar la carrocería soldada directamente al área de ensamblaje final. Dadas estas características, no puede crearse un plan ni cronograma estructurado que ayude a los trabajadores

a tener el material que se necesita en el lugar correcto y en las cantidades óptimas. De esta forma, bajo estas condiciones, resultaría inútil pensar en establecer horarios, rutas o secuencias de distribución que simplifiquen el trabajo para así mejorar los tiempos de servicio.

Como se explicó anteriormente, el sistema de distribución del material en Aymes S.A. está basado en el armado de kits los cuales posteriormente son distribuidos en coches eléctricos hacia la línea de ensamblaje. Bajo esta metodología, necesariamente deberá existir un lugar designado al almacenamiento centralizado del material que comúnmente se lo denomina supermercado (Boysen & Emde, Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets, 2014). La principal ventaja presentada por esta metodología de distribución radica en que se elimina en gran medida la cantidad de material que se debe posicionar en la línea productiva (Boysen & Emde, Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets, 2014). De esta manera, se puede ampliar la capacidad productiva y contar con mayor cantidad de espacio para un manejo de materiales más ergonómico. No obstante, este sistema también presenta algunas falencias. La principal es que existe un doble manejo del material cada vez que surge una orden en la línea. Esto se da ya que una vez que el material es sacado de los contenedores grandes, se lo debe posicionar en las perchas para las cajas de cartón y luego los operarios de distribución deben tomar dichas cajas y trasladarlas hacia la línea productiva. De esta manera, se crean dos operaciones redundantes y pasos intermedios que complican y aumentan el tiempo de operación. Otro de los problemas presentados en la distribución basada en el armado de kits es que si no se tiene un control riguroso y a tiempo real sobre la cantidad de material existente en las perchas de la línea, múltiples viajes serán necesarios a fin de suplir la demanda que se tiene al momento que surge una orden. Justamente, luego de realizar el estudio de tiempos y matriz de valor agregado en el área de distribución, se encontró que el tiempo tomado por el transporte de materiales y doble manejo de los mismos coincide con las falencias que se tienen al adoptar esta alternativa de armado de kits para la distribución de materiales.

La segunda alternativa para la distribución de materiales a la línea productiva está dada por el almacenamiento de material directamente en la línea (Boysen & Emde, Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets, 2014). Bajo este concepto, los contenedores que contienen las cajas de cartón más pequeñas son ubicados muy

cerca del área productiva con el fin de que una vez que se haya aperturado dicho contenedor, los trabajadores encargados del ensamblaje puedan tomar el material directamente evitando así el doble manejo y transporte que se tenía con el sistema previamente mencionado (Boysen & Emde, Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets, 2014). Aparte de esto, otra ventaja que presenta esta metodología de distribución es que cuando la producción no es regular o surgen picos de producción que no habían sido planificados o pronosticados, bajo este sistema se va a poder suplir la demanda adecuadamente ya que se tiene a disposición mayor cantidad de material para ser utilizado inmediatamente. Desafortunadamente, este sistema de distribución también presenta algunas deficiencias que imposibilitan tener operaciones más ágiles y que vayan de acuerdo al nivel de producción que se tiene en Aymesa S.A. La principal es que se ocuparía un amplio espacio en la línea donde ya de por sí el espacio es bastante reducido (Boysen & Emde, Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets, 2014). Además de esto, el hecho de que el material no está totalmente listo, únicamente para que los operarios de ensamblaje lo tomen, aumenta y entorpece el tiempo que se tiene para el ensamblado de los vehículos.

Una vez mencionadas a profundidad las dos maneras en que se puede distribuir el material Boysen y Emde (2014) sugieren que una de las mejores maneras de manejar el material es combinar las dos metodologías tomando lo mejor de cada una de ellas para así obtener un sistema híbrido que funciona adecuadamente en especial en líneas de ensamblaje automatizadas. De esta manera, lo que esta nueva propuesta sugiere es que el supermercado que anteriormente estaba centralizado se divida en partes más pequeñas las cuales surtirán a cada estación con el material correspondiente. Es decir, se integrará el supermercado a la línea (Boysen & Emde, Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets, 2014). Así, el armado de kits se lo haría directamente en cada estación de trabajo evitando así el doble manejo del material desde el supermercado centralizado hasta cada estación. De esta manera, los operarios que actualmente están encargados de la distribución deberán entregar dichos kits de material a los operarios de ensamblaje en la secuencia correspondiente a la producción diaria. Claramente, se necesitará de un rack de flujo en donde se puedan almacenar estos kits con el material correspondiente al vehículo que se encuentra en la estación. Cabe mencionar que esta es una propuesta totalmente nueva que no había sido aplicada en años anteriores. No obstante, sus creadores Boysen y Emde (2014) señalan que este nuevo sistema de

distribución de material ha tenido un gran impacto sobre líneas de ensamblaje especialmente en la industria automotriz. Se muestra a continuación una ilustración de esta propuesta para visualizar de mejor manera cómo esta funcionaría.

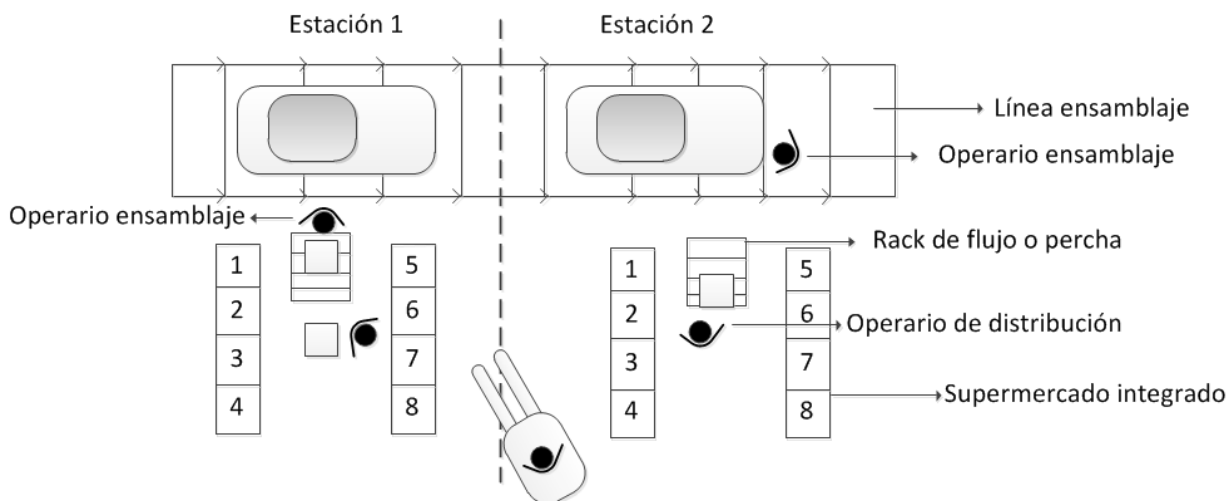


Imagen 2: Supermercado integrado a la línea de ensamblaje. Adaptado de part supply of mixed-model assembly lines por Boysen y Emde, 2104




Una vez establecidas las tres metodologías que pueden ser aplicadas a Aymesa S.A, se presenta a continuación un cuadro comparativo para así observar los beneficios y falencias presentadas por cada una.

Tabla 21: comparación de las tres metodologías de distribución de material. Adaptado de part supply of mixed-model assembly lines por Boysen y Emde, 2104

Aspecto	Peor			Mejor
Tiempo inproductivo de un operario de ensamblaje al tomar partes de estanterías	▲			● □
Carga ergonómica excesiva para operario de ensamblaje	▲			● □
Inspación de calidad (peor si está cerca de la línea ya que se reduce el tiempo de reacción para poder cambiar la parte defectuosa)	▲		●	□
Requerimiento de espacio en la línea	● ▲			□

El gráfico de comparación utiliza triángulos azules (▲) para indicar un nivel 'Peor' y círculos azules (●) o cuadrados azules (□) para indicar un nivel 'Mejor'. Las líneas discontinuas conectan los puntos de datos entre las categorías, mostrando tendencias como la mejora en la ergonomía y el espacio al pasar de un método a otro.

Stock de seguridad en caso de imprevistos en la producción	
Cantidad de dobles manejos de material	
Esfuerzo en el proceso de planeación para la distribución de materiales	

 Armado de kits
  Supermercado integrado a la línea
  Almacenamiento en la línea

Tal como se ha mencionado a lo largo de este proyecto, una de las falencias fundamentales encontradas en el manejo de materiales de Aymesa S.A es la demora y transporte excesivo de personal y materiales a lo largo de la línea productiva. Específicamente se ha observado que los operarios de distribución se ven forzados a transportar el material en cantidades pequeñas hacia la estación correspondiente ya que no cuentan con un cronograma o secuencia específica sobre qué vehículos ingresarán para ser ensamblados. Todo esto ocasiona que se necesite gran cantidad de tiempo y operarios para poder abastecer a la demanda creada por la línea productiva. Teniendo en cuenta esto y el hecho de que en Aymesa S.A. la producción es muy irregular; es decir el número vehículos por modelo varía de acuerdo a lo planeado, el sistema de distribución de material híbrido presenta una alternativa viable para la empresa. De hecho, esta propuesta ataca directamente a los problemas que se tiene actualmente ya que elimina el doble manejo que se tiene y ocasiona tantos transportes innecesarios; además de que sirve en caso de que la producción varíe ya que se tiene una cantidad suficiente de material cerca de la línea productiva evitando así paros. De esta manera, es una alternativa factible para poder implementarla y obtener beneficios de la misma.

Lamentablemente, considerando que esta es una propuesta que implica modificar totalmente el proceso de distribución de materiales en Aymesa S.A, no fue posible implementar esta metodología en la planta de Aymesa S.A. dado el corto tiempo que se tiene. De esta manera, no se pudo comparar con datos exactos cuál sería el beneficio al aplicar este nuevo sistema. No obstante, se simularon los resultados para así obtener conclusiones adecuadas acerca del beneficio o perjuicio que causaría al sistema. En la siguiente sección se detalla el modelo de simulación.

4.2.1. Modelo de simulación para el proceso de distribución de materiales actual en Aymesa S.A.

En primera instancia, cualquier modificación que se realice en un proceso debe estar planteada a manera de proyecto a pequeña escala (Calitz, 2009). De esta manera, se puede evaluar los efectos de cualquier cambio que se realice sin tener que aplicarlos a todo el proceso y potencialmente obtener resultados no deseados (Calitz, 2009).

Así, se evalúa cuáles son las estaciones que más alarmas presentan por falta de materiales al momento de ensamblaje tomando los datos de las alertas ANDON presentadas en la sección 3.2.1. Para esto, se elaboran diagramas de Pareto con el objetivo de identificar las estaciones más críticas en cuanto a materiales en la línea de ensamblaje. Con este análisis lo que se desea es obtener las estaciones con mayor cantidad de problemas para implementar este nuevo proceso de distribución híbrido y así observar el potencial beneficio que se obtendría. Los resultados se muestran a continuación:

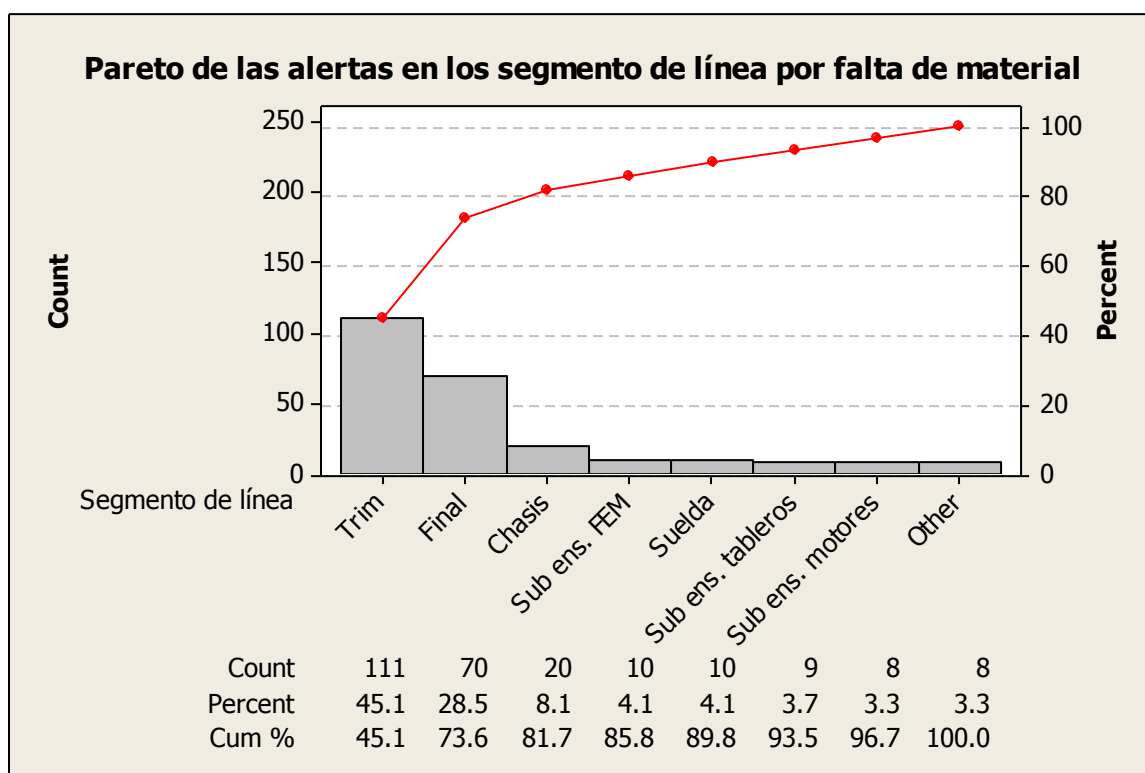


Figura 19: Diagrama de Pareto de las alertas en los segmentos de línea por falta de material. Elaboración propia

Tal como se observa en el anterior gráfico, los mayores segmentos de línea causantes de las alertas por falta de material son las estaciones pertenecientes a TRIM, FINAL y CHASIS. Cabe recalcar que estos datos pertenecen a las alertas comprendidas entre los meses de Enero de

2014 y Junio de 2014. De esta manera, por más de que la relación 80-20 establece que la estación de CHASIS también debe ser considerada dentro del análisis, la cantidad de alertas en los seis meses mencionados es demasiado baja comparada con TRIM y FINAL teniendo apenas una alerta cada siete días laborables vs. aproximadamente una alerta cada día laborable por parte de TRIM. Así, no se la considerará por no ser una de las estaciones que acumula la mayor cantidad de faltas de material.

Adicionalmente, se detalló aún más cuáles son las estaciones pertenecientes a TRIM y FINAL que presentan la mayor cantidad de alertas por falta de material. Los diagramas de Pareto respectivos se muestran a continuación:

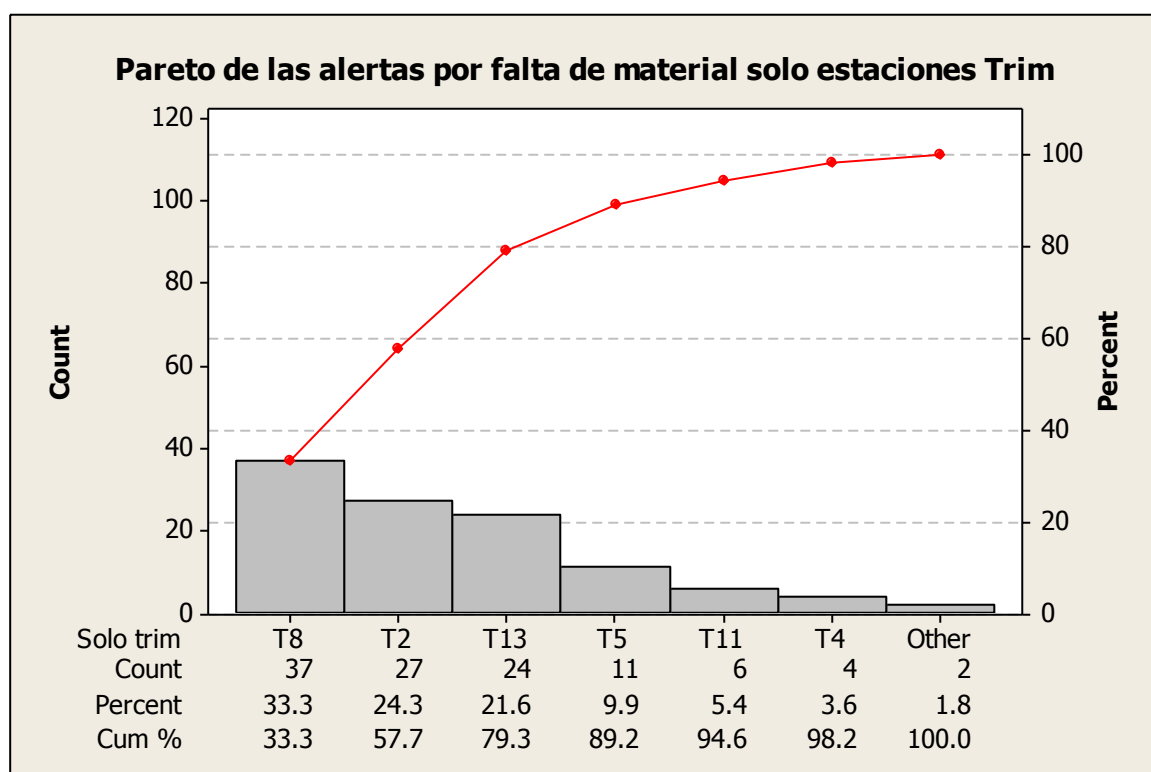


Figura 20: diagrama de Pareto de las alertas por falta de material solo estaciones Trim.
Elaboración propia

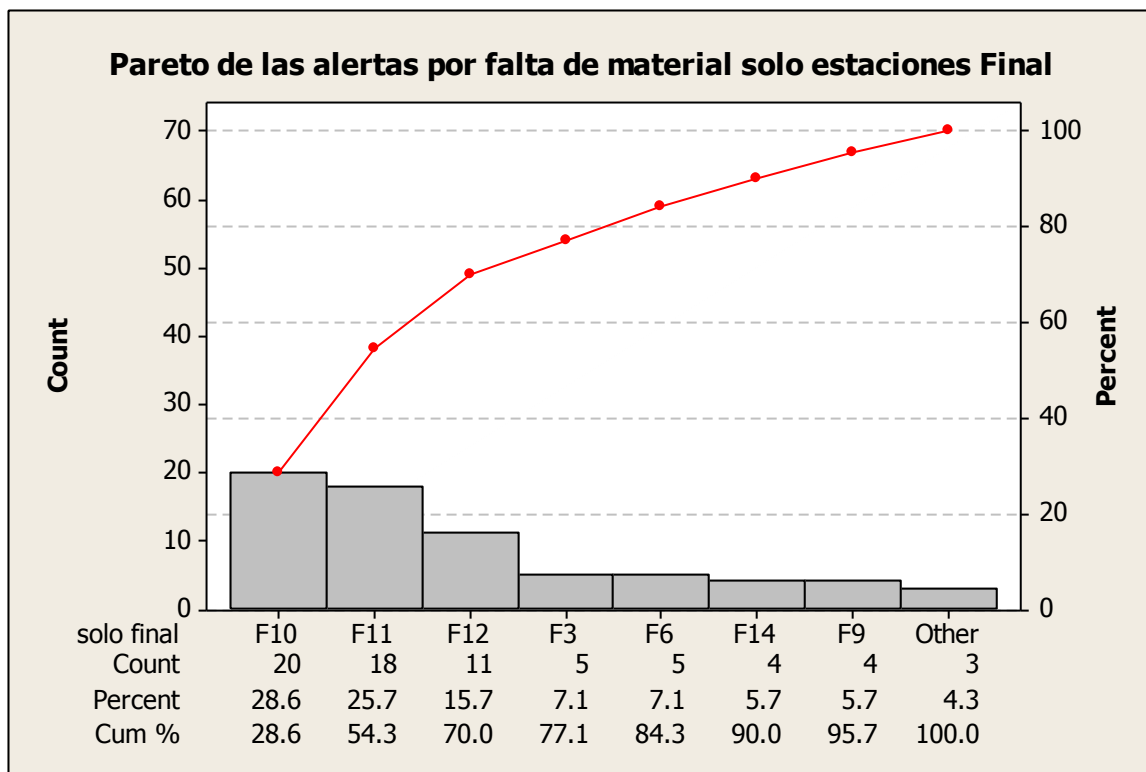


Figura 21: diagrama de Pareto de las alertas por falta de material solo estaciones Final. Elaboración propia

Para las estaciones pertenecientes al segmento de línea TRIM se puede concluir que las estaciones que mayor cantidad de alertas por falta de material generan son las estaciones TRIM 2 (T2), TRIM 8 (T8) y TRIM 13 (T13). Por otro lado, se aplica un análisis similar al que se hizo para el segmento de línea CHASIS a las estaciones pertenecientes a FINAL. Como el objetivo es conocer cuáles estaciones han sido las causantes de la mayor cantidad de alertas, se concluye que únicamente FINAL 10 (F10) y FINAL 11 (F11) deberían ser consideradas en este estudio ya que FINAL 12, FINAL 3, FIANL 6, etc. ocasionan como máximo una alerta cada 12 días laborables (aproximadamente 2 semanas y media) por lo que estas alertas pueden ser consideradas incluso como parte de los parámetros normales de operación considerando el nivel de producción de Aymes S.A.

4.2.1.1. Recolección de tiempos para la simulación

Una vez identificadas cuáles estaciones dentro de la línea deben ser evaluadas para implementar la propuesta de mejora, se procede a medir los tiempos en la distribución de materiales a cada una de las estaciones previamente analizadas. De igual manera que en la sección 3.2.4 se miden los tiempos de acuerdo a la metodología de regreso a cero. Los tiempos

recolectados para la simulación se muestran en el ANEXO 16. En este caso, dado que la actividad de desarmar caja y colocar en área de reciclaje no es crítica en el proceso de distribución, no se la tomará en cuenta para la recolección de tiempos.

4.2.1.2. Determinación del tamaño de muestra

Para el tamaño de muestra se utiliza nuevamente la misma metodología utilizada para la medición de tiempos en este trabajo de titulación. Se parte por tomar muestras pequeñas ($n < 30$) con datos de tiempos de cada actividad para así obtener la desviación estándar y media requerido de acuerdo a la ecuación 1. A manera de ejemplo, se muestra a continuación la determinación de la muestra para el caso del tiempo de arribo de una orden y una de las estaciones que se tendrán en cuenta para la simulación. En la tabla 22 se resumen los demás tamaños de muestra.

- Tiempo de arribo de una orden

Para el cálculo de este tamaño, se procedió de la siguiente manera: primero se midieron los tiempos de arribo de las carrocerías a la estación TRIM 1 (primera estación de montaje de componentes en la carrocería soldada y pintada). En razón de que la línea de ensamblaje en Aymesa S.A. no cuenta con colchones en medio de la misma y además que las posiciones en las que las carrocerías son ubicadas en la línea son fijas pues la línea se maneja con un conveyor con una velocidad fija, el tiempo de arribo a cualquier estación dentro de la línea necesariamente va a ser el mismo. No obstante, debido a que la cantidad de material que se ingresa cada vez a la línea es distinto para cada estación, se calcularon los tiempos de arribos de pedidos haciendo una regla de tres. Por ejemplo, si una carrocería arriba cada diez minutos y se ingresan 20 componentes en cada reposición, el tiempo en que arribe la siguiente orden para una nueva reposición será de 200 minutos. Los datos de arribos de carrocerías y órdenes se muestran en el ANEXO 16. De esta manera, los datos recolectados dieron una media de 620.25 segundos y una desviación estándar de 96.28. Utilizando la ecuación 1 se tiene lo siguiente:

$$n = \left(\frac{2.064 * 96.28}{0.05 * 620.25} \right)^2$$

$$n = 41.05 \approx 41$$

Donde:

n = tamaño de muestra requerida

t = puntos de porcentaje de la distribución t establecidos por los grados de libertad y nivel de confianza. En este caso, los grados de libertad están dados por $n-1$ observaciones iniciales tomadas y un valor de 0.05 para el nivel de significancia. Este nivel fue seleccionado ya que si este era mayor, abarcando así mayor cantidad de datos, se estaría aumentando la probabilidad de cometer el error tipo II. Es decir, se podrían aceptar mediciones que en realidad no representan de manera adecuada al tiempo del proceso como tal. Por otro lado, si este valor resulta más bajo, se estaría incurriendo en el error tipo I, rechazando así datos que sí son relevantes y deben ser tomados en cuenta en el tiempo de proceso. Teniendo en cuenta los anteriores parámetros se tiene que para una muestra de 25 datos y nivel de confianza de 95%, $t = 2.064$

s = desviación estándar de las observaciones de la muestra inicial.

k = fracción aceptable de \bar{x} o nivel de precisión. En este caso, se asume un valor del 5% luego comprobar que la desviación estándar no es alta con relación a la media y por lo tanto se puede asumir que los tiempos de arribo de las carrocerías no variarán considerablemente y pocos datos serán necesarios para establecer conclusiones adecuadas.

\bar{x} = Promedio de las observaciones de la muestra inicial (Niebel & Freivalds, 2008).

- Distribución de material para estación Trim 2

En este proceso, los datos recolectados dieron una media de 123.4 segundos y una desviación estándar de 16.75. Utilizando la ecuación 1 se tiene lo siguiente:

$$n = \left(\frac{2.093 * 16.75}{0.05 * 123.4} \right)^2$$

$$n = 32.29 \approx 33$$

Donde:

n = tamaño de muestra requerida

t = puntos de porcentaje de la distribución t establecidos por los grados de libertad y nivel de confianza. En este caso, los grados de libertad están dados por $n-1$ observaciones iniciales tomadas y un valor de 95% para el nivel de confianza. Este nivel de confianza fue seleccionado ya que si este era mayor, abarcando así mayor cantidad de datos, se estaría aumentando la probabilidad de cometer el error tipo II. Es decir, se podrían aceptar mediciones que en realidad no representan de manera adecuada al tiempo del proceso como tal. Por otro lado, si este valor resulta más bajo, se estaría incurriendo en el error tipo I, rechazando así datos que sí son

relevantes y deben ser tomados en cuenta en el tiempo de proceso. Teniendo en cuenta los anteriores parámetros se tiene que para una muestra de 20 datos y nivel de significancia de 0.05, $t = 2.093$

s = desviación estándar de las observaciones de la muestra inicial.

k = fracción aceptable de \bar{x} o nivel de precisión. En este caso, se asume un valor del 5% luego de mantener conversaciones con las personas encargadas de cada proceso.

\bar{x} = Promedio de las observaciones de la muestra inicial (Niebel & Freivalds, 2008).

Para las demás estaciones consideradas en esta simulación, se tomaron 20 datos iniciales de los cuales se obtuvieron las desviaciones estándar y medias respectivas. Dada esta cantidad de observaciones, los puntos de porcentaje de la distribución t serán los mismos ($t = 2.093$) para el cálculo de tamaño de muestra de cada estación. Adicionalmente, el error se mantuvo entre 5% y 8% ya que por motivos de alcance del presente trabajo de titulación, no se tuvo la posibilidad de obtener una gran cantidad de datos. No obstante, en los casos en los cuales el tamaño de muestra resultante fue pequeño, se registraron 35 observaciones para cada estación con el fin de mejorar la precisión de la simulación.

Tabla 22: tamaños de muestra para las estaciones bajo estudio. Elaboración propia

Estación	Tamaño de muestra	Porcentaje de error considerado
Trim 8	30.91 \approx 31	8%
Trim 13	26.11 \approx 27	7%
Final 10	30.51 \approx 31	6%
Final 11	28.03 \approx 28	5%

4.2.1.3. Determinación del tiempo estándar

De igual manera que para la sección 3.2.4.3, se añade la calificación correspondiente a los suplementos en los tiempos observados para así tener en cuenta la naturaleza y dificultad de la actividad al momento de simular. Debido a que no solo un operario está encargado de la distribución de materiales de todas las estaciones bajo estudio, se deben asignar calificaciones por separado. En este caso, se tiene un operario distinto para las estaciones T2, T8 y T13 pero un

mismo operario distribuye el material hacia las estaciones F10 y F11. Se utiliza el sistema de Westinghouse previamente descrito para determinar las calificaciones mostradas a continuación:

Operario encargado de estación	Calificación	Explicación
Trim 2	11%	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades: C2 ya que el operario no ha estado por mucho tiempo y a veces no realiza la tarea de la mejor manera • Esfuerzo: B2 ya que el trabajador demuestra voluntad para trabajar • Condiciones: C ya que las condiciones de trabajo son buenas • Consistencia: E ya que como el trabajador no tiene mucha experiencia, no es muy consistente
Trim 8	10%	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades: C2 ya que el operario no ha estado por mucho tiempo • Esfuerzo: C1 ya que el trabajador demuestra una buena voluntad para trabajar • Condiciones: C ya que las condiciones de trabajo son buenas • Consistencia: D ya que existen ocasiones en donde el trabajo realizado no ha sido consistente a lo largo del día
Trim 13	8%	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades: C2 ya que el operario no ha estado por mucho, por lo que no tiene mucha

		<p>habilidad para realizar sus operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo: C1 ya que el trabajador demuestra voluntad para trabajar • Condiciones: C ya que las condiciones de trabajo son buenas • Consistencia: E ya que en general el trabajo realizado en distribución de materiales no es tan consistente por la falta de experiencia
Final 10 y Final 11	8%	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades: C1 ya que el operario tiene buenas habilidades pero comparado al resto no se consideran excelentes • Esfuerzo: C2 ya que el trabajador no demuestra una gran voluntad para trabajar • Condiciones: C ya que las condiciones de trabajo son buenas • Consistencia: E ya que como el trabajador no es muy consistente dado que no presenta mucho esfuerzo al trabajar

Adicionalmente, se añade un 16% por suplementos ya que en primer lugar, para las tolerancias constantes, se agregó un 7% consistente de 5% de necesidades personales y 2% de fatiga básica. Luego, para tolerancias variables se adicionó un 9% compuesto por: trabajo de pie (2%), levantamiento de carga (6%) y ruido (1%). En este caso, el levantamiento de carga debe ser considerado a en el porcentaje previamente presentado dado que en la distribución de materiales, se deben levantar cajas con pesos moderados.

Cabe mencionar que estas calificaciones y suplementos serán añadidas al modelo de simulación al multiplicar la distribución obtenida en cada elemento de la actividad de cada estación por los valores de calificación y suplementos correspondientes. Así, se reflejará de mejor manera la realidad del proceso.

4.2.1.4. Pruebas de uniformidad e independencia

En primer lugar, se prueba la independencia entre datos. Para esto, se realizan diagramas de autocorrelación para los tiempos de arribo de las carrocerías y tiempos de distribución obtenidos en las estaciones bajo estudio. Así, si el valor de la función de autocorrelación se acerca a +1 o -1 y el valor de t es mayor al estadístico de prueba, se concluirá que los datos sí presentan dependencia entre los mismos (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004). Para esto, se utilizó Minitab en donde se pudieron obtener tanto las gráficas de autocorrelación como valores de la función de autocorrelación y valores t . El análisis se muestra en el ANEXO 17.

Teniendo en cuenta tanto los gráficos de autocorrelación como el valor de la función de autocorrelación y el estadístico t , no se puede apreciar una correlación visible entre los datos para las estaciones bajo estudio. No obstante, Específicamente en los tiempos de arribo se puede observar que existe una ligera correlación en el lag 5. Esto es explicado al saber que cuando una estación se detiene en la línea, y consecuentemente todas lo hacen, los operarios tratan de apresurar su trabajo luego que dicha estación comience a trabajar de nuevo. De esta manera, los tiempos de arribo se reducen en tiempo y por ende se correlacionan ya que los operarios, al tratar de igualarse a lo que hubiese sido la producción sin paras, comienzan a trabajar más rápido haciendo que los tiempos de arribo de las carrocerías sean más cortos y estén correlacionados. Lamentablemente, Arena no cuenta con ningún método específico para modelar correlaciones. Sin embargo, se reconoce que existe autocorrelación en los datos de tiempos de arribo y que los mismos pueden afectar en cierto grado a los resultados.

Aparte de las pruebas de autocorrelación, también se aplica una prueba de rachas a los datos de tiempos de arribo y distribución para las estaciones seleccionadas como una prueba más para observar independencia. Los valores se presentan en el ANEXO 17. Aquí, debido a que el valor p en todos los casos a excepción de los tiempos de arribo, es mayor al nivel de significancia de 0.05 no se tiene evidencia estadística suficiente como para rechazar la hipótesis

nula (H_0 : los datos son independientes) y por lo tanto se concluye que los datos si son independientes.

Por último, la uniformidad quedará garantizada al momento de ajustar los datos de tiempos de entre arribos y distribución de material a las estaciones seleccionadas. En este punto, ya sea que se utilice una distribución teórica o empírica, los datos aleatorios generados para la simulación se seleccionarán a partir de una distribución continua uniforme entre cero y uno.

4.2.1.5. Distribuciones de probabilidad seguidas por los tiempos entre arribos y distribución de material a cada estación

Para determinar las distribuciones seguidas por los datos recolectados para los tiempos entre arribos y tiempos de distribución de cada una de las cinco estaciones, se utilizó la herramienta del software Arena, *Input Analyzer*. Utilizando la misma, se pudo determinar con precisión la distribución seguida así como el ajuste correspondiente. Así, para valores p mayores al nivel de significancia 0.05, se concluye que la distribución sugerida por el software se adecúa apropiadamente a los datos introducidos.

Las salidas correspondientes a cada distribución por parte del *Input analyzer* se muestran en el ANEXO 18. Se puede apreciar que todas las distribuciones muestran una buena bondad de ajuste ya que el valor p para cada uno de los casos es mayor al valor de significancia de 0.05. Aparte de esto, se puede observar que la distribución seguida por los tiempos entre arribos de las estaciones T2 y F10 es la misma ya que en promedio se repone la misma cantidad de unidades en estas dos estaciones, por lo que los tiempos entre arribo de órdenes debe ser el mismo. Por último, es necesario mencionar que los parámetros de cada distribución están dados en minutos.

4.2.1.6. Construcción del modelo en Arena

El modelo de simulación elaborado para este trabajo se desarrolló en el software Arena. Se eligió esta plataforma ya que brinda facilidades al momento de realizar cambios y evaluar escenarios que permiten visualizar cuál sería la mejor solución para un problema. Como primer paso, se identificaron algunos conceptos específicos para determinar qué factores y elementos deben ser tomados en cuenta para elaborar adecuadamente la simulación.

- Eventos: arribo de una orden de distribución de material, transporte, reposición de componentes y partes a ser ensambladas

- Actividades: Tiempos entre arribos, consolidación de material, transporte de material, reposición de material
- Atributos: Origen del material, destino del material, cantidad transportada de material, etc.
- Entidades: Componentes o partes que van a ser ensambladas en un vehículo
- Medidas de desempeño: *Time in system* (TIS) y utilización de recursos

Para la creación del modelo se debe empezar por introducir los módulos *create* en el software. Aquí, debido a que se tienen tiempos de arribo de órdenes distintos para cada estación bajo estudio, se ingresan 5 módulos *create*. Luego, se ingresan los parámetros de las distribuciones obtenidas para cada estación respectivamente.

Como segundo paso, para cada estación se añade un módulo *process* en el cual los operarios deben tomar el material o componentes necesarios para reabastecer a la línea productiva con las partes respectivas. Debido a que actualmente cada estación bajo estudio cuenta con un solo operario a excepción de las estaciones F10 y F11 que cuentan con el mismo trabajador, se tendrá un recurso y tiempos de servicio distintos para el caso de tomar el material correspondiente para cada estación. Dada la particularidad de F10 y F11, estaciones que cuentan con el mismo recurso, se agregan dos módulos *assign* después de los módulos *create* en los cuales se introducen 4 atributos que determinarán los tiempos para tomar el material, ir a la ubicación correspondiente en la línea, descargar el material y luego regresar correspondientes a F10 y F11 tal como se muestra a continuación:

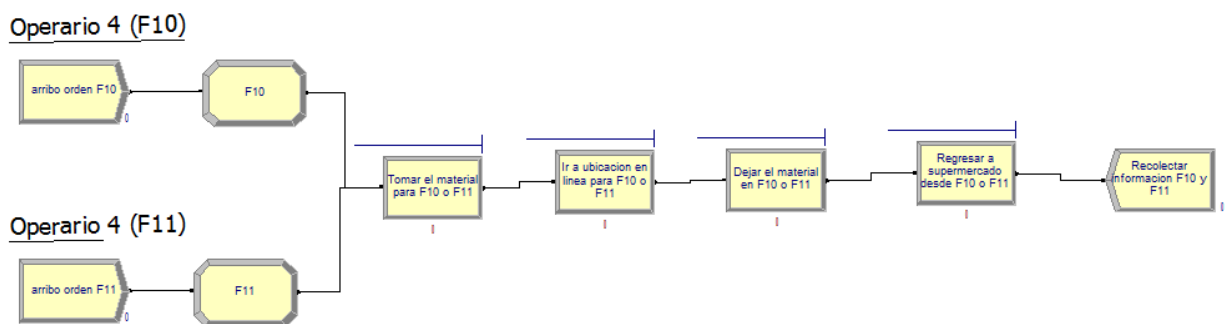


Figura 22: Modelo simulación para estaciones Final 10 y Final 11. Elaboración propia

Aparte de esto, si bien el modelo de simulación pudo haber considerado cada parte por separado con un tiempo de servicio distinto, no se modeló de esta manera ya que actualmente el

material para cada estación se encuentra en una misma columna en las estanterías del supermercado. Conociendo que un espacio de las estanterías del supermercado que contiene material para una estación no tiene más de 2 metros de ancho y 0.7 metros de altura, tomar un componente u otro correspondiente a una misma estación (misma espacio) tiene una diferencia de pocos segundos por lo que se asume que el tiempo de servicio es independiente a la ubicación del material para una misma estación. Desde luego, para estaciones diferentes si habrá un tiempo de servicio diferente ya que las partes manejadas en cada estación tienen diferentes dimensiones y por lo tanto los operarios les tomará distintos tiempos realizar esta actividad.

A continuación, se introduce al modelo otro módulo *process* para el traslado del material desde el área de supermercado hacia la estación correspondiente. En este caso no se utilizó un módulo *delay* ya que al no poder introducir recursos dentro del mismo, no se podría medir la utilización real que tienen los recursos que en este proceso son los operarios encargados de la distribución de materiales. No obstante, dentro del módulo *process* la acción que se va a tener es la de *seize delay release* en la cual se agrega el recurso de la estación correspondiente para así representar el transporte que se da al momento de traslado del material.

Seguidamente, se agrega otro módulo *process* para la actividad de dejar el material por parte del operario de distribución en la locación respectiva de la línea productiva. Igualmente, se ingresan los parámetros correspondientes a cada estación de acuerdo a las distribuciones obtenidas al utilizar el *Input Analyzer*.

Adicionalmente se agrega otro módulo *process* para representar el transporte del operario hacia el área de supermercado. Nuevamente, se utiliza este módulo y no un módulo *delay* ya que permite incluir recursos para luego observar la utilización real que tendrán los distintos trabajadores en sus estaciones correspondientes.

Por último, se añade un módulo *dispose* en donde se almacenará toda la información correspondiente al proceso de distribución de materiales en Aymesa S.A. Un ejemplo del modelo para una estación se muestra a continuación. Sin embargo, el diseño del modelo de simulación con todas las estaciones se muestra en el ANEXO 19.

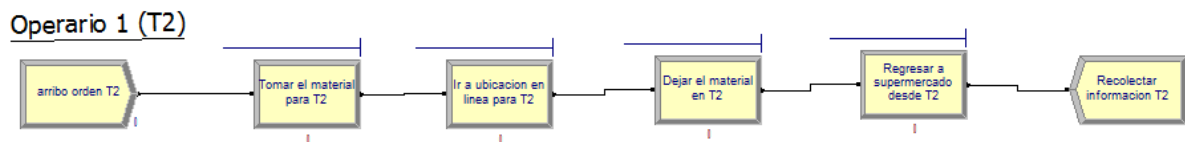


Figura 23: Modelo de simulación para Trim 2. Elaboración propia

Cabe mencionar que los operarios al inicio de la jornada laboral de ocho horas verifican sus herramientas, vestimenta y reciben los listados de distribución del día correspondiente. Este procedimiento toma aproximadamente 15 minutos por lo que la primera orden de distribución para todas las estaciones se creará después de que haya transcurrido este tiempo. Aparte de esto se asume que no existe material en la línea por lo que la primera orden para todas las estaciones bajo estudio se genera al minuto 15. Es decir, después del tiempo de alistamiento. Esta es una suposición válida ya que actualmente, dado que no se lleva un control preciso acerca de la cantidad de material que se encuentra en la línea, los operarios después de alistarse ingresan inmediatamente una orden de material a sus estaciones correspondientes, acción similar a la que realiza el modelo desarrollado. Es necesario aclarar que el modelo de simulación está desarrollado para la distribución de una caja o grupo de componentes a solo un lado de una estación, ya sea lado derecho (RH) o izquierdo (LH). Cada caja o grupo de componentes presenta una distinta cantidad de ítems mostrados en el ANEXO 16. Además, dado que existen 40 estaciones, cada operario está a cargo de 5 estaciones con sus correspondientes lados derechos e izquierdos. Es decir, debe distribuir material a 10 puntos distintos en la línea.

4.2.1.7. Verificación y validación del modelo

Para poder verificar que la lógica del modelo sea la adecuada y que no exista ningún tipo de problema primero se procedió a comparar la lógica del proceso de distribución vs. el modelo de simulación. Se determinó que el modelo se adecua bastante bien al proceso actual y cuenta con los detalles principales del mismo. Adicionalmente, para verificar que no existan errores dentro de la programación en el software Arena, se corrió el depurador de errores; utilizando esta herramienta, se pudo comprobar que no existían problemas de ningún tipo en el modelo por lo que se podía utilizar sin problema.

Para validar el modelo, dado que es necesario recolectar más información y este es un proceso que demanda mucho tiempo, se procedió a utilizar los conceptos de muestreo de

aceptación. Así, se utilizará un plan de muestreo único en donde el tamaño de lote, en este caso el número de estaciones totales es 5, el número de muestra es 2 y el número de aceptación es cero. En otras palabras, se seleccionará al azar a dos estaciones de las cuales se tomarán datos del proceso de distribución y se las comparará con los resultados obtenidos por el modelo de simulación. Esto implica que se podrán cometer errores al aceptar el hecho de que el modelo es adecuado para todas las estaciones cuando en realidad no lo es. No obstante, dado el alcance del presente trabajo además de que la validación también se realizará preguntando a los expertos (en este caso los operarios), se considera que el plan de muestreo es adecuado. De esta manera, aleatoriamente se seleccionaron las estaciones T8 y T13 y los datos que formarán parte de la evaluación serán los procedentes de la medida de desempeño tiempo en sistema. Los datos recolectados se muestran en el ANEXO 20.

Por otro lado, es importante mencionar que para obtener distintos tiempos en los cuales las partes permanecen en el sistema en el software Arena, se debe hacer que el programa entregue dichos tiempos en un archivo a parte cada vez que se corre el modelo. Para este caso, se toman los datos de 40 réplicas con el fin de probar la validez del modelo. Así, se asegurará de que existan variaciones en los tiempos y que se pueda concluir adecuadamente en la prueba de hipótesis dado que se tiene una cantidad grande de grados de libertad y por lo tanto la prueba t para dos muestras se vuelve más estricta. Los datos recolectados se muestran en el ANEXO 20.

No obstante, antes de realizar la respectiva prueba de hipótesis con el objetivo de validar el modelo, se procede a determinar si los datos recolectados y obtenidos en la simulación se distribuyen de acuerdo a una distribución normal. El ANEXO 21 presenta este análisis. De acuerdo a los resultados, se puede concluir que los datos cumplen con las suposiciones de normalidad. De esta manera, se procede a realizar una prueba de hipótesis para la diferencia de medias de dos distribuciones normales en donde se asume varianzas desconocidas y distintas. Así, en esta prueba la hipótesis nula se define como: $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ en donde μ_1 representa la media de los tiempos en sistema observados y μ_2 la media de los tiempos en sistema simulados y $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$. Analizando los resultados del ANEXO 21, se concluye con un nivel de confianza del 95% que no existe evidencia estadística suficiente como para rechazar la hipótesis nula de que existe diferencia entre las medias de los tiempos en sistema observados y tiempos en sistema simulados para T8 y T13. De esta manera, se concluye que el modelo es válido y puede ser utilizado garantizando resultados adecuados a la realidad.

4.2.1.8. Número de réplicas

Una vez establecido el modelo y su validez, es necesario determinar el número de réplicas que este tendrá para asegurar resultados óptimos. Para este motivo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$n \approx n_0 \frac{h_0^2}{h^2}$$

Donde:

$$h_0 = t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} * \frac{s}{\sqrt{n_0}}$$

$h = half-length$ de un intervalo de confianza $100(1-\alpha) \%$

$t =$ puntos de porcentaje de la distribución t establecidos por los grados de libertad y nivel de confianza.

$s =$ desviación estándar de los datos obtenidos

$n_0 =$ número de réplicas inicial (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004)

Aquí, se elige un n_0 de 40 y se determina la desviación estándar para la medida de desempeño tiempo en sistema para cada estación. Los datos obtenidos se muestran en el ANEXO 22. Sin embargo, se presenta un ejemplo y el resumen del número de réplicas para cada estación

- Número réplicas estación T2:

$$h_0 = 2.023 * \frac{0.2503}{\sqrt{40}} = 0.08$$

Donde

$h = half-length$ de un intervalo de confianza $100(1-\alpha) \%$

$t =$ puntos de porcentaje de la distribución t establecidos por los grados de libertad y nivel de confianza. En este caso, los grados de libertad están dados por $n-1$ observaciones y un valor de 0.05 para el nivel de significancia. Este nivel fue seleccionado ya que si este era mayor, abarcando así mayor cantidad de datos, se estaría aumentando la probabilidad de cometer el error tipo II. Por otro lado, si este valor resulta más bajo, se estaría incurriendo en el error tipo I, rechazando así datos que sí son relevantes y deben ser tomados en cuenta en el tiempo de

proceso. Teniendo en cuenta los anteriores parámetros se tiene que para una muestra de 40 datos y nivel de confianza de 95, $t = 2.023$

s = desviación estándar de los tiempos en sistema de las 40 réplicas

n_0 = número de réplicas inicial (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2004)

Luego, para obtener el número de réplicas se utiliza la siguiente ecuación:

$n = n_0 \frac{h_0^2}{h^2}$ en donde se elige un *half-width* de 0.05. Así,

$$n = 40 \frac{0.08^2}{0.05^2} \approx 102$$

La siguiente tabla muestra el número de réplicas para cada estación:

Tabla 23: número de réplicas para cada estación

Estación	Número de réplicas
Trim 8	96.27 \approx 97
Trim 13	150.37 \approx 150
Final 10	216.81 \approx 217
Final 11	75.31 \approx 75

Dado que el modelo contempla varias estaciones a la vez y cada una cuenta con un diferente número de réplicas, se tomará el valor máximo entre las estaciones en este caso 217 y se definirá como el número de réplicas globales. De esta manera, no se reducirá el número de réplicas óptimas para ninguna estación obteniendo así conclusiones adecuadas.

4.2.1.9. Resultados del modelo de simulación

Dado que el modelo si es válido para establecer resultados en la realidad, se procede a ejecutar el modelo con el número de réplicas consideradas en la sección anterior, adicionando la calificación del desempeño y los suplementos respectivos. Se obtiene lo siguiente:

Replications: 217 Time Units: Minutes

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

15

Figura 24: número de órdenes recibidas al día en las estaciones bajo estudio. Adaptado de salida software Arena

Como se puede observar en la anterior figura, por cada día existen aproximadamente 15 órdenes de distribución para las cinco estaciones consideradas. Las mismas se dividen de la siguiente manera:

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
ordenes F10	2.9217	0.04	2.0000	3.0000
ordenes F11	3.7788	0.06	3.0000	4.0000
ordenes T13	2.7834	0.06	1.0000	3.0000
ordenes T2	2.8940	0.04	2.0000	3.0000
ordenes T8	2.9309	0.04	1.0000	3.0000

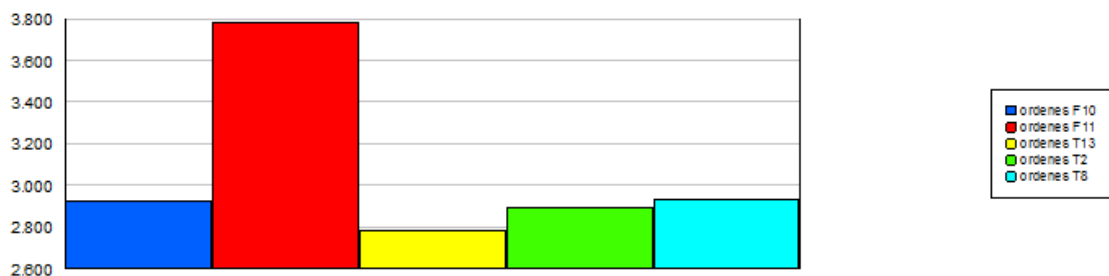


Figura 25: órdenes de distribución por cada estación bajo estudio. Adaptado de salida de software Arena

Resulta evidente notar que para F11 existe en promedio una orden más respecto a las demás estaciones. Esto se da ya que en cada reposición de material únicamente se ingresan 15 ítems vs. 20 a 22 ítems ingresados en las otras estaciones. Dado que actualmente la producción está alrededor de 40 vehículos diarios es claro que se necesitarán más de dos órdenes de distribución en F11 para suplir las partes necesarias en la estación de trabajo, ya que en cada vehículo se necesita una pieza o componente por vehículo.

De igual manera, se pudieron identificar los tiempos en sistema que representa cada orden de distribución para cada estación. Los mismos se presentan a continuación:

Time

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
ordenes F10	4.0310	< 0.05	3.1468	5.1651	1.5958	7.8535
ordenes F11	3.8582	< 0.04	3.0618	4.8246	1.7810	8.4958
ordenes T13	3.0366	< 0.06	2.1235	4.2458	1.3710	6.4593
ordenes T2	2.3069	< 0.04	1.6840	3.1094	1.1362	3.8707
ordenes T8	2.6889	< 0.04	1.8718	3.7516	1.5136	4.5738

Figura 26: tiempos en sistema para cada estación bajo estudio. Adaptado de salida de software Arena

Como se esperaba, los tiempos en sistema más largos (F10 y F11) corresponden a las estaciones más alejadas del área de distribución de materiales. En general los tiempos de distribución presentan tiempos que van desde 2 minutos con 20 segundos hasta 4 minutos. Si se asume que no existe mucha diferencia en las actividades de tomar el material y descargarlo entre las estaciones, se puede argumentar que el tiempo adicional que se observa es debido al traslado del material y regreso hasta el área de distribución. Se observa una diferencia considerable de aproximadamente 1 minuto con 40 segundos si se compara una de las estaciones más alejadas (F10) contra la estación más cercana (T2).

Así mismo, se pudo determinar la utilización que tendrán los operarios al realizar la actividad de distribuir el material. Esta utilización se presenta a continuación:

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Operario 1 de T2	0.01389584	< 0.00	0.00708509	0.01943391	0.00	1.0000
Operario 2 de T8	0.01640456	< 0.00	0.00604230	0.02344776	0.00	1.0000
Operario 3 de T13	0.01753741	< 0.00	0.00707405	0.02599169	0.00	1.0000
Operario 4 de F10 y F11	0.04322235	< 0.00	0.02584738	0.05294756	0.00	1.0000

Figura 27: utilización de los operarios para el proceso de distribución actual. Adaptado de la salida de software Arena

Se puede observar que la utilización es baja para cada operario por cada estación. Sin embargo, como se argumentó en la sección 4.1.2.6, la simulación está hecha en base a la distribución de material de un lado de una estación, ya sea izquierdo o derecho, y de una sola caja o grupo de componentes que contiene distinta cantidad de ítems para cada estación. De esta manera, conociendo que en promedio cada lado de cada estación deben constar entre 4 y 5 cajas o grupos de componentes, y que cada operario está encargado de 10 lados (izquierda o derecho)

de diez estaciones distintas, se multiplica la utilización de cada estación por 45 (promedio de número de cajas*número de estaciones a cargo). Así, asumiendo que la utilización será la misma para las demás estaciones de cada uno de los operarios, la utilización total para el operario 1 es de $45*1.3\% = 58.5\%$, la utilización total del operario 2 será $45*1.6\% = 72\%$, la utilización del operario 3 será $45*1.7\% = 76.5\%$ y la utilización del operario 4 será $45*2.15\% = 96.75\%$. Cabe recalcar que este análisis se lo realiza únicamente para propósitos de validación y estos porcentajes previamente obtenidos no serán tomados en cuenta para comparar resultados. De hecho, lo que se quería comprobar era si el modelo entregaba datos adecuados a la realidad o no. Una vez aclarado esto, claramente se puede apreciar que el operario 1 es el que menor utilización tiene, no obstante esto se debe a que se está asumiendo que la utilización será la misma para el resto de estaciones a cargo de este operario. Debido a que la estación 2 es la más cercana a la línea, el tiempo de transporte de material y regreso al área de distribución es menor dando como resultado una utilización pequeña. No obstante, para estaciones más alejadas, la utilización incrementará, aumentando la utilización total del operario 1. Un caso similar pero opuesto está dado por el operario 4. Debido a que las estaciones a cargo de este trabajador se encuentran más distantes del área de distribución de materiales, tendrá una utilización superior. Sin embargo, para estaciones más cercanas, tendrá una utilización menor con lo que la utilización total disminuirá.

Tal como han evidenciado los resultados de la simulación, el tiempo en sistema aumenta conforme la distancia de recorrido para la distribución del material aumenta. De hecho, comparando los datos obtenidos del tiempo de transporte (ir a ubicación del material y regresar a la línea del ANEXO 16) se puede observar que del tiempo en sistema, estas dos actividades ocupan aproximadamente el siguiente porcentaje:

Tabla 24: Comparación entre tiempo en sistema vs. tiempo tomado por transporte. Elaboración propia

Estación	Promedio tiempo ir a ubicación de material (segundos)	Promedio tiempo regresar a la línea (segundos)	Tiempo en sistema (segundos)	Porcentaje del tiempo en sistema utilizado por transporte
----------	---	--	------------------------------	---

Trim 2	31.8	28.8	138	44%
Trim 8	42.7	36.2	160.8	49%
Trim 13	45.42	41.48	181.8	47.8%
Final 10	48.88	45.5	241.8	39%
Final 11	45	51.11	231	41.6%

Como se puede observar en la anterior tabla, claramente el transporte es una de las actividades que más tiempo toma. Dado que el transporte constituye uno de los siete desperdicios (Hopp & Spearman, 2008), este debe ser reducido para así evitar que la distribución de materiales no tome tanto tiempo. De esta manera, ya que en varias ocasiones pueden surgir imprevistos como obstáculos o falta de material, los operarios podrán distribuir a tiempo el material correspondiente a la estación a cargo ocasionando que la línea no pare y por lo tanto se eviten costos elevados.

4.2.1. Modificación de modelo de simulación para la distribución de materiales en Aymesa S.A.

Una vez establecidos los resultados para el proceso de distribución actual, se procede a modificar el modelo en base a las características presentadas por la propuesta presentada en la sección 4.2. De esta manera, el proceso es el mismo que el anterior y lo único que se modifica son los tiempos establecidos por los módulos *process* pertenecientes a ir a ubicación en línea y regresar a supermercado para adecuarse al tiempo que tomará el nuevo proceso de distribución de materiales. Para determinar estos nuevos tiempos de transporte, se toma en consideración lo siguiente. Primero el espacio que se tiene en cada estación de trabajo, en la cual estaría ubicado el material bajo el nuevo sistema, es de aproximadamente 6 m. por 1.5 m. Según Niebel y Freivalds (2008), un operario calificado puede caminar a razón de entre 1.35 m/s y 1.9 m/s. Es decir, un promedio de 1.625 m/s. Tomando en cuenta que la diagonal representada por el área de una estación (6.18 m.) es la distancia más larga que el operario debe recorrer, este tardará aproximadamente entre 4.57 segundos y 3.25 segundos. De esta forma, tomando en cuenta dichos valores, se procede a modelarlos en el modelo de simulación a través de una distribución

uniforme con parámetros a y b correspondientes al tiempo máximo y tiempo mínimo de recorrido.

4.2.1.1. Resultados del modelo de simulación modificado

Se ejecuta el modelo con el mismo número de réplicas y parámetros establecidos para el proceso original y se obtiene lo siguiente concerniente a las medidas de desempeño consideradas en la sección 4.2.1.6:

Time

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
ordenes F10	2.3056	< 0.04	1.5039	3.1082	0.5407	4.3298
ordenes F11	1.9782	< 0.03	1.3567	3.1660	0.5389	4.3927
ordenes T13	1.7265	< 0.05	0.8704	2.8332	0.7081	4.0233
ordenes T2	1.4181	< 0.03	0.9528	1.9011	0.5001	2.4830
ordenes T8	1.4583	< 0.03	0.9627	2.1034	0.6034	2.6585

Figura 28: Salida de software Arena para tiempo en sistema de modelo de simulación modificado. Elaboración propia

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Operario 1 de T2	0.00859843	< 0.00	0.00443314	0.01188160	0.00	1.0000
Operario 2 de T8	0.00899778	< 0.00	0.00438302	0.01314624	0.00	1.0000
Operario 3 de T13	0.00999604	< 0.00	0.00181333	0.01770769	0.00	1.0000
Operario 4 de F10 y F11	0.02236349	< 0.00	0.01171879	0.02998181	0.00	1.0000

Figura 29: Salida de software Arena para utilización de recursos de modelo de simulación modificado. Elaboración propia

Claramente si se comparan las medidas de desempeño para el modelo con el método de distribución actual y propuesto, se puede evidenciar que efectivamente existe una gran diferencia tanto en el tiempo en sistema como en la utilización de recursos. No obstante, para probar estadísticamente que existe diferencia entre estas medidas de desempeño para cada estación se utilizan pruebas de hipótesis y se establece si efectivamente existe o no diferencia. De esta manera, al igual que en el caso de validación, se determina si los datos obtenidos en las réplicas se distribuyen de acuerdo a una distribución normal o no para así establecer cuál prueba estadística es la más apropiada. Los datos obtenidos para las medidas de desempeño consideradas así como las pruebas de normalidad se muestran en el ANEXO 23. De todas las

estaciones, la única que no muestra una distribución normal en cuanto a los datos de tiempo en sistema es el modelo modificado de Trim 13, por lo que se aplicará una prueba no paramétrica para comparar los datos de dicha estación. Para las otras estaciones se aplicará una prueba t de dos muestras con varianza desconocida y diferente. Así, para las estaciones T2, T8, F10 y F11 se probará lo siguiente:

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ en donde μ_1 representa la media de los tiempos en sistema actual y μ_2 la media de los tiempos en sistema propuesto y $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$.

Primero se debe establecer si las dos muestras son independientes. Dado que los datos de T2, T8, F10 y F11 son normales tanto para el modelo original como el modificado, se aplica una prueba de correlación realizada en el Software Minitab para los datos de tiempo en sistema obteniendo lo siguiente:

Correlations: TIS T2 orig, TIS T2 mod

Pearson correlation of TIS T2 orig and TIS T2 mod = 0.037
P-Value = 0.584

Correlations: TIS T8 orig, TIS T8 mod

Pearson correlation of TIS T8 orig and TIS T8 mod = 0.045
P-Value = 0.513

Correlations: TIS F10 orig, TIS F10 mod

Pearson correlation of TIS F10 orig test and TIS F10 mod = 0.016
P-Value = 0.812

Correlations: TIS F11 orig, TIS F11 mod

Pearson correlation of TIS F11 orig test and TIS F11 mod = 0.043
P-Value = 0.531

Dado que el valor p para todas las estaciones es mayor a 0.05 se concluye que los datos provenientes de las dos muestras si son independientes con lo que se aplican las siguientes pruebas:

TRIM 2

Two-Sample T-Test and CI: TIS T2 orig, TIS T2 mod

Two-sample T for TIS T2 orig vs TIS T2 mod

	N	Mean	StDev	SE Mean
TIS T2 orig	217	2.302	0.265	0.018
TIS T2 mod	217	1.418	0.195	0.013

Difference = mu (TIS T2 orig) - mu (TIS T2 mod)
 Estimate for difference: 0.883779
 95% CI for difference: (0.839866, 0.927693)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 39.57 P-Value = 0.000 DF = 396

Debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y se concluye que los tiempos en sistema para T2 son distintos para el modelo actual vs. el modelo propuesto.

TRIM 8

Two-Sample T-Test and CI: TIS T8 orig, TIS T8 mod

Two-sample T for TIS T8 orig vs TIS T8 mod

	N	Mean	StDev	SE Mean
TIS T8 orig	217	2.711	0.294	0.020
TIS T8 mod	217	1.458	0.231	0.016

Difference = mu (TIS T8 orig) - mu (TIS T8 mod)
 Estimate for difference: 1.25264
 95% CI for difference: (1.20275, 1.30253)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 49.36 P-Value = 0.000 DF = 409

Debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y se concluye que los tiempos en sistema para T8 son distintos para el modelo actual vs. el modelo propuesto.

FIANL 10

Two-Sample T-Test and CI: TIS F10 orig, TIS F10 mod

Two-sample T for TIS F10 orig test vs TIS F10 mod

	N	Mean	StDev	SE Mean
TIS F10 orig	217	4.015	0.385	0.026
TIS F10 mod	217	2.306	0.286	0.019

Difference = mu (TIS F10 orig test) - mu (TIS F10 mod)
 Estimate for difference: 1.70984
 95% CI for difference: (1.64578, 1.77390)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 52.47 P-Value = 0.000 DF = 398

Debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y se concluye que los tiempos en sistema para F10 son distintos para el modelo actual vs. el modelo propuesto.

FINAL 11

Two-Sample T-Test and CI: TIS F11 orig, TIS F11 mod

Two-sample T for TIS F11 orig test vs TIS F11 mod

	N	Mean	StDev	SE Mean
TIS F11 orig	217	3.868	0.328	0.022
TIS F11 mod	217	1.978	0.258	0.017

Difference = mu (TIS F11 orig test) - mu (TIS F11 mod)

Estimate for difference: 1.89007

95% CI for difference: (1.83444, 1.94570)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 66.79 P-Value = 0.000 DF = 409

Debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y se concluye que los tiempos en sistema para F11 son distintos para el modelo actual vs. el modelo propuesto.

Para el caso específico de T13, se utilizará la prueba no paramétrica Mann-Whitney para probar la siguiente hipótesis: H_0 : las medianas de las dos muestras son iguales y H_1 : las medianas no son iguales. No obstante, primero se debe verificar que las dos muestras sean independientes. Esto se logra a través de realizar una prueba de tablas de contingencia. Montgomery y Runger (2005) señalan que para establecer el número de intervalos adecuado, es necesario obtener un valor mínimo entre 3 y 5 para cualquiera de las frecuencias esperadas y así garantizar la validez de la prueba de independencia. Debido a que el ancho del intervalo no necesariamente debe ser el mismo para algunas de las tablas de contingencia construidas fue necesario combinar dos intervalos para obtener el resultado previamente mencionado para las frecuencias esperadas (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, 2005). De esta manera se obtiene lo siguiente:

Tabla 25: valores observados para el tiempo en sistema de T13. Elaboración propia

ui/vj	(0.0046891, 0.0077029)	(0.0077029, 0.0092098)	(0.0092098, 0.0122236)	Suma
(0.0070851, 0.00955486)	12	4	2	18
(0.00955486, 0.01202462)	33	33	18	84
(0.01202462, 0.01449438)	38	28	11	77

(0.01449438,0.0194339)	15	14	9	38
Suma	98	79	40	217

Aplicando la ecuación de la sección 2.20.1 se obtiene la siguiente tabla con las frecuencias esperadas:

Tabla 26: frecuencias esperadas para el tiempo en sistema de T13. Elaboración propia

ui/vj	(0.0046891, 0.0077029)	(0.0077029, 0.0092098)	(0.0092098, 0.0122236)	Suma
(0.0070851, 0.00955486)	8.129032258	6.552995392	3.31797235	18
(0.00955486, 0.01202462)	37.93548387	30.58064516	15.48387097	84
(0.01202462, 0.01449438)	34.77419355	28.03225806	14.19354839	77
(0.01449438,0.0194339)	17.16129032	13.83410138	7.004608295	38
Suma	98	79	40	217

A continuación se calculan los datos para el estadístico de prueba:

Tabla 27: cálculo del estadístico de prueba para tiempo en sistema de T13. Elaboración propia

ui/vj	(0.0046891, 0.0077029)	(0.0077029, 0.0092098)	(0.0092098, 0.0122236)	Suma
(0.0070851, 0.00955486)	1.843317972	0.994626897	0.523527906	3.36147277
(0.00955486, 0.01202462)	0.642116524	0.191404655	0.408870968	1.24239215
(0.01202462, 0.01449438)	0.299239931	3.71209E-05	0.718548387	1.01782544
(0.01449438,0.0194339)	0.272192578	0.001989457	0.568424084	0.84260612
Suma	3.056867005	1.18805813	2.219371345	6.46429648

Dado que $\chi_o^2 = 6.46 < \chi_{0.05,6}^2 = 12.59$, no se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula la cual establece que las muestras son independientes. Por lo tanto, se concluye que los datos si son independientes. Así, se aplica la prueba Mann-Whitney con los siguientes resultados:

Mann-Whitney Test and CI: TIS T13 orig, TIS T13 mod

```

N      Median
TIS T13 orig  217  2.9904
TIS T13 mod   217  1.7015

```

```

Point estimate for ETA1-ETA2 is 1.2927
95.0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (1.2214,1.3651)
W = 70310.0

```

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.0000
The test is significant at 0.0000 (adjusted for ties)

Debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y se concluye que los tiempos en sistema para T13 son distintos para el modelo actual vs. el modelo propuesto.

Un procedimiento similar se realiza para la utilización de los operarios en donde se quiere establecer estadísticamente si existe diferencia entre el modelo actual y el modelo propuesto. De esta manera, primero se establece si los datos de utilización siguen una distribución normal o no. Estas pruebas se muestran en el ANEXO 24 en donde los mismos muestran ser no normales. De esta manera, para todas las estaciones se aplicará la prueba no paramétrica Mann-Whitney para probar la siguiente hipótesis: H_0 : las medianas de las dos muestras de utilización son iguales y H_1 : las medianas de utilización no son iguales. No obstante, primero se debe verificar que las dos muestras sean independientes. Esto se logra a través de realizar la prueba de tablas de contingencia mostrada anteriormente repitiendo el mismo procedimiento. Se muestran las siguientes tablas con el cálculo del estadístico de prueba para cada utilización de cada estación:

TRIM 2

Tabla 28: cálculo del estadístico de prueba para utilización T2. Elaboración propia

ui/vj	(0.0046891, 0.0077029)	(0.0077029, 0.0092098)	(0.0092098, 0.0122236)	Suma
(0.0070851, 0.00955486)	0.196692921	0.217628933	0.014673781	0.42899564
(0.00955486, 0.01202462)	0.050374074	0.10056073	0.022765765	0.17370057
(0.01202462, 0.01449438)	0.085882315	0.011194658	0.020672003	0.11774898
(0.01449438, 0.0194339)	0.36002396	0.202260945	0.001344813	0.56362972
Suma	0.69297327	0.531645266	0.059456363	1.2840749

Dado que $x_o^2 = 1.28 < x_{0.05,6}^2 = 12.59$, no se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula la cual establece que las muestras son independientes

TRIM 8

Tabla 29: cálculo del estadístico de prueba para utilización T8. Elaboración propia

ui/vj	(0.0049098, 0.00839428)	(0.00839428, 0.01013652)	(0.01013652, 0.013621)	Suma
(0.0060423, 0.0130045)	0.122402868	0.006915573	0.178898136	0.30821658

(0.0130045, 0.0164856)	0.324403506	0.409155445	0.048232538	0.78179149
(0.0164856, 0.024478)	0.395182199	0.27840288	0.001115572	0.67470065
Suma	0.841988574	0.694473898	0.228246246	1.76470872

Dado que $x_o^2 = 1.76 < x_{0.05,4}^2 = 9.49$, no se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula la cual establece que las muestras son independientes

TRIM 13

Tabla 30: cálculo del estadístico de prueba para utilización T13. Elaboración propia

ui/vj	(0.0028264, 0.00992856)	(0.00992856, 0.01347964)	(0.01347964, 0.025818)	Suma
(0.007074, 0.01085754)	0.092582649	0.254044176	0.137910906	0.48453773
(0.01085754, 0.01464108)	0.34695533	0.316238692	0.076522606	0.73971663
(0.01464108, 0.01842462)	0.083200394	0.349517011	0.390787299	0.8235047
(0.01842462, 0.02220816)	0.266311895	0.550656991	0.128331797	0.94530068
(0.02220816, 0.0259917)	0.031980064	0.026815509	0.01015745	0.06895302
Suma	0.821030332	1.497272379	0.743710058	3.06201277

Dado que $x_o^2 = 3.06 < x_{0.05,8}^2 = 15.51$, no se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula la cual establece que las muestras son independientes

FINAL 10 y FINAL 11

Tabla 31: cálculo del estadístico de prueba para utilización F10 y F11. Elaboración propia

ui/vj	(0.0117188, 0.019024)	(0.019024, 0.0226766)	(0.0226766, 0.0263292)	(0.0263292, 0.0299818)	Suma
(0.0258474, 0.03668748)	1.715417576	2.041569562	0.6272439	0.00282231	4.38705334
(0.03668748, 0.04210752)	1.817763785	0.102792786	0.71472723	0.21325643	2.84854024
(0.04210752, 0.04752756)	0.655288997	1.055407577	2.2465718	0.01124555	3.96851393
(0.04752756, 0.0529476)	0.344212345	0.076560177	0.72450778	0.18865896	1.33393926
Suma	4.532682704	3.276330101	4.31305071	0.41598326	12.5380468

Dado que $x_o^2 = 12.53 < x_{0.05,9}^2 = 16.92$, no se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula la cual establece que las muestras son independientes

Debido a que los valores de los estadísticos de prueba son siempre menores a $x_{\alpha,(r-1)(c-1)}^2$ no se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula la cual

establece que las muestras son independientes. Por lo tanto, se concluye que los datos si son independientes. Así, se aplica la prueba Mann-Whitney con los siguientes resultados:

TRIM 2

Mann-Whitney Test and CI: Utilización T2 orig, Utilización T2 mod

	N	Median
Utilización T2 orig	217	0.01417
Utilización T2 mod	217	0.00875

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.00546
 95.0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0.00513,0.00578)
 W = 68856.0
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.0000

Debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y se concluye que la utilización para T2 es distinta para el modelo actual vs. el modelo propuesto.

TRIM 8

Mann-Whitney Test and CI: Utilización T8 orig, Utilización T8 mod

	N	Median
Utilización T8 orig	217	0.01653
Utilización T8 mod	217	0.00924

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.00723
 95.0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0.00692,0.00754)
 W = 70189.0
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.0000
 The test is significant at 0.0000 (adjusted for ties)

Debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y se concluye que la utilización para T8 es distinta para el modelo actual vs. el modelo propuesto.

TRIM 13

Mann-Whitney Test and CI: Utilización T13 orig, Utilización T13 mod

	N	Median
Utilización T13 orig	217	0.01781
Utilización T13 mod	217	0.00973

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.00796
 95.0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0.00738,0.00854)
 W = 68540.0

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.0000

Debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y se concluye que la utilización para T13 es distinta para el modelo actual vs. el modelo propuesto.

FINAL 10 y FINAL 11

Mann-Whitney Test and CI: Utilización F10 y F11 orig, Utilización F10 y F11 mod

	N	Median
Utilización F10 y F11 orig	217	0.04382
Utilización F10 y F11 mod	217	0.02243

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.02124
 95.0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0.02051,0.02195)
 W = 70716.0
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.0000

Debido a que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), se tiene evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y se concluye que la utilización para T13 es distinta para el modelo actual vs. el modelo propuesto.

4.2.2. Implicaciones de la propuesta

Una vez que se ha comprobado que efectivamente los tiempos y utilización son menores en la propuesta de distribución de materiales comparado al método actual, se debe considerar las implicaciones que tendrá a futuro. Asumiendo que la utilización será la misma para las demás estaciones que cada operario tiene a cargo y teniendo en cuenta que en promedio cada lado de cada estación deben constar entre 4 y 5 cajas o grupos de componentes que deben ser distribuidos, la utilización de un operario para una estación es de:

Tabla 32: utilización por cada estación. Elaboración propia

Estación	Utilización
T2	$5 * 0.85\% = 4\%$
T8	$5 * 0.89\% = 4.45\%$
T13	$5 * 0.99\% = 4.95\%$
F10	$5 * 1.1\% = 5.5\%$

F11	$5 * 1.1\% = 5.5\%$
-----	---------------------

Obteniendo un promedio, se puede concluir que se tendrá una utilización de 4.88% por cada una de las estaciones. De esta manera, un operario promedio podría estar a cargo de aproximadamente 20 estaciones solo de un lado. Esto representa un incremento del doble comparado con lo que se tiene actualmente ya que con el método presente cada operario está a cargo de 10 estaciones solo de un lado. Así, en vez de tener 8 operarios para las 40 estaciones existentes (40 lado derecho, 40 lado izquierdo), se podría tener a solo 4. En este punto no se está considerando el tiempo que los operarios deberán emplear para trasladarse de una estación a otra. No obstante, dado que no se pudo aplicar esta nueva metodología para la distribución de materiales, no se pudo evaluar cuánto tiempo se demorarían los operarios en recorrer de una estación a otra dadas las nuevas condiciones que se tendrían. Aun así, se puede observar que se obtiene una reducción de tiempo y carga considerable que puede dar grandes beneficios económicos a la empresa. Aparte de esto, la congestión observada en el gráfico de spaghetti presentada en la sección 3.2.5., también disminuirá ya que debido a que los 8 operarios ya no deberán trasladarse hacia el área de distribución de materiales y el tráfico ocasionado por estos trabajadores y el transporte excesivo de material se verá disminuido.

Otro de los cambios que debe ser tomado en cuenta es que el trabajo de los operarios que perchan el material luego de que se abren los contenedores aumentará por el hecho de que ahora deben ir a reponerlo en todas las estaciones. Sin embargo, la ventaja que estos trabajadores tienen es que pueden agrupar gran parte de materiales en un solo viaje. Algo que los operarios de distribución no pueden hacer dado el proceso de distribución actual. Por último, se deberá mover las estanterías que se encuentran en el área de distribución o supermercado hacia la línea productiva. Cabe recalcar que sí existe espacio suficiente en la línea para almacenar las estanterías del área de distribución. Esto es debido a que actualmente la línea cuenta con un espacio para almacenar el material para ser utilizado a medida que se lo necesite. Sin embargo, como se mencionó anteriormente en la sección 4.2. la metodología actual utilizada en la distribución es la del armado de kits y posterior entrega en las estanterías que están ubicadas en la misma línea.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Después de realizar todos los análisis considerados en este proyecto de titulación se pudieron obtener las siguientes conclusiones:

1. Al levantar adecuadamente todos los procesos referentes a la distribución interna de material en Aymesa S.A., se pudo comprender que las actividades de apertura de material, perchado y distribución hacia la línea resultaban críticas en el proceso de logística interna. A simple vista se pudo evidenciar falencias especialmente en la distribución y utilización de espacio en Aymesa S.A.
2. Luego de tomar algunos tiempos en la línea productiva se llegó a identificar que CHASSISA03 es el cuello de botella en la línea productiva y por lo tanto tiene la mayor utilización a largo plazo. No obstante, no es la estación que más alertas por falta de material presenta.
3. A partir de un estudio preliminar dado por la matriz de valor agregado se pudo determinar que aproximadamente el 60% de actividades relacionadas con la distribución de materiales no agrega valor. De este porcentaje, las actividades de transporte de material son las que más tiempo toman y no agregan valor.
4. Durante la toma de datos de uso de espacio se encontró que la utilización que están teniendo las áreas de almacenamiento de Aymesa S.A. es del 52%, esto indica que aproximadamente solo la mitad del espacio disponible está siendo utilizado, limitando el crecimiento del proceso.
5. Mediante el uso del diagrama de espaguetti se pudo identificar que para la distribución de materiales existe gran congestión en el área de supermercado, obstaculizando el trabajo de los operarios de perchado y distribución
6. El tiempo estándar requerido para las tres actividades críticas en el manejo de materiales es de 803.39 segundos para la apertura de un contenedor, 56.59 segundos para el perchado y 415.5 segundos para la distribución de materiales. Estos tiempos no incluyen el tiempo necesario para documentación que aproximadamente es de 1 hora diaria por operario.

7. Analizando la fracción de equipo requerida para las operaciones de manejo de materiales en Aymesa S.A., se determinó que actualmente todas las actividades a excepción de perchado de material cuentan con la nómina adecuada. Esta última cuenta con un empleado adicional al requerido por la actividad que actualmente es de dos operarios.
8. Luego de utilizar el modelo de ubicaciones de material para la bodega CKD de la planta, se podrán optimizar las operaciones, tiempos de recolección del material, pues el modelo considera la cantidad de manejos que se tiene por cada material y asigna la ubicación de acuerdo a la cercanía de la puerta de ingreso reduciendo así el costo.
9. Mediante el desarrollo de un modelo de simulación para la actividad de distribución de material se pudo conocer cuál era el desempeño que este proceso tenía. Se determinó que aproximadamente un 44% del tiempo empleado en la distribución del material está ocupado en el transporte del mismo.
10. Si bien la utilización de cada operario es baja y está entre 1.3% y 2.15% para cada caja o grupo de componentes, esta es alta al momento de trasladarla hacia las demás estaciones llegando a utilidades entre 58.5% y 96.75%. Esto indica que los operarios deben trabajar a un ritmo elevado que puede conllevar a accidentes y errores
11. Luego de implementar el sistema del supermercado integrado en la línea, se podría observar una reducción significativa en los tiempos de distribución de materiales y utilización de operarios. De hecho, se observa una reducción del tiempo en sistema y utilización del 44% en promedio para todas las estaciones.
12. La congestión generada por el método actual en la distribución de materiales se vería totalmente disminuida al aplicar el sistema propuesto dado que el supermercado centralizado ya no existiría y se ganaría un espacio adicional.

Objetivos específicos	Conclusión	Sección
Comprender los procesos en el área de bodega de ensamblaje final de acuerdo a la situación actual de Aymesa S.A	1	3.1
Identificar los principales problemas en la distribución de materiales referente a la planta de ensamblaje	2,3,4, 5	3.2.1, 3.2.2, 3.2.5 y 3.2.6

final		
Determinar los tiempos estándar en las actividades involucradas en el manejo de materiales	6, 7	3.2.4 y 3.2.4.3
Proponer un sistema de clasificación para el material CKD del ensamblaje final en la bodega de la planta	8	4.1
Analizar el desempeño en la distribución de materiales a la línea productiva	9 y 10	4.2.1.9
Plantear nuevos métodos para la optimización de recursos y tiempos en la distribución de material hacia la línea de ensamblaje final	11 y 12	4.2.3

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda implementar las ubicaciones para el material propuesto por el modelo presentado en la sección 4.1 ya que de esta manera, el material estará mejor organizado y se tendrá un espacio libre para futuras inversiones. Aparte, se reducirán costos de manejo de material y tiempo.
- Para el modelo planteado de ubicaciones del material CKD, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad con el objetivo de determinar qué parámetros del modelo son críticos o sensibles y ocasionaran que el resultado óptimo cambie.
- Si la empresa decidiera no establecer las ubicaciones del material CKD en la bodega de la planta propuesta en este trabajo, se debería al menos crear una codificación para los pasillos y espacios que se tienen disponibles ya que actualmente las únicas personas que conocen de este tema son los operarios de montacargas. Si un operario nuevo o un reemplazo tuviera que trabajar en la bodega no podría guiarse adecuadamente para tomar un material.
- Se debería considerar aplicar un método para un manejo de inventario más eficiente. Con esta metodología, no se necesitaría pedir la cantidad de material que se pide actualmente y se podría organizar de mejor manera el espacio sobrante que quedaría

- Se recomienda establecer horarios de recepción de material para proveedores locales. Esto ayudaría a tener un control más adecuado sobre el material que ingresa, tener menos faltantes en la línea productiva y tener un control más eficiente sobre las locaciones en donde el mismo debe ser colocado una vez recibido
- Debería existir un control y establecimientos de planes de envío de carrocerías desde la planta de suelda y pintura hacia la planta de ensamblaje final. Esto ayudaría a proponer horarios y determinar la cantidad de material que debe estar en la línea productiva en todo momento.
- Si la empresa decide implementar el método de distribución propuesto en el presente trabajo de titulación, se recomienda que se lo realice en las estaciones estudiadas pues están son las que más alertas presentan por falta de material y servirían como prueba piloto para determinar la efectividad del nuevo método.
- Si se llegara a implementar el método de distribución propuesto, se recomienda tener en cuenta, mediante un estudio de tiempos, cuál es el tiempo adicional en transporte que tendrían los empleados de perchado si van directamente, con el material necesario, hacia las estaciones una vez que este se ha colocado en montacargas manuales en el área de apertura de contenedores.
- Una vez que se ha implementado el método propuesto y dado que este reducirá el número de operarios necesarios para llevar a cabo la actividad de distribución de materiales, se recomienda evaluar si existe la posibilidad de reubicar a los trabajadores en otras áreas en donde puedan realizar alguna otra actividad
- Aplicando el nuevo método de distribución de material propuesto, se debería considerar la implementación de un sistema de compensaciones el cual incentive a los trabajadores a distribuir material en la mayor cantidad de estaciones posibles.
- Si la empresa decidiera no implementar el método de distribución de material propuesto, se debería ampliar el área que se tiene para el perchado de material (supermercado) ya que se ha evidenciado mediante el diagrama de espagueti que existe mucha congestión obstaculizando el trabajo tanto de los operarios de perchado como los operarios de distribución de materiales.

Recomendación	Sección
1, 2 y 3	4.1
4	3.2.6
5	3.1.1 y 3.1.2
6, 7, 8, 9 y 10	4.2
11	3.2.5

Referencias

- Alnahhal, M., & Noche, B. (2013). Efficient material flow in mixed model assembly lines. *Springer Plus*, 1-12.
- Anwar, M., & Nagi, R. (1998). Integrated scheduling of material handling and manufacturing activities for just-in-time production of complex assemblies. *International Journal of Production Research*, 36(3), 653-681.
- Aymesa. (2014). *Aymesa S.A.* Recuperado el 4 de Abril de 2014, de <http://www.aymesa.ec/index.php/en/the-company>
- Baldeón, C. (30 de Marzo de 2014). Situación bodega ensamblaje final. (D. Valdez, Entrevistador)
- Ballestín, F., Pérez, A., Lino, P., Quintanilla, S., & Valls, V. (2013). Static and dynamic policies with RFID for the scheduling of retrieval and storage warehouse operations. *Computers & Industrial Engineering*, 696–709.
- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México D.F: Pearson Prentice Hall.
- Banks, J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2004). *Discrete-event system simulation*. New Jersey: Pearson.
- Bedford. (2014). *Basic Transport Vehicle*. Recuperado el 29 de Abril de 2014, de <http://vauxpedianet.uk2sitebuilder.com/bedford-ha---btv-basic-transport-vehicle>
- Bialek, R., & Duffy, G. (2014). *Spaghetti Diagram*. Recuperado el 3 de Junio de 2014, de <http://asq.org/learn-about-quality/process-analysis-tools/overview/spaghetti-diagram.html>
- Boysen, N., & Emde, S. (2012). Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines. *International Journal of Production Economics*, 393–402.
- Boysen, N., & Emde, S. (2014). Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets. *European Journal of Operational Research*, 1-10.
- Calitz, M. (2009). Recuperado el 30 de Octubre de 2014, de Pilot study: uir.unisa.ac.za/bitstream/handle/10500/1648/06chapter5.pdf
- Catota, R. (16 de Junio de 2014). Situación bodega ensamblaje final Aymesa S.A. (D. Valdez, Entrevistador)
- Chan, F., & Chan, H. (2011). Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage. *Expert Systems with Applications*, 2686–2700.

- Charlin, A. (4 de Abril de 2012). *Levantamiento procesos*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de <http://www.slideshare.net/acharlin/levantamiento-procesos-12282870>
- Chopra, S., Meindl, P., & Kalra, D. (2013). *Supply Chain Management*. Bangladesh: Pearson.
- Chow, H., Choy, K., Lee, W., & Lau, k. (2006). Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations. *Expert Systems with Applications*, 561–576.
- Crew-Noble. (2014). *Bar Code Labels and Readers*. Recuperado el Junio de 11 de 2014, de <http://www.crewnoble.com/BarCode.html>
- Davis, J. (Agosto de 1995). *Introduction to IDEF0 Modeling*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de <http://www.cse.sc.edu/~jimdavis/Research/Presentations-PDF/IDEF0%20Presentation082698.PDF>
- De Koster, R., Le-Duc, T., & Zaerpour, N. (2010). Determining the Number of Zones in a Pick-and-Sort Order Picking System. *International Journal of Production Research*, 1-34.
- Dharmapriya, U., & Kulatunga, A. (2011). *New Strategy for Warehouse Optimization – Lean warehousing*. Kuala Lumpur.
- Elsayed, E., & Boucher, T. (1994). *Analysis and control of production systems*. Mexico D.F.: Prentice Hall.
- Fundibeq. (s.f.). *DIAGRAMA DE PARETO*. Recuperado el 3 de Junio de 2014, de http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_pareto.pdf
- García, S. (8 de Octubre de 2010). *Diagrama de Bloques Procesos Industriales*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de <http://www.slideshare.net/sergioluisgarcia/diagrama-debloque>
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to Logistics Systems and Planning Control*. West Sussex: John Wiley and Sons.
- Goetschalckx, M., Gu, J., & McGinnis, L. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 539–549.
- Gue, K., & Schleyer, M. (2012). Throughput time distribution analysis for a one-block warehouse. *Transportation Research Part E*, 652–666.
- Guerriero, F., Musmanno, R., Pisacane, O., & Rende, F. (2013). A mathematical model for the Multi-Levels Product Allocation Problem in a warehouse with compatibility constraints. *Applied Mathematical Modelling*, 4385–4398.
- Health and Safety Executive. (2009). *Safety signs and signals*. Londres: HSE Books.

- Henn, S. (2012). Algorithms for on-line order batching in an order picking warehouse. *Computers & Operations Research*, 2549–2563.
- Henn, S., & Schmid, V. (2013). Metaheuristics for order batching and sequencing in manual order picking systems. *Computers & Industrial Engineering*, 338–351.
- Henn, S., & Wascher, G. (2012). Tabu search heuristics for the order batching problem in manual order picking systems. *European Journal of Operational Research*, 484–494.
- Higashi, T., Tamura, H., & Ota, J. (2011). Online rescheduling of multiple picking agents for warehouse management. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 62–71.
- Hill, J. (2011). Using Metrics to Drive Warehouse Performance Improvement. Material Handling Industry.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Investigación de operaciones*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Hobbs, D. (2004). *Lean Manufacturing Implementation*. New York: J. Ross Publishing.
- Hong, S., Johnson, A., & Peters, B. (2012). Batch picking in narrow-aisle order picking systems with consideration for picker blocking. *European Journal of Operational Research*, 557–570.
- Hopp, W., & Spearman, M. (2008). *Factory Physics*. New York: McGraw Hill.
- Hsu, C., & Sandford, B. (2007). The Delphi Technique: Making Sense Of Consensus. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 12(10), 1-8.
- Instituto Tecnológico de Chihuahua. (Enero de 2003). *Unidad I y II, Teoría del muestreo y Pruebas de hipótesis*. Recuperado el 7 de Julio de 2014, de www.itch.edu.mx/academic/industrial/estadistica1/u0102.pdf
- Iturralde, A., & Papenbrock, A. (Agosto de 2007). Optimización del sistema de manejo de materiales en tejidos Pintex S.A.
- Kelton, D., Sadowski, R., & Sturrock, D. (2004). *Simulation with Arena*. New York: McGraw-Hill.
- Kozan, E. (2000). An integrated material handling system for a truck assembly plant. *Journal of the Operational Research Society*, 263-271.
- Kuzucuoglu, S. (2012). A conceptual model for the use of RFID as a means to manage Reusable Articles in a closed-loop supply chain. *Master Thesis Economics & Informatics*, 1-138.
- Leaver, S., Mendelsohn, T., Spivey, O., & Yuen, E. (2004). Evaluating RFID middleware: picking the right solution for integrating RFID data into business. *Forrester Research, Inc.*

- Lilia, A., Pastor, I., & Torres, Z. (2013). Propuesta de metodología para elaborar una investigación científica en el área de Administración de Negocios. *pensamiento y gestión*(35), 2-24.
- Lim, M., Bahr, W., & Leung, S. (2013). RFID in the warehouse: A literature analysis (1995–2010) of its applications, benefits, challenges and future trends. *Int. J. Production Economics*, 409–430.
- Manotas, L., & Ramírez, D. (2011). Desarrollo de un modelo heurístico para la optimización en el manejo de material en estibas en una bodega. *ITECKNE*, 8(2), 132 - 146.
- Martínez, J. (Febrero de 2005). *Métodos de modelado IDEF0 e IDEF3 y uso básico del programa BPwin*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de <ftp://ftp.espe.edu.ec/GuiasMED/MGP2P/PROCESOS/estudiantes/teoria/idef0-idef3-e.pdf>
- Montgomery, D. (2010). *Control Estadístico de la Calidad*. México D.F.: Limusa Wiley.
- Montgomery, D., & Runger, G. (2005). *Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería*. Mexico D.F.: Limusa Wiley.
- Murray, M. (s.f.). *Order Picking In The Warehouse*. Recuperado el 5 de Junio de 2014, de http://logistics.about.com/od/operationalsupplychain/a/order_pick.htm
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Narváez, G., & Yerovi, D. (Mayo de 2011). *Propuesta de mejora para la administración y optimización de las operaciones de la bodega granados actual de Automotores y Anexos S.A. mediante la metodología DMAIC*. Recuperado el 11 de Marzo de 2014, de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/637>
- Neumann, W., & Medbo, L. (2010). Ergonomic and technical aspects in the redesign of material supply systems: Big boxes vs. narrow bins. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 541e548.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2008). *Métodos Estándares y Diseño del Trabajo*. México: Alfaomega.
- Occupational Safety & Health Administration. (2014). *Personal Protective Equipment*. Recuperado el 7 de Junio de 2014, de <https://www.osha.gov/SLTC/personalprotectiveequipment/>
- Ortiz, F., Nuño, P., & Torres, R. (2008). Comparación del sistema de costos estandar y la teoría de restricciones para el control de flujo de materiales mediante un modelo de simulación. *Alta Tecnología y Sociedad*, 1-15.
- Osorio, G. (s.f.). *Cadena de Valor*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9XuVPGb76McJ:www.grupoconsultoria.com.co/valor.doc+&cd=1&hl=en&ct=clnk>

- Oxford. (2014). *Oxford Dictionaries*. Recuperado el 17 de Marzo de 2014, de <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/storage>
- Paez, J. (Julio de 2014). Situación actual de Aymesa S.A. (D. Valdez, Entrevistador)
- Pagano, R. (2011). *Estadística para las ciencias del comportamiento*. México D.F.: Cengage Learning.
- Pan, J., Shih, P., & Wu, M. (2012). Storage assignment problem with travel distance and blocking considerations for a picker-to-part order picking system. *Computers & Industrial Engineering*, 527–535.
- Pascual, J. (2012). *Almacenaje y mantenimiento*. Recuperado el 6 de Junio de 2014, de https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/372/50004/1/Documento4.pdf
- Poon, T., Choy, K., Cheng, C., Lao, S., & Lam, H. (2011). Effective selection and allocation of material handling equipment for stochastic production material demand problems using genetic algorithm. *Expert Systems with Applications*, 12497–12505.
- Qu, T., Yang, H., Huang, G., Zhang, Y., Luo, H., & Qin, W. (2012). A case of implementating RFID-based real-time shop-floor material management for household electrical appliance manufacturers. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 2343-2356.
- Rossi, D., Bertolini, E., Fenaroli, M., Marciano, F., & Alberti, M. (2013). A multi-criteria ergonomic and performance methodology for evaluating alternatives in “manuable” material handling. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 314-327.
- Schulte, B. (2006). Mobile RFID moves organizations closer to ROI. *Chain Store Age*, 82(11), 66.
- SFP, Gobierno federal de México. (2008). *Adaptado de Simbología de Diagrama de Flujo, por Chamorro, Miranda & Rubio, 2007. Elaboración propia*. Recuperado el 6 de Julio de 2014, de http://www.salud.gob.mx/unidades/dgrh/spc/formatos/mejora_de_gestion.pdf
- Smith, L. (8 de Noviembre de 2013). *Diagrama de Ishikawa, o mas conocido como diagrama causa efecto o espina de pescado*. Obtenido de Diagrama Causa Efecto: <http://calidadsustentable.blogspot.com/>
- Stevenson, W. (2007). *Operations Management*. New York: McGraw-Hill.
- Stock, G. N., Greis, N. P., & Kasadra, J. D. (2000). Enterprise logistics and supply chain structure: the role of fit. *Journal of Operations Management*(18), 531-547.
- Strack, G., & Pochet, Y. (2010). An integrated model for warehouse and inventory planning. *European Journal of Operational Research*, 35–50.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., & Tanchoco, J. (2006). *Planeación de instalaciones* (tercera edición ed.). México D.F: Thomson.

- Troya, G. (2011). Reducción del tiempo de ciclo del proceso. México: Universidad de Sonora. Obtenido de Universidad de Sonora.
- Yavuz, H., & Satir, A. (1995). A kanban based simulation study of a mixed model just in time manufacturing line. *Int. J. prod. res*, 33(4), 1027-1048.

ANEXOS

ANEXO 1: Estaciones ensamblaje final Aymesa S.A.

En este anexo se muestran las estaciones únicamente para el área de ensamblaje final dentro de la línea productiva. Se excluye al área de soldadura y pintura. Así mismo, no se mencionan todas las actividades que se realizan en cada estación ya que esta lista sirve solo como referencia y no para determinar las actividades realizadas en cada estación.

Tabla 33: Estaciones pertenecientes al área de ensamblaje final

Número de estación	Nombre estación
1	CHASSISA01
2	CHASSISA02
3	CHASSISA03
4	CHASSISA04
5	CHASSISA05
6	ENGINE
7	FINAL01
8	FINAL02
9	FINAL03
10	FINAL04
11	FINAL05
12	FINAL06
13	FINAL07
14	FINAL08
15	FINAL09
16	FINAL10
17	FINAL11
18	FINAL12
19	FINAL13
20	FINAL14
21	S-FEM
22	S-FR.SUSP
23	S-INST.PNL
24	S-O.MIRROR
25	S-RR.SUSP
26	TRIMA01
27	TRIMA02
28	TRIMA03
29	TRIMA04

30	TRIMA05
31	TRIMA06
32	TRIMA07
33	TRIMA08
34	TRIMA09
35	TRIMA10
36	TRIMA11
37	TRIMA12
38	TRIMA13
39	TRIMA14

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: Layout planta ensamble final Aymesa S.A.

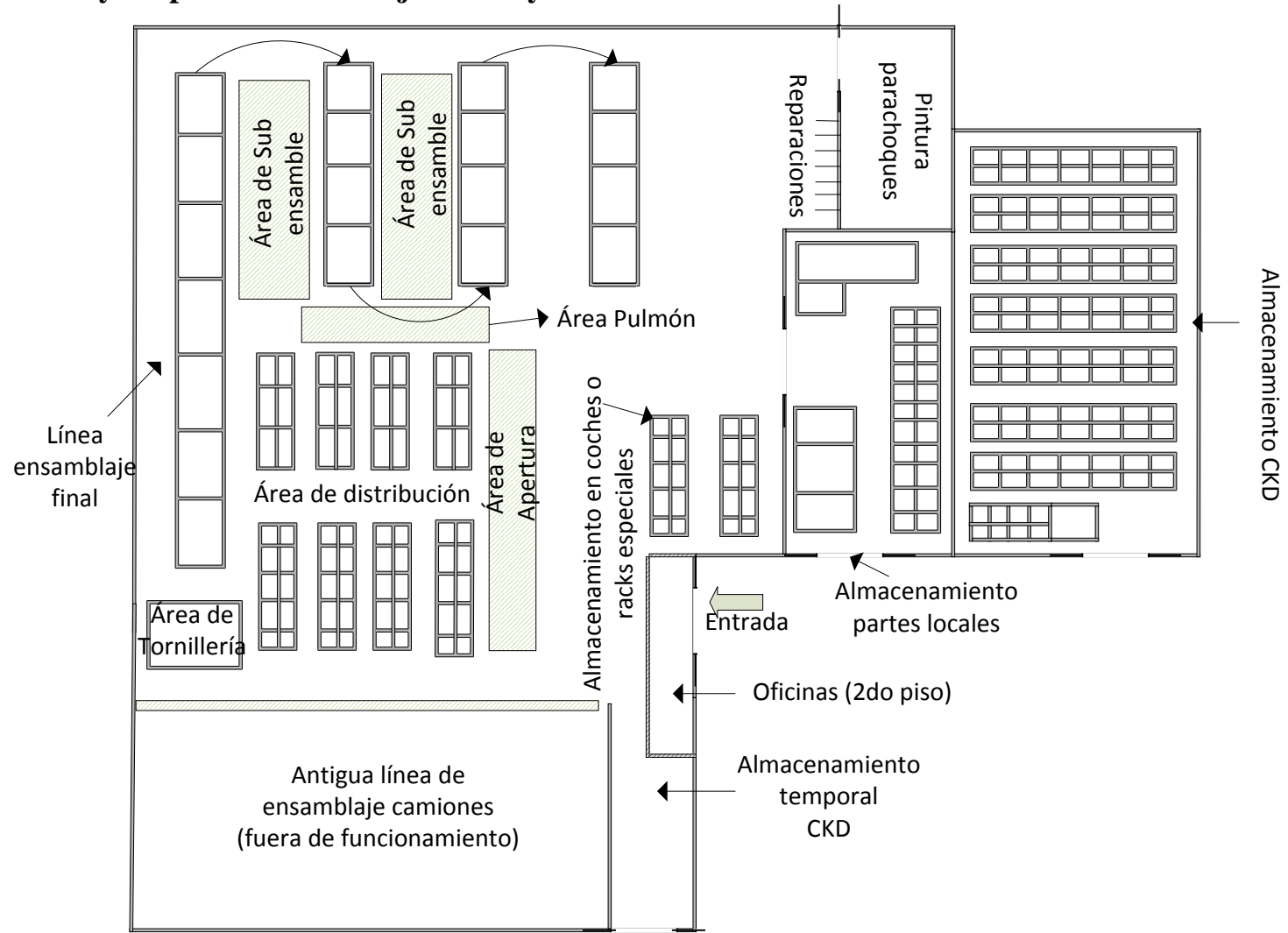


Figura 30: Layout planta ensamble final. Elaboración propia

ANEXO 3: Diagramas de flujo de las operaciones manejadas en el sistema de almacenamiento actual

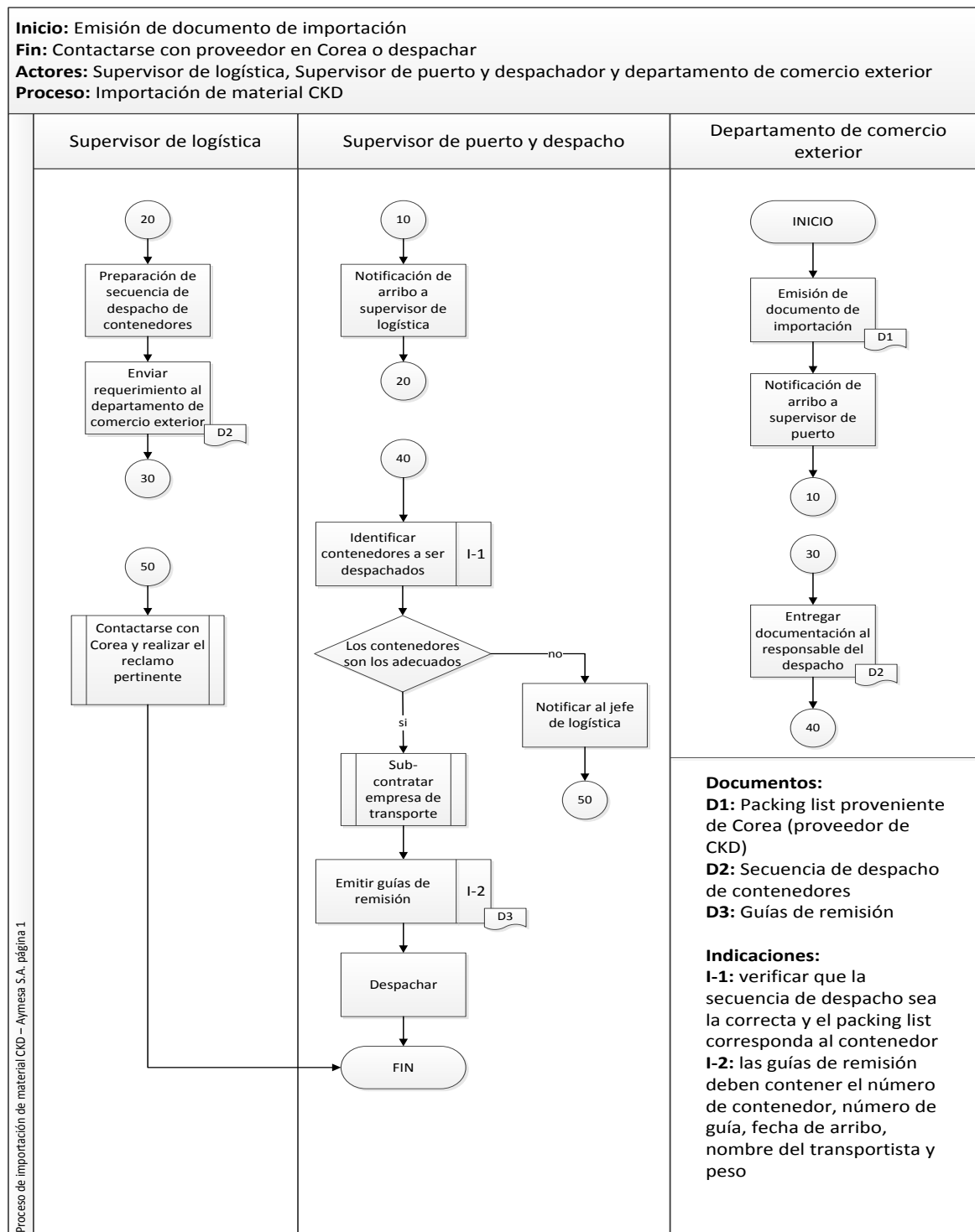


Figura 31: Diagrama de flujo proceso de importación de material CKD. Elaboración propia

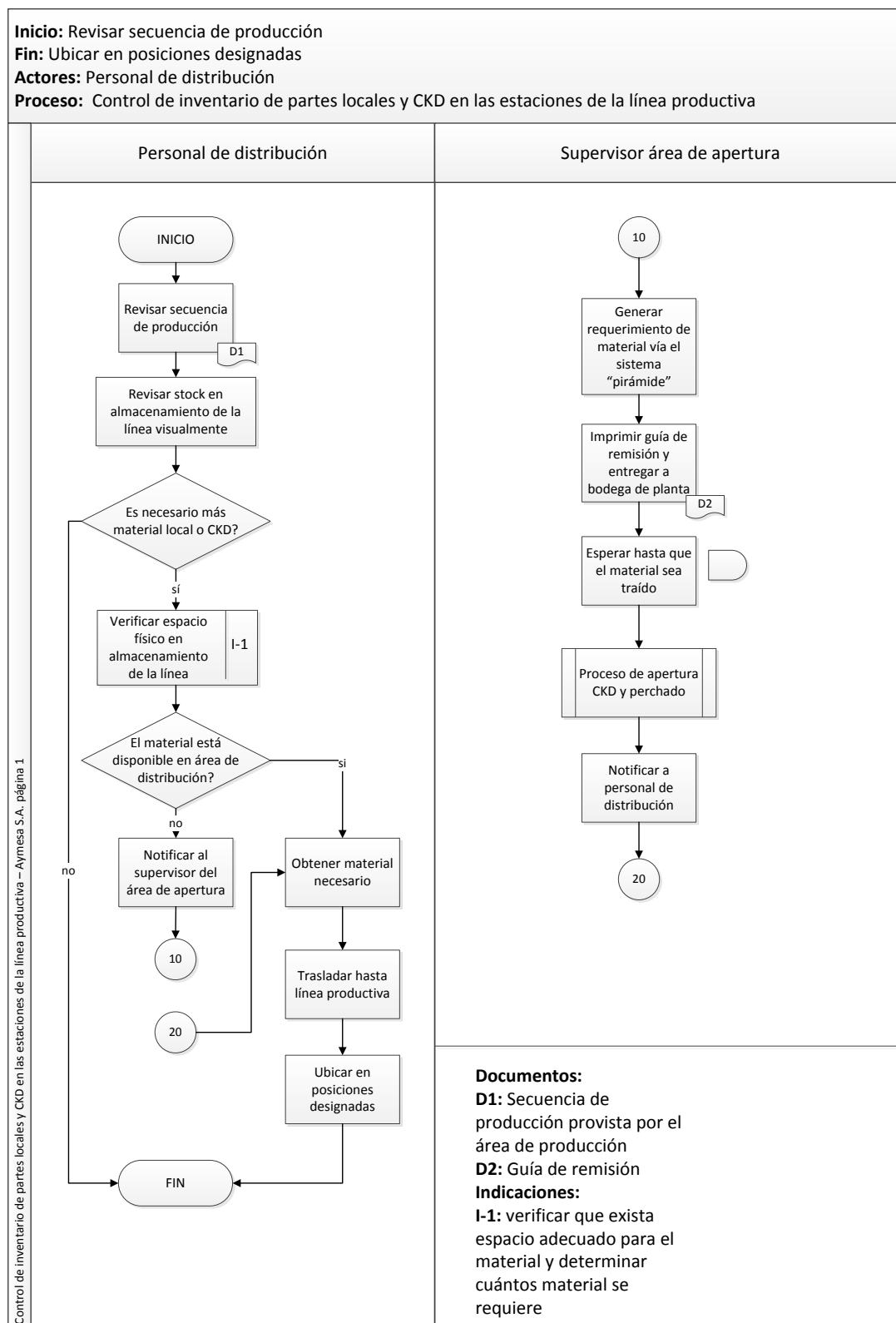


Figura 32: Diagrama de flujo para control de inventario de partes locales y CKD en las estaciones de la línea productiva. Elaboración propia

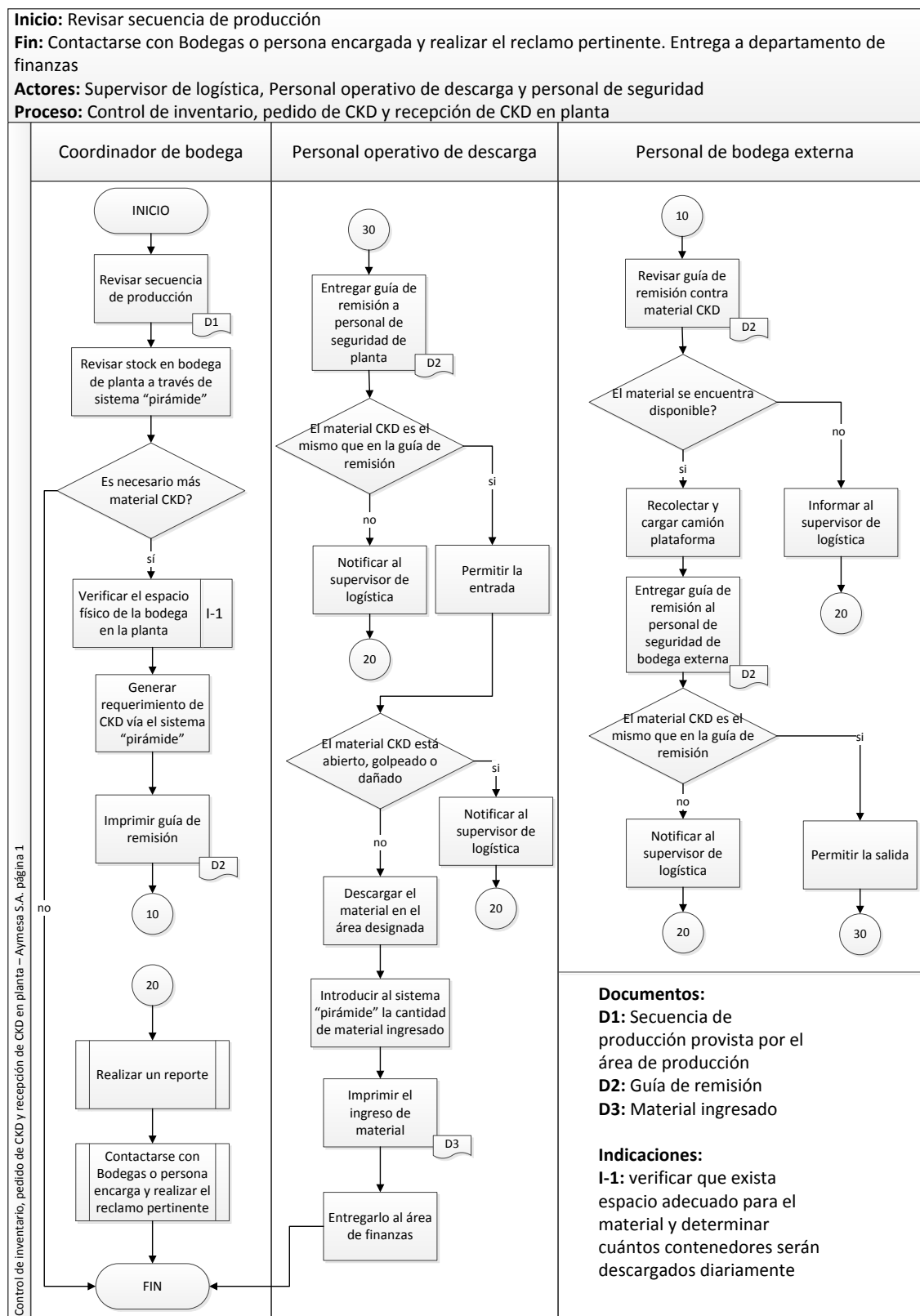


Figura 33: Diagrama de flujo de control de inventario, pedido de CKD y recepción de CKD en planta. Elaboración propia

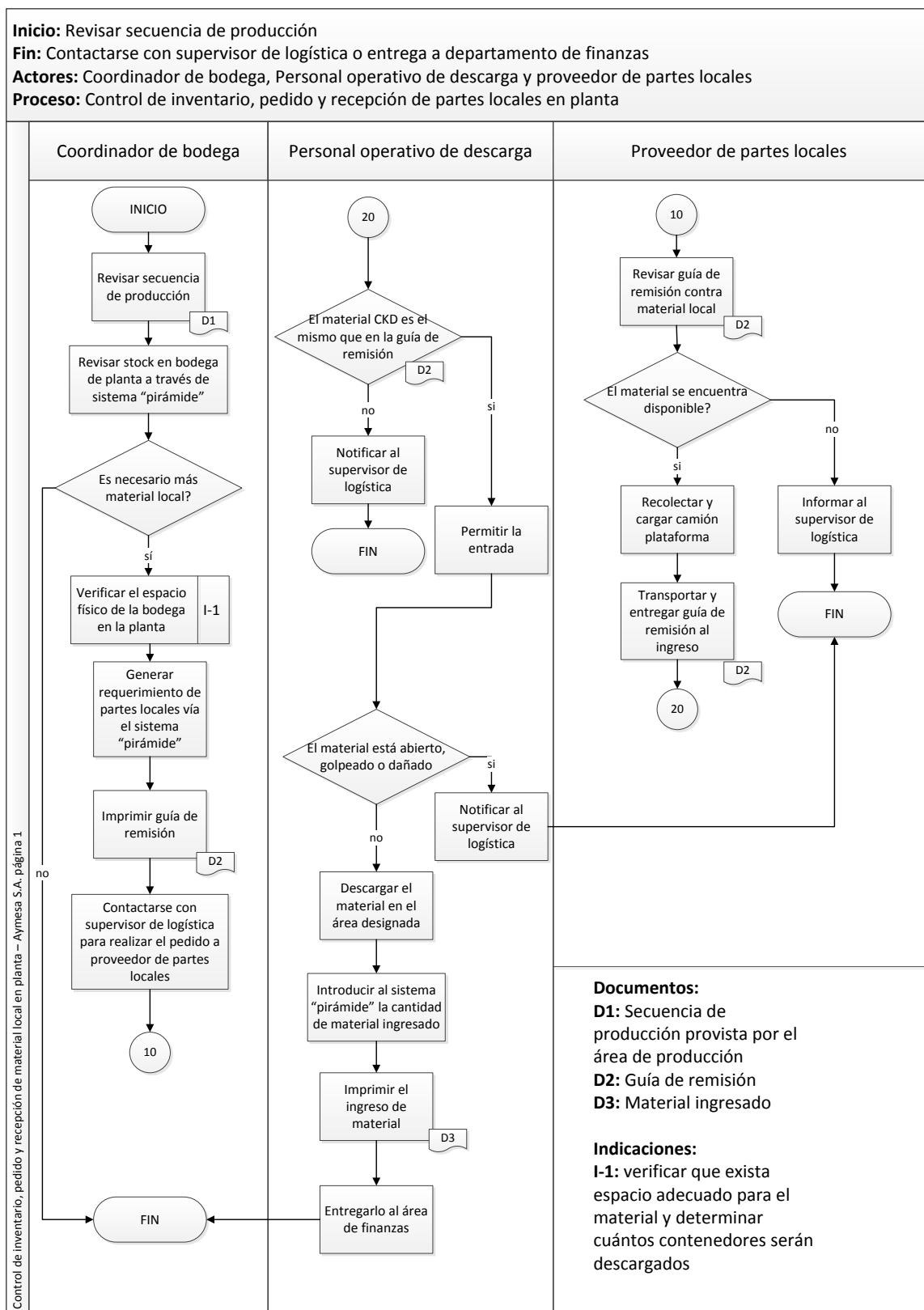


Figura 34: Control de inventario, pedido y recepción de partes locales en planta. Elaboración propia

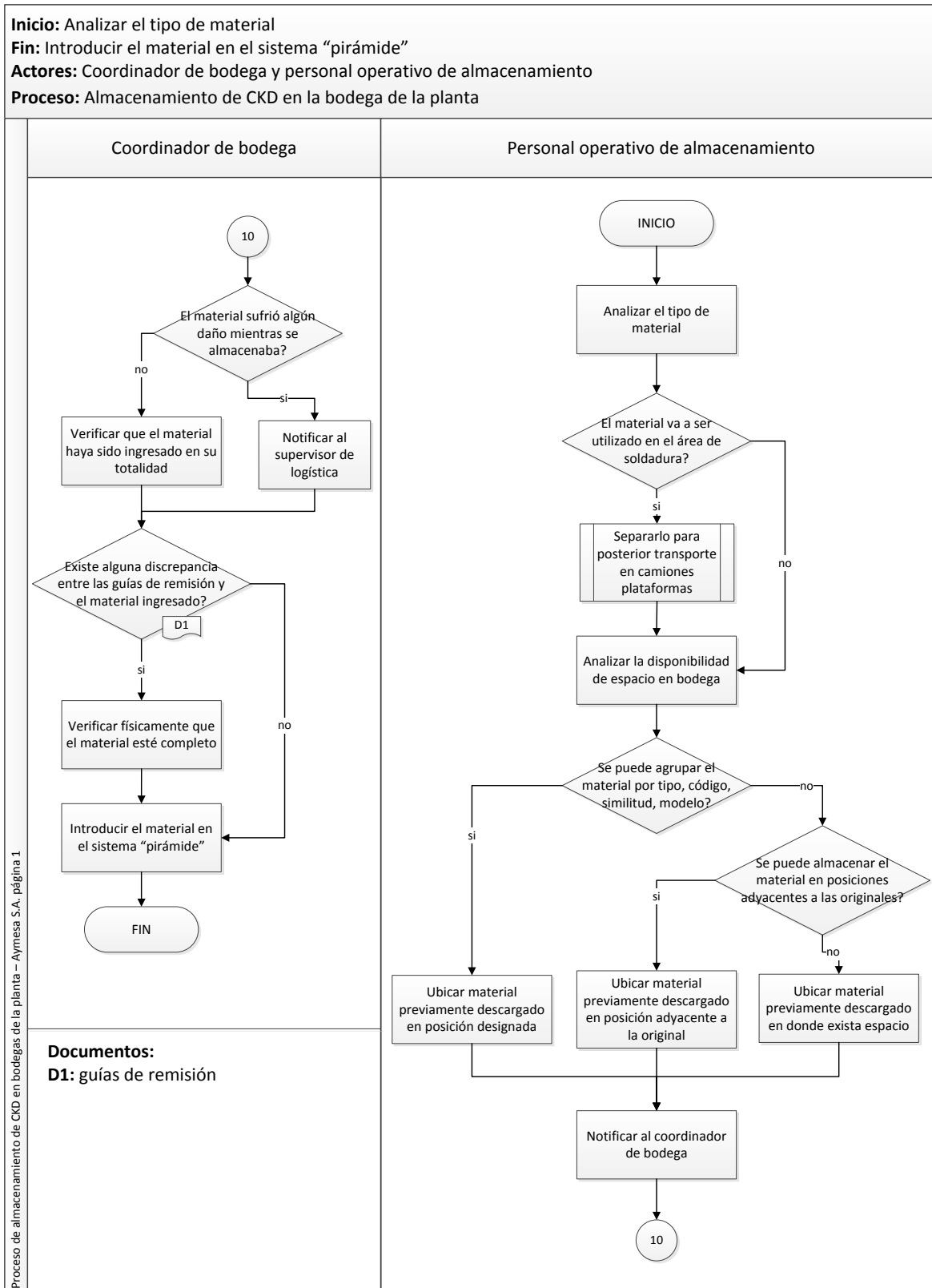


Figura 35: Diagrama de flujo de almacenamiento de CKD y partes locales en las bodegas de planta. Elaboración propia

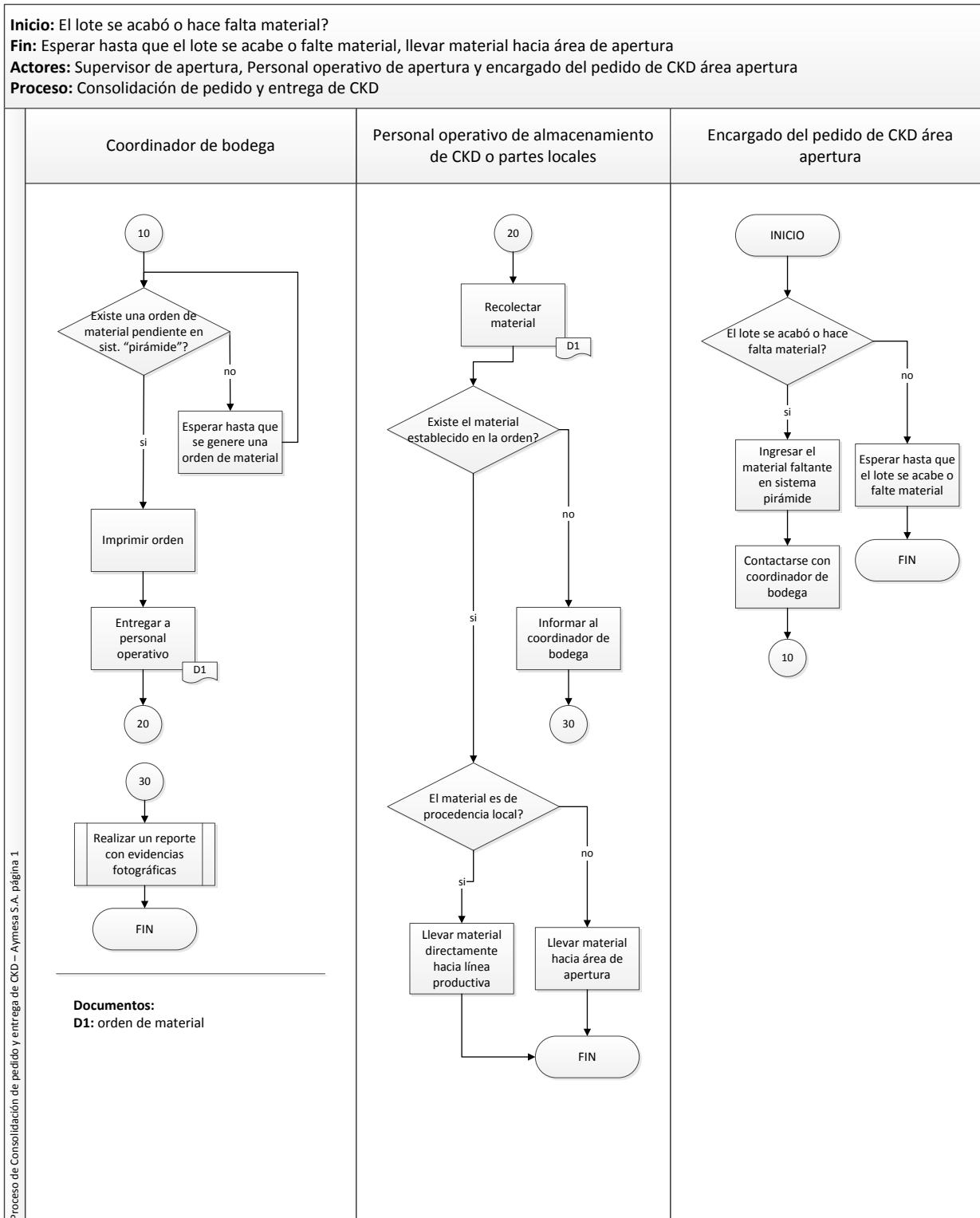
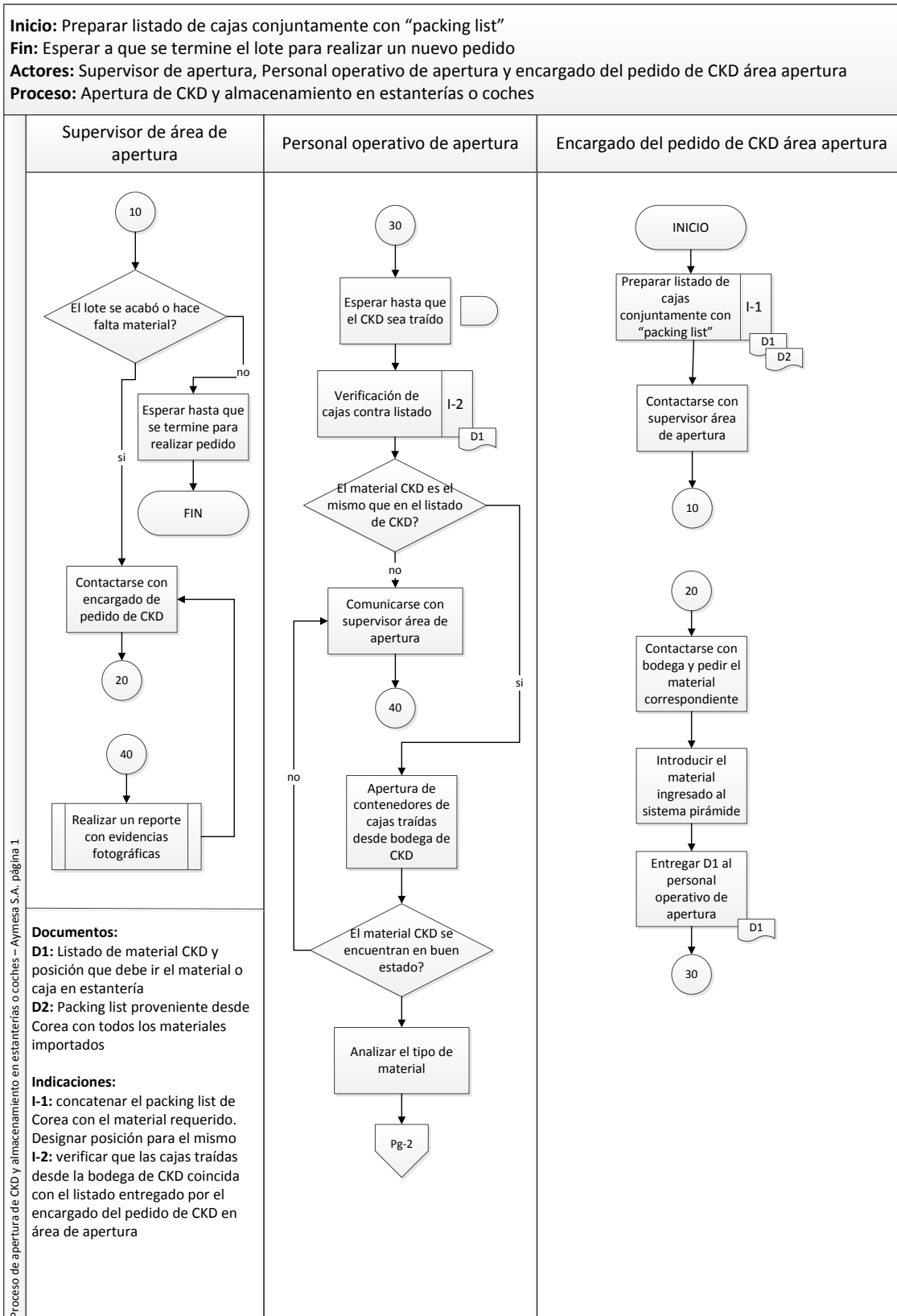


Figura 36: Diagrama de flujo de consolidación y entrega de CKD o partes locales. Elaboración propia



Continúa en siguiente página

Proceso de apertura de CKD y almacenamiento en estanterías o coches – Aymesa S.A. página 1

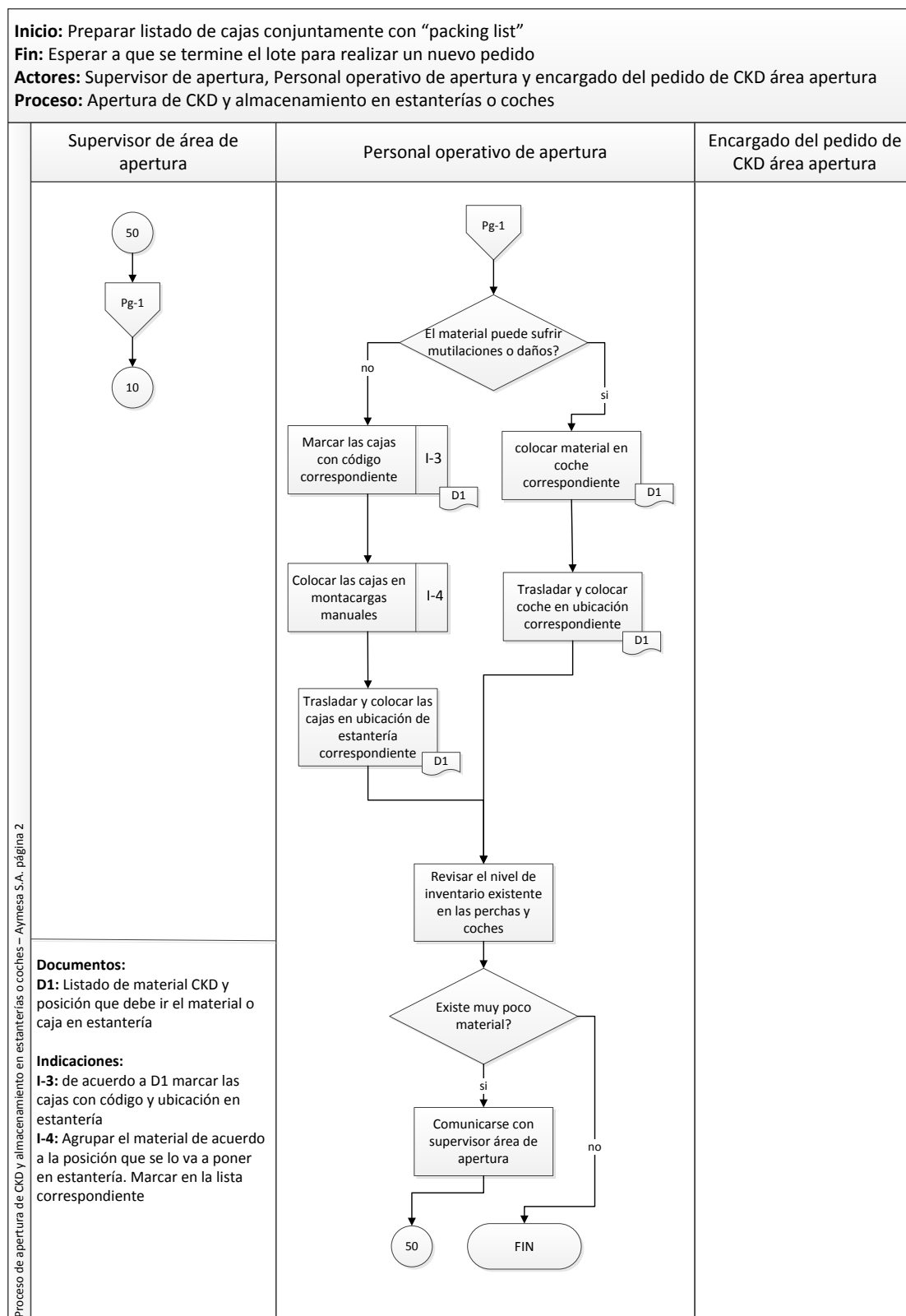
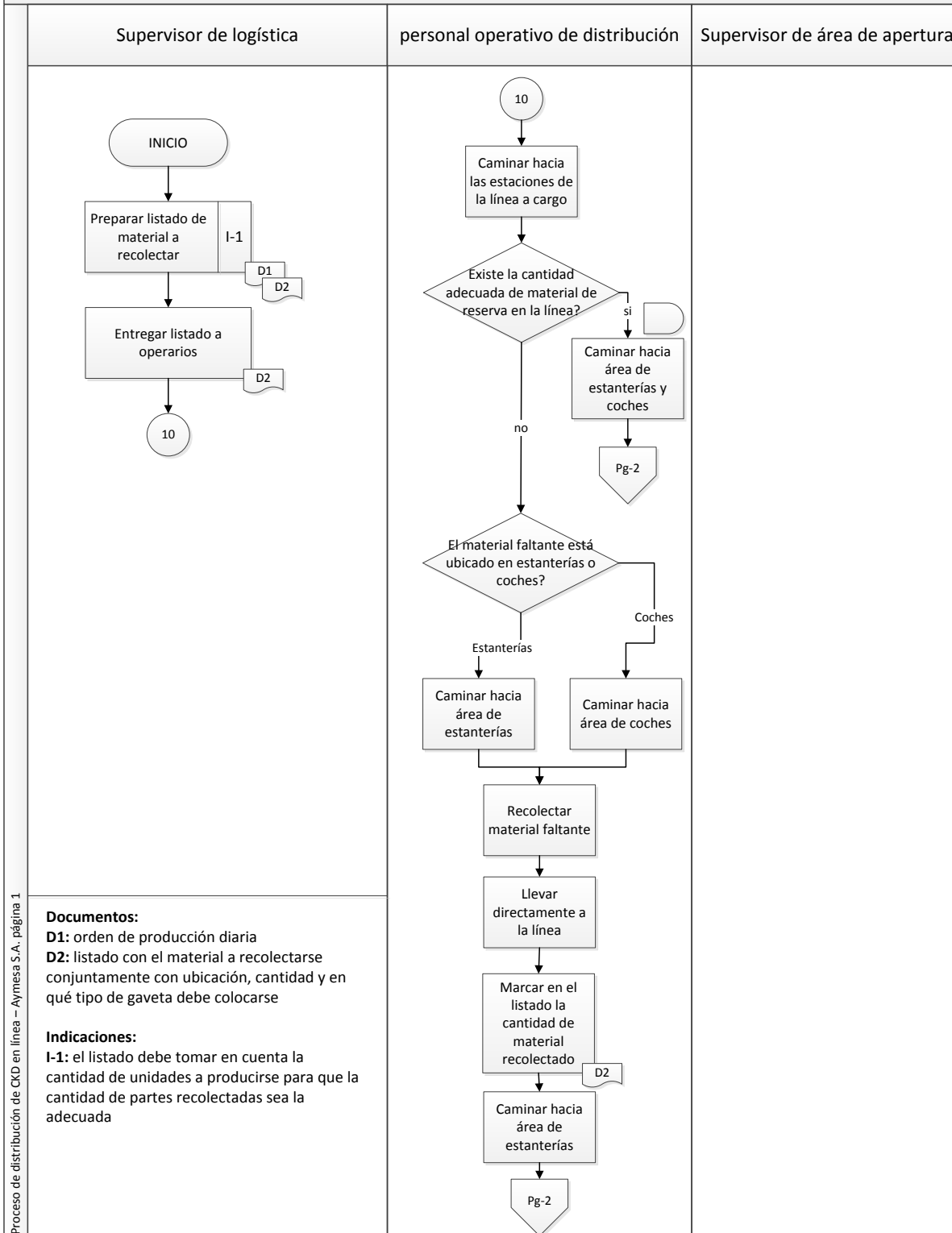


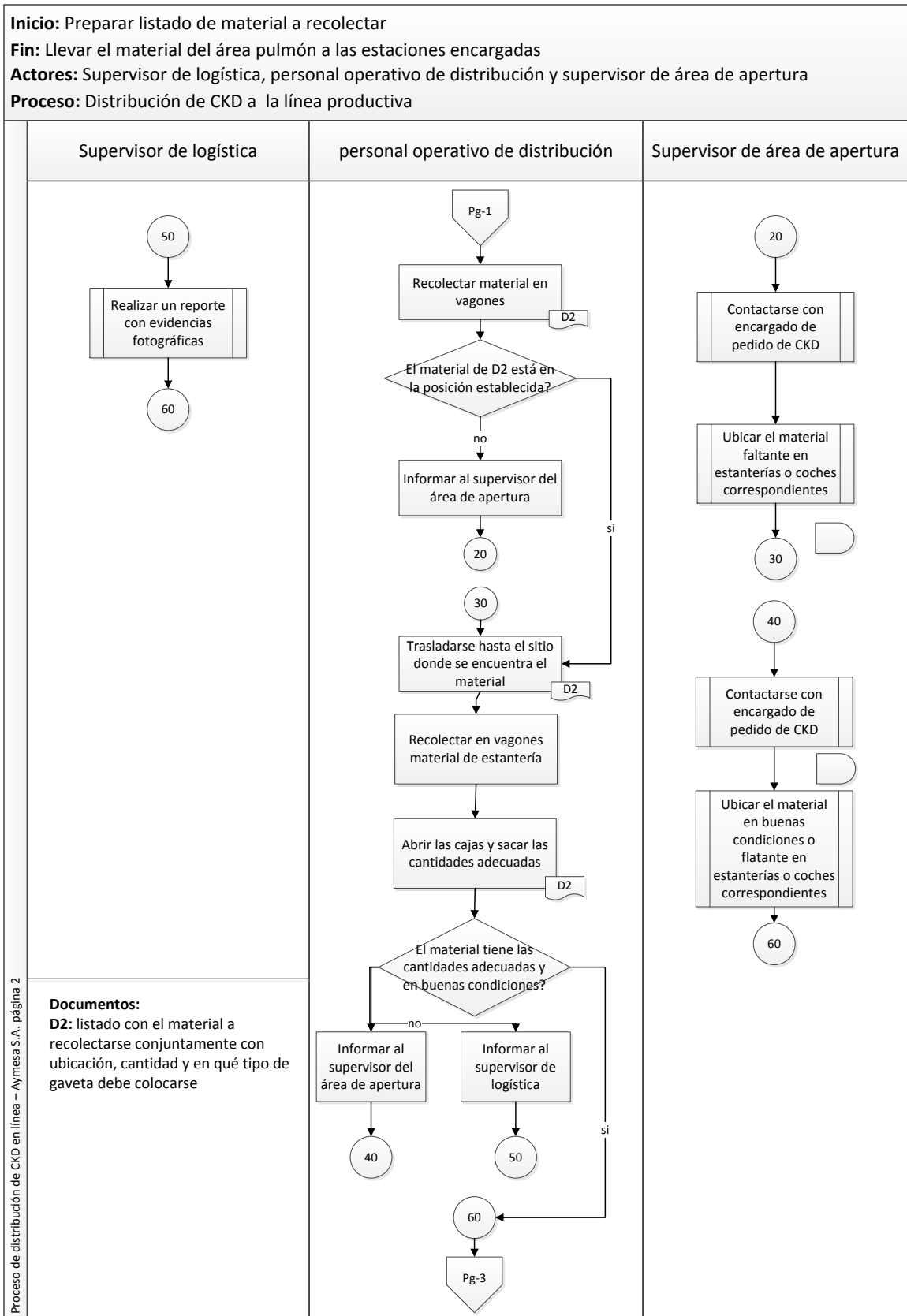
Figura 37: Diagrama de flujo de apertura de CKD y almacenamiento en estanterías o coches.
 Elaboración propia

Inicio: Preparar listado de material a recolectar
Fin: Llevar el material del área pulmón a las estaciones encargadas
Actores: Supervisor de logística, personal operativo de distribución y supervisor de área de apertura
Proceso: Distribución de CKD a la línea productiva



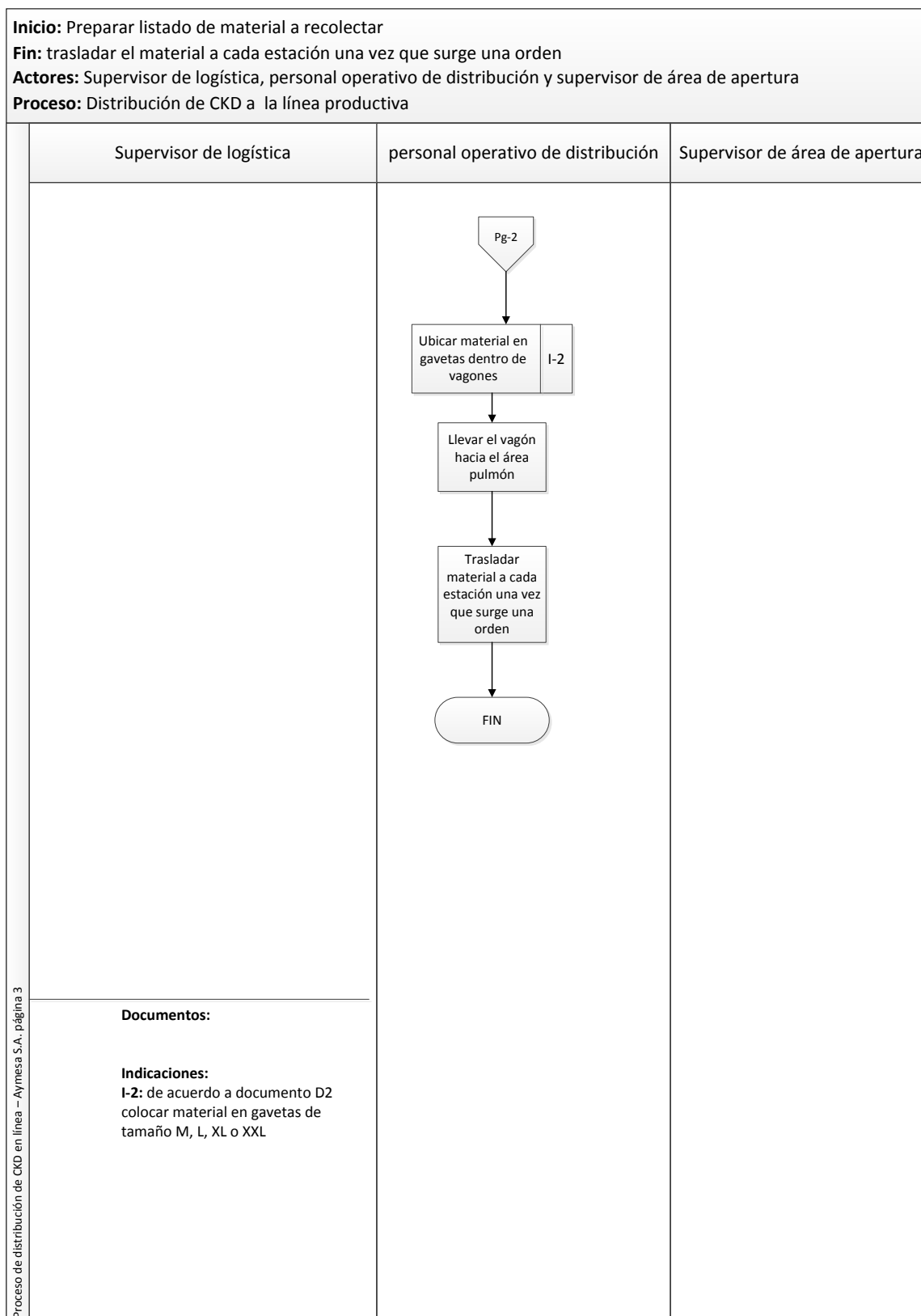
Continúa en siguiente página

Proceso de distribución de CKD en línea – Aymesa S.A. – página 1



Continúa en siguiente página

Proceso de distribución de CKD en línea – Aymesa S.A., página 2



Proceso de distribución de CKD en línea - Aymesa S.A. página 3

Figura 38: Diagrama de flujo de distribución de CKD en línea. Elaboración propia

ANEXO 4: Bill of materials (listado de materiales)

Tabla 34: Lista de materiales para modelo Sportage

SPORTAGE		
No.	Estación	Nombre de parte
1	TRIMA01.LH	KEY SET
2	TRIMA02.LH	HDL ASSY-FR DR O/S,RH
3	TRIMA02.LH	HDL ASSY-RR DR O/S,RH
4	TRIMA02.LH	HDL ASSY-FR DR O/S,LH
5	TRIMA02.LH	HDL ASSY-RR DR O/S,LH
6	TRIMA02.LH	BRKT ASSY-FR SHIPPG,LH
7	TRIMA02.RH	BRKT ASSY-FR SHIPPG,RH
8	TRIMA02.RH	BRKT ASSY-ENGINE MTG
9	TRIMA02.RH	BRKT ASSY-TRANSMISSION MTG
10	TRIMA02.LH	INSULATOR-DASH PNL
11	TRIMA03.LH	LIFTER ASSY-TAIL GATE,LH
12	TRIMA03.LH	W/STRIP ASSY-FR DR SIDE,LH
13	TRIMA03.LH	W/STRIP ASSY-RR DR SIDE,LH
14	TRIMA03.LH	GARNISH ASSY- D PILLAR,LH
15	TRIMA03.LH	ANTENNA ASSY-ROOF
16	TRIMA03.RH	LIFTER ASSY-TAIL GATE,RH
17	TRIMA03.RH	W/STRIP ASSY-FR DR SIDE,RH
18	TRIMA03.RH	W/STRIP ASSY-RR DR SIDE,RH
19	TRIMA03.RH	BRKT-LUGG LOAD FLR SUPT
20	TRIMA03.RH	GARNISH ASSY- D PILLAR,RH
21	TRIMA04.LH	CATCH & CABLE ASSY-F/FILLER DR
22	TRIMA04.LH	GLASS&MLDG ASSY-Q/F PRIVACY,LH
23	TRIMA04.LH	BRKT-A PLR CONN MTG,LH
24	TRIMA04.LH	RELAY ASSY-POWER
25	TRIMA04.RH	ISOLATION PAD ASSY-COWL PNL
26	TRIMA04.RH	ISOLATION PAD ASSY-DASH
27	TRIMA04.RH	GLASS&MLDG ASSY-Q/F PRIVACY,RH
28	TRIMA04.RH	BRKT-A PLR CONN MTG,RH
29	TRIMA04.RH	FEEDER CABLE-ANTENNA
30	TRIMA04.RH	HOSE ASSY-RR WASHER
31	TRIMA05.LH	COMPUTER & BRKT ASSY
32	TRIMA05.LH	PEDAL ASSY-ACCELERATOR,LH
33	TRIMA05.LH	PEDAL ASSY - CLUTCH
34	TRIMA05.LH	PEDAL ASSY-BRAKE

35	TRIMA05.LH	CABLE ASSY-MTM
36	TRIMA05.LH	CABLE ASSY-ACCELERATOR
37	TRIMA05.LH	COVER ASSY-STEERING JOINT
38	TRIMA05.LH	UNIT ASSY-A/BAG CONTROL
39	TRIMA05.RH	SENSOR ASSY-FR IMPACT
40	TRIMA05.RH	PIPE-RETURN ASSY
41	TRIMA05.LH	RESONATOR ASSY
42	TRIMA05.RH	RSVR & PUMP ASSY-W/S,RR WASHER
43	TRIMA05.RH	LAMP ASSY-H.M.S(WRG EXCEPT)
44	TRIMA05.RH	MASTER CYLINDER & BOOSTER ASSY
45	TRIMA05.RH	TUBE - CLUTCH
46	TRIMA06.LH	COVER ASSY-C/PAD MAIN SIDE,LH
47	TRIMA06.LH	BRKT-A/HDL MTG FR,RH
48	TRIMA06.LH	BRKT-A/HDL MTG RR,LH
49	TRIMA06.LH	BRKT-A/HDL MTG RR,RH
50	TRIMA06.LH	DUCT ASSY-RR HEATING,LH
51	TRIMA06.RH	COVER ASSY-C/PAD MAIN SIDE,RH
52	TRIMA06.RH	DUCT ASSY-RR HEATING,RH
53	TRIMA06.RH	GROMMET ASSY
54	TRIMA06.RH	HDL ASSY-TAIL GATE O/S
55	TRIMA07.RH	COMPLETE ASSY-HEAD LINING
56	TRIMA07.RH	HEATER & BLOWER UNIT
57	TRIMA08.LH	RUN ASSY-FR DR WDW GLASS,LH
58	TRIMA08.LH	RUN ASSY-RR DR WDW GLASS,LH
59	TRIMA08.LH	CHANNEL ASSY-FR DR FR,LH
60	TRIMA08.LH	CHANNEL ASSY-RR DR RR,LH
61	TRIMA08.LH	SWITCH ASSY-DR
62	TRIMA08.RH	LATCH ASSY-TAIL GATE
63	TRIMA08.RH	LATCH ASSY-T/GATE GLASS
64	TRIMA08.RH	BELL CRANK ASSY-T/GATE
65	TRIMA08.RH	NOZZLE ASSY-RR WASHER
66	TRIMA08.RH	SWITCH ASSY-DR
67	TRIMA08.RH	RUN ASSY-FR DR WDW GLASS,RH
68	TRIMA08.RH	RUN ASSY-RR DR WDW GLASS,RH
69	TRIMA08.RH	CHANNEL ASSY-FR DR FR,RH
70	TRIMA08.RH	CHANNEL ASSY-RR DR RR,RH
71	TRIMA09.LH	TRIM ASSY-`A` PLR, LH
72	TRIMA09.LH	TRIM ASSY- B PLR UPR,LH
73	TRIMA09.LH	TRIM ASSY-C PILLAR,LH
74	TRIMA09.LH	TRIM ASSY-D PILLAR,LH
75	TRIMA09.LH	TRIM-CTR PILLAR LWR,RH

76	TRIMA09.LH	SEAT BELT ASSY-FR P/T 3PT,LH
77	TRIMA09.LH	SEAT BELT ASSY-RR ELR 3PT,LH
78	TRIMA09.LH	DOUBLE BUCKLE ASSY-RR S/BELT
79	TRIMA09.LH	TRIM ASSY-LUGGAGE SIDE,LH
80	TRIMA09.RH	TRIM ASSY-C PILLAR,RH
81	TRIMA09.RH	TRIM ASSY-`A` PLR, RH
82	TRIMA09.RH	TRIM ASSY- B PLR UPR,RH
83	TRIMA09.RH	TRIM ASSY-D PILLAR,RH
84	TRIMA09.RH	TRIM-CTR PILLAR LWR,LH
85	TRIMA09.RH	SEAT BELT ASSY-FR ELR 3PT,RH
86	TRIMA09.RH	SEAT BELT ASSY-RR ELR 3PT,RH
87	TRIMA09.RH	LEVER ASSY-T.G.S
88	TRIMA09.RH	BUCKLE & TONGUE ASSY-RR S/BELT
89	TRIMA09.RH	TRIM ASSY-LUGG SIDE,RH
90	TRIMA09.RH	HEIGHT ADJUSTER ASSY-FR
91	TRIMA10.LH	MIRROR ASSY-I/S RR VIEW
92	TRIMA10.LH	MLDG-W/S GLASS
93	TRIMA11.LH	HOSE ASSY-WATER INLET
94	TRIMA11.LH	HOSE ASSY-WATER OUTLET
95	TRIMA11.LH	TUBE-MASTER CYLINDER
96	TRIMA11.LH	SHROUD-STEERING COLUMN UPR
97	TRIMA11.LH	SHROUD ASSY-STEERING COL LWR
98	TRIMA11.LH	MLDG ASSY-ROOF FR,LH
99	TRIMA11.LH	COVER ASSY-ROOF RACK FR,LH
100	TRIMA11.LH	COVER ASSY-ROOF RACK RR,LH
101	TRIMA11.LH	RACK ASSY-ROOF,LH
102	TRIMA11.LH	NOZZLE ASSY-W/SHLD WASHER LHD
103	TRIMA11.LH	LWR COVER-E/R J/BOX
104	TRIMA11.LH	SWITCH ASSY-MULTI FUNCTION
105	TRIMA11.LH	TRIM-FRT DR STEP,LH
106	TRIMA11.LH	TRIM-RR DR STEP,LH
107	TRIMA11.LH	SUNVISOR ASSY,LH
108	TRIMA11.LH	RR DUCT
109	TRIMA11.RH	HOSE ASSY-WINDSHIELD WASHER
110	TRIMA11.RH	TUBE ASSY-SUC & LIQ
111	TRIMA11.RH	TUBE-MASTER CYLINDER FR,RH
112	TRIMA11.RH	MLDG ASSY-ROOF FR,RH
113	TRIMA11.RH	COVER ASSY-ROOF RACK FR,RH
114	TRIMA11.RH	COVER ASSY-ROOF RACK RR,RH
115	TRIMA11.RH	RACK ASSY-ROOF,RH
116	TRIMA11.RH	NOZZLE ASSY-W/SHLD WASHER LHD

117	TRIMA11.RH	RESERVOIR&HOSE ASSY-P/STEERING
118	TRIMA11.RH	GROMMET ASSY-HEATER PIPE
119	TRIMA11.RH	SEAL ASSY - EVAPORATOR PIPE (A/C)
120	TRIMA11.RH	RR DUCT
121	TRIMA11.RH	TRIM-FRT DR STEP,RH
122	TRIMA11.RH	TRIM-RR DR STEP,RH
123	TRIMA11.RH	SUNVISOR ASSY,RH
124	TRIMA12.LH	W/STRIP-FR DR BODY SIDE,LH
125	TRIMA12.LH	W/STRIP-RR DR BODY SIDE,LH
126	TRIMA12.RH	W/STRIP-FR DR BODY SIDE,RH
127	TRIMA12.RH	W/STRIP-RR DR BODY SIDE,RH
128	TRIMA12.LH	TRIM-COWL SIDE,LH
129	TRIMA12.LH	TRIM ASSY-FR DR SCUFF,LH
130	TRIMA12.LH	TRIM ASSY-RR DR SCUFF,LH
131	TRIMA12.LH	PNL ASSY-C/PAD LWR,LH
132	TRIMA12.RH	TRIM-COWL SIDE,RH
133	TRIMA12.RH	TRIM ASSY-FR DR SCUFF,RH
134	TRIMA12.RH	TRIM ASSY-RR DR SCUFF,RH
135	TRIMA13.LH	W/STRIP ASSY-FR DR BELT O/S,LH
136	TRIMA13.LH	W/STRIP ASSY-RR DR BELT O/S,LH
137	TRIMA13.LH	MLDG ASSY-RR DR DELTA,LH
138	TRIMA13.LH	MOULDING ASSY-RR DR DELTA,RH
139	TRIMA13.LH	MIRROR ASSY-O/S RR VIEW,LH
140	TRIMA13.RH	MIRROR ASSY-O/S RR VIEW,RH
141	TRIMA13.RH	W/STRIP ASSY-FR DR BELT O/S,RH
142	TRIMA13.RH	W/STRIP ASSY-RR DR BELT O/S,RH
143	TRIMA13.LH	TRIM ASSY-T/GATE FRAME UPR
144	TRIMA13.LH	PNL ASSY-TAIL GATE TRIM
145	TRIMA14.LH	STRUT COMPLETE-FR,LH
146	TRIMA14.LH	LIFTER-T/GATE GLASS LH
147	TRIMA14.LH	LIFTER-T/GATE GLASS RH
148	TRIMA14.LH	COVER ASSY-CONSOLE SIDE,LH
149	TRIMA14.LH	GRILLE ASSY-AIR EXT,LH
150	TRIMA14.RH	STRUT COMPLETE-FR,RH
151	TRIMA14.LH	COMBINATION LAMP ASSY-RR,LH
152	TRIMA14.RH	COMBINATION LAMP ASSY-RR,RH
153	TRIMA14.RH	COVER ASSY-CONSOLE SIDE,RH
154	TRIMA14.RH	GUARD-RR.BPR LWR,LH
155	TRIMA14.RH	GUARD-RR.BPR LWR,RH
156	TRIMA14.RH	WHEEL SENSOR ASSY-A.B.S FR,RH
157	CHASSISA01.RH	HOOK ASSY-RR TOWING

158	CHASSISA01.RH	BAND ASSY-FUEL TANK,LH
159	CHASSISA01.RH	CANISTER COMPLETE
160	CHASSISA01.LH	FILLER NECK & HOSE ASSY
161	CHASSISA01.LH	FUEL TANK COMPLETE
162	CHASSISA01.LH	TUBE ASSY-FUEL & BRAKE
163	CHASSISA01.LH	GUARD ASSY-FR WHEEL,LH
164	CHASSISA01.LH	GUARD ASSY-RR WHEEL,LH
165	CHASSISA02.RH	ARM ASSY-TRAILING,LH
166	CHASSISA02.RH	GUARD ASSY-FR WHEEL,RH
167	CHASSISA02.RH	GUARD ASSY-RR WHEEL,RH
168	CHASSISA03.LH	BRKT-ENGINE MTG
169	CHASSISA04.RH	SENSOR-OXYGEN(D4)
170	CHASSISA04.RH	SKID PLATE-FUEL TANK
171	S-RR.SUSP.LH	LINK ASST-RR STABILIZER BAR
172	S-RR.SUSP.LH	COMPLETE-RR C/MBR-RR SUSP ARM
173	S-RR.SUSP.LH	STABILIZER BAR ASSY-RR
174	S-RR.SUSP.RH	RR AXLE & BRAKE COMPL,LH
175	S-RR.SUSP.RH	RR AXLE & BRAKE COMPL,RH
176	S-RR.SUSP.LH	STRUT COMPLETE-RR,LH
177	S-RR.SUSP.LH	STRUT COMPLETE-RR,RH
178	S-RR.SUSP.LH	HOSE ASSY-RR BRAKE
179	S-RR.SUSP.RH	HOSE ASSY-RR BRAKE
180	S-FR.SUSP.	BRKT ASSY-ROLL STOPPER FR
181	S-FR.SUSP.	HOSE ASSY-FRT BRAKE,LH
182	S-FR.SUSP.	HOSE ASSY-FR BRAKE,RH
183	S-FR.SUSP.	STABILIZER BAR ASSY-FR (BARRAS)
184	S-FR.SUSP.	BRKT ASSY-ROLL STOPPER RR
185	S-FR.SUSP.	AXLE ASSY-FR,LH (DISCOS)
186	S-FR.SUSP.	AXLE ASSY-FR,RH (DISCOS)
187	S-FR.SUSP.	LINK ASSY-STABILIZER
188	S-FR.SUSP	BRAKE ASSY-FR,LH (MORDAZAS)
189	S-FR.SUSP	BRAKE ASSY-FR WHEEL,RH (MORDAZAS)
190	S-FR.SUSP.	HOSE COMPLETE-PRESS
191	S-FR.SUSP.	ARM COMPLETE-LWR,LH
192	S-FR.SUSP.	ARM COMPLETE-LWR,RH
193	S-FR.SUSP.	PIPE-RETURN ASSY/ HUARMILLA
194	S-FR.SUSP.	GEAR & LINKAGE ASSY-P/STRG
195	S-FR.SUSP.	CROSS MEMBER COMPL (CUNAS)
196	S-ENGINE	V-RIBBED BELT
197	S-ENGINE	BRKT ASSY-ROLL STOPPER FR
198	S-ENGINE	BRKT ASSY-ROLL STOPPER RR

199	S-ENGINE	COVER ASSY-CLUTCH
200	S-ENGINE	DISC ASSY-CLUTCH
201	S-ENGINE	VEHICLE SPEED-SENSOR ASSY
202	S-ENGINE	HOSE-SUCTION
203	S-ENGINE	HOSE-DISCHARGE
204	S-ENGINE	V-RIBBED BELT
205	S-ENGINE.	HOSE ASSY-VACUUM
206	S-ENGINE.	HOSE & VALVE ASSY-PCSV
207	S-ENGINE.LH	OIL PUMP ASSY-P/STRG
208	S-ENGINE.RH	STARTER ASSY
209	S-ENGINE.RH	COMPRESSOR ASSY
210	S-ENGINE.	BRKT-INMANI3
211	S-ENGINE.	BRKT-P/STRG 2
212	S-ENGINE.	BRKT-P/STRG 1
213	S-ENGINE.	BRKT-WIRING
214	S-ENGINE.	SHAF ASSY DRIVE RH
215	S-ENGINE.	SHAF ASSY DRIVE LH
216	S-ENGINE.	BRKT ASSY-T/PULLEY MTG
217	S-ENGINE.	V-RIBBED BELT
218	SUB-INTR.PNL.LH	CRASH PAD MAIN PNL
219	SUB-INTR.PNL.RH	BAR ASSY-COWL CROSS
220	SUB-INTR.PNL.RH	GLOVE BOX COMPLETE ASSY
221	SUB-INTR.PNL.RH	COVER ASSY-GL/BOX HOUSUNG UPR
222	SUB-INTR.PNL.RH	ASHTRAY ASSY
223	SUB-INTR.PNL.RH	PNL ASSY-CTR FACIA
224	SUB-INTR.PNL.RH	BRKT-AUDIO
225	SUB-INTR.PNL.RH	PNL ASSY-CLUSTER FACIA
226	SUB-INTR.PNL.RH	PASSENGER AIR BAG MODULE ASSY
227	SUB-INTR.PNL.RH	ASSIST-HDL C/PAD
228	SUB-INTR.PNL.RH	RLY BOX-MAIN
229	SUB-INTR.PNL.RH	BRKT-RELAY BOX MTG,LH
230	SUB-INTR.PNL.RH	BLANKING-RR FOG LAMP SWITCH
231	SUB-INTR.PNL.RH	SWITCH ASSY-HAZARD WRNG LAMP
232	SUB-INTR.PNL.RH	CLUSTER ASSY-INSTRUMENT
233	SUB-INTR.PNL.RH	CLOCK ASSY-DIGITAL
234	SUB-INTR.PNL.RH	ETACS ASSY
235	SUB-INTR.PNL.RH	UNIT ASSY-T/SIG FLASHER
236	SUB-INTR.PNL.RH	FEEDER ASSY-JOINT
237	SUB-INTR.PNL.RH	CONTROL ASSY-ROTARY HEATER
238	SUB-INTR.PNL.LH	CONN-HTR TO A/VENT DUCT
239	SUB-INTR.PNL.RH	HOSE-SIDE DEFROSTER,LH

240	SUB-INTR.PNL.RH	HOSE-SIDE DEFROSTER,RH
241	SUB-INTR.PNL.RH	DUCT ASSY-SIDE A/VENT,LH
242	SUB-INTR.PNL.RH	DUCT ASSY-SIDE A/VENT,RH
243	S-COLUMN.RH	COLUMN&U/JOINT ASSY-STRG
244	S-COLUMN.RH	BODY & SW ASSY-STRG & IGN LOCK
245	S-DR.MODULE	LATCH & ACTR ASSY-FR DR O/R,LH
246	S-DR.MODULE	LATCH & ACTUATOR ASSY-FR DR,RH
247	S-DR.MODULE.RH	REG ASSY-FR DR PWR WDW,LH
248	S-DR.MODULE.RH	REG ASSY-FR DR PWR WDW,RH
249	S-DR.MODULE.RH	REGULATOR ASSY-RR DR WDW,LH
250	S-DR.MODULE.RH	REGULATOR ASSY-RR DR WDW,RH
251	S-DR.MODULE	LATCH & ACTUATOR ASSY-RR DR,LH
252	S-DR.MODULE	LATCH & ACTUATOR ASSY-RR DR,RH
253	S-DR.MODULE	HDL ASSY-DR I/S,LH
254	S-DR.MODULE	HDL ASSY-DR I/S,RH
255	SUB-GLASS.LH	W/STRIP-T/GATE GLASS
256	SUB-GLASS.LH	WEATHER STRIP-TAIL GATE
257	SUB-GLASS.RH	GRIP ASSY-T/GATE GLASS
258	SUB-GLASS.RH	MOTOR & LINKAGE ASSY-RR WIPER
259	SUB-GLASS.RH	COVER-RR WIPER MOTOR OTR
260	SUB-GLASS.RH	ARM & BLADE ASSY-RR WIPER
261	SUB-GARNISH	SYMBOL MARK-KIA LOGO FR
262	SUB-GARNISH	GARNISH
263	S-FEM.LH	HOSE-RADIATOR LWR
264	S-FEM.LH	HOSE-RADIATOR UPR
265	S-FEM.RH	RESERVOIR ASSY-RADIATOR
266	S-FEM.RH	TUBE COMPLETE-COOLER
267	S-FEM.RH	LATCH ASSY-HOOD
268	S-FEM.RH	BRKT ASSY-R/GRILLE MTG
269	S-FEM.RH	BRKT-FR BPR SIDE UPR,LH
270	S-FEM.RH	BRKT-FR BPR SIDE UPR,RH
271	S-FEM.RH	BRKT-FR BUMPER CTR UPR
272	S-FEM.RH	BRKT A-W/SHLD WASHER RESERVOIR
273	S-FEM.LH	COOLING MODULE
274	S-FEM.LH	AIR GUARD,LH
275	S-FEM.LH	LAMP ASSY-HEAD,LH
276	S-FEM.LH	LAMP ASSY-HEAD,RH
277	S-FEM.RH	CARRIER ASSY-FR END MODULE
278	S-FEM.RH	BEAM ASSY-FR BUMPER
279	FINALA03.LH	BODY ASSY-ENG ROOM J/BOX
280	FINALA03.RH	TRIM ASSY-RR TRANSVERSE

281	FINALA05.LH	UNDER BODY SKID PLATE
282	FINALA06.LH	COVER ASSY CONSOLE RR
283	FINALA06.LH	LEVER ASSY-PARKING BRAKE
284	FINALA06.LH	KNOB ASSY
285	FINALA06.LH	CONSOLE ASSY FLOOR
286	FINALA06.LH	CONSOLE CENTRAL
287	FINALA06.RH	MOTOR & LINK ASSY-W/WPR LHD
288	FINALA06.RH	TRAY ASSY-BATTERY
289	FINALA06.RH	PNL ASSY-COWL COVER FR
290	FINALA07.LH	COVER ASSY-COWL TOP LHD
291	FINALA08.LH	LAMP ASSY-LUGGAGE & GLOVE
292	FINALA08.RH	COVER ASSY-ENGINE
293	FINALA08.RH	CLEANER COMPLETE-AIR
294	FINALA08.RH	HOSE ASSY-AIR INTAKE
295	FINALA08.RH	DUCT ASSY-AIR
296	FINALA08.RH	UPR COVER ASSY-E/ROOM J/BOX
297	FINALA09.LH	SWITCH ASSY-CONSOLE
298	FINALA09.LH	CAP ASSY-F/FILLER/MUELAS
299	FINALA09.LH	TRAY-LUGG SIDE,LH
300	FINALA09.RH	TRIM ASSY-LOAD FLR,FR
301	FINALA09.RH	TRIM ASSY-LOAD FLR
302	ALINEACION	DRIVER AIR BAG MODULE ASSY
303	FINALA11.LH	PNL ASSY-FR DR TRIM COMPL,LH
304	FINALA11.LH	PNL ASSY-RR DR TRIM COMPL,LH
305	FINALA11.LH	COVER ASSY-RR DR DELTA INR,LH
306	FINALA11.LH	COVER ASSY-DR QUADRANT INR,LH
307	FINALA11.LH	SWITCH ASSY-POWER WINDOW MAIN
308	FINALA11.LH	SWITCH ASSY-POWER WINDOW
309	FINALA11.LH	SWITCH ASSY-P/WINDOW ASSIST
310	FINALA11.LH	SWITCH ASSY-POWER WINDOW
311	FINALA11.RH	PNL ASSY-FR DR TRIM COMPL,RH
312	FINALA11.RH	PNL ASSY-RR DR TRIM COMPL,RH
313	FINALA11.RH	COVER ASSY-RR DR DELTA INR,RH
314	FINALA11.RH	COVER ASSY-DR QUADRANT INR,RH
315	FINALA12.LH	ARM & BLADE ASSY-W/WPR D/SIDE
316	FINALA12.LH	ARM & BLADE ASSY-W/SHLD WPR,RH
317	FINALA12.RH	TRAY-LUGG SIDE,RH
318	FINALA12.RH	BODY ASSY-STEERING WHEEL
319	BUMPER	COVER-FR FOG LAMP BLANKING,LH
320	BUMPER	COVER-FR FOG LAMP BLANKING,RH
321	BUMPER	LAMP ASSY-FR FOG,LH

322	BUMPER	LAMP ASSY-FR FOG,RH
323	BUMPER	BRKT-FR BUMPER SIDE,LH
324	BUMPER	BRKT-FR BUMPER SIDE,RH
325	BUMPER	BRKT-FR BUMPER SIDE SUPT,LH
326	BUMPER	BRKT-FR BUMPER SIDE SUPT,RH
327	BUMPER	LIP-FR BPR
328	BUMPER	ENERGY ABSORBER-RR BUMPER
329	BUMPER	RAIL ASSY-RR BUMPER
330	BUMPER	STEP ASSY-RR BPR
331	BUMPER	MESH-FR BUMPER CTR
332	BUMPER	GRILLE ASSY-RADIATOR

Fuente: Adaptado de Listado general de materiales. Elaborado por Aymesa S.A., 2014

Tabla 35: Lista de material para modelo Rio

RIO		
No.	Estación	Nombre de parte
1	TRIMA01.LH	CAÑERIA DE COMBUSTIBLE
2	TRIMA01.RH	CONJUNTO CAÑERIA NO. 1
3	TRIMA01.RH	MECANISMO DE DIRECCION
4	TRIMA01.RH	EJE INTERMEDIO DIRECCION
5	TRIMA02.RH	VARILLA CAPOT
6	TRIMA03.LH	CAUCHO CANAL VIDRIO DEL. IZQ.
7	TRIMA03.LH	CANAL DE VIDRIO IZQ.
8	TRIMA03.LH	TEMPLADOR PTA. POST. IZQ.
9	TRIMA03.LH	TEMPLADOR PTA. DEL. IZQ.
10	TRIMA03.LH	FRISO PTA. DEL. IZQ.
11	TRIMA03.LH	FRISO PTA. POST. IZQ.
12	TRIMA03.LH	ANTENA DE TECHO
13	TRIMA03.RH	CAUCHO CANAL VIDRIO DEL. DER.
14	TRIMA03.RH	CANAL DE VIDRIO DER.
15	TRIMA03.RH	TEMPLADOR PTA. DEL. DER.
16	TRIMA03.RH	TEMPLADOR PTA. POST. DER.
17	TRIMA03.RH	FRISO PTA. DEL. DER.
18	TRIMA03.RH	FRISO PTA. POST. DER.
19	TRIMA04.LH	MECAN. APERT.COMPUERTA Y TAP GASOL.
20	TRIMA04.LH	LAMPARA DE BAUL
21	TRIMA05.LH	PLACA GUARDAPOLVO
22	TRIMA05.LH	PEDAL DEL ACELERADOR
23	TRIMA05.LH	PEDALERA
24	TRIMA05.LH	WIRE ASSY-RELEASE

25	TRIMA05.LH	COMPUTADOR Y SOPORTE
26	TRIMA05.LH	SOPORTE RELE
27	TRIMA05.LH	JUNTA COLUMNA DIRECCION
28	TRIMA05.LH	GUARDAPOLVO
29	TRIMA05.LH	CUBIERTA
30	TRIMA05.LH	SOPORTE INF. COLUMNA DIR. DASH
31	TRIMA05.RH	CABLE DE EMBRAGUE
32	TRIMA05.RH	CABLE DE ACELERADOR
33	TRIMA05.RH	CILINDRO MAESTRO Y SERVO
34	TRIMA05.RH	CUBIERTA PILAR SUP. B IZQ.
35	TRIMA05.RH	BSTR & M/CYL ASSY
36	TRIMA05.RH	CUBIERTA PILAR SUP. B DER.
37	TRIMA06.LH	FRISO APERTURA. PTA. DEL. IZQ.
38	TRIMA06.LH	FRISO APERTURA. PTA. DEL. DER.
39	TRIMA06.LH	CUBIERTA PILAR A IZQ.
40	TRIMA06.LH	CUBIERTA PILAR C IZQ.
41	TRIMA06.LH	CUBIERTA PILAR INF. B IZQ.
42	TRIMA06.LH	COVER-SLZP ANCHOR
43	TRIMA06.LH	DESCANSA PIE
44	TRIMA06.LH	CINTURON 3P SEG. DEL. IZQ.
45	TRIMA06.LH	CINTURON 3P SEG. POST. IZQ.
46	TRIMA06.RH	CUBIERTA PILAR A DER.
47	TRIMA06.RH	CUBIERTA PILAR C DER.
48	TRIMA06.RH	CUBIERTA PILAR INF. B DER.
49	TRIMA06.RH	CINTURON 3P SEG. DEL. DER.
50	TRIMA06.RH	CINTURON 3P SEG. POST. DER.
51	TRIMA07.RH	HEATER UNIDAD
52	TRIMA07.RH	EVAP & BLOWER UNIT
53	TRIMA08.LH	CANAL CENTRAL IZQ.
54	TRIMA08.LH	ELEVAVIDRIO DEL. IZQ.
55	TRIMA08.LH	ELEVAVIDRIO ELECTRICO PTA. POST. IZQ.
56	TRIMA08.LH	CERRADURA PTA. DEL. IZQ.
57	TRIMA08.LH	CERRADURA PTA. POST. IZQ.
58	TRIMA08.LH	VARILLA SEG. PTA. IZQ.
59	TRIMA08.RH	CANAL CENTRAL DER.
60	TRIMA08.RH	ELEVAVIDRIO DEL. DER.
61	TRIMA08.RH	ELEVAVIDRIO ELECTRICO PTA. POST. DER.
62	TRIMA08.RH	CONJ. DE LLAVES Y CERRADURAS
63	TRIMA08.RH	CERRADURA PTA. DEL. DER.
64	TRIMA08.RH	CERRADURA PTA. POST. DER.
65	TRIMA08.RH	VARILLA SEG. PTA. DER.

66	TRIMA09.LH	MOTOR DE PLUMAS
67	TRIMA09.LH	MECANISMO PALANCA PLUMAS
68	TRIMA09.LH	TANQUE DE EXPANSION
69	TRIMA09.LH	SOPORTE TANQUE
70	TRIMA09.LH	CAÑERIA RET. DIR. HIDRAULICA
71	TRIMA09.LH	SOPORTE ARNES PRINCIPAL
72	TRIMA09.LH	PIPING ASSY
73	TRIMA09.LH	EVAP COVER
74	TRIMA09.LH	HOSE DRAIN
75	TRIMA09.LH	LAMPARA DE SALON
76	TRIMA09.LH	EXPANSION VALVE
77	TRIMA09.RH	CANISTER
78	TRIMA09.RH	TAPIZADO BANDEJA POSTERIOR
79	TRIMA09.RH	GUIA DER.
80	TRIMA09.RH	GUIA IZQ.
81	TRIMA09.RH	MANGUERA DE CALEFACCION NO. 2
82	TRIMA09.RH	CUBIERTA PNL. INSTR. LAT. IZQ.
83	TRIMA09.RH	CUBIERTA PNL. INSTR. LAT. DER.
84	TRIMA09.RH	LAMPARA 3ER STOP
85	TRIMA09.RH	MANGUERA DE CALEFACCION NO. 1
86	TRIMA09.RH	RESERVORIO-BOMBA LIMP. PARABRISAS
87	TRIMA09.RH	MANGUERA BOTAGUAS NO.1
88	TRIMA09.RH	MANGUERA BOTAGUAS NO.2
89	TRIMA09.RH	CONDENSER ASSY
90	TRIMA09.RH	MANIJA TECHO
91	TRIMA09.RH	MANIJA TECHO
92	TRIMA10.LH	MOLDURA PARABRISAS DEL.
93	TRIMA10.LH	CAUCHO PARABRISAS POST.
94	TRIMA10.LH	ESPEJO RETROVISOR INT.
95	TRIMA11.LH	VOLANTES
96	TRIMA11.LH	CUBIERTA SUP. COLUMNA DIR.
97	TRIMA11.LH	CUBIERTA ZOCALO DEL. IZQ.
98	TRIMA11.LH	CUBIERTA ZOCALO POST. IZQ.
99	TRIMA11.LH	TAPICERA-BOVEDA POST. IZQ.
100	TRIMA11.LH	FELPA INT. PTA. POST. IZQ.
101	TRIMA11.LH	PROTECTOR-PERILLA IZQ.
102	TRIMA11.LH	MANZANA PALANCA DIRECCIONALES
103	TRIMA11.LH	MANIJA INT. PTA. POST. IZQ.
104	TRIMA11.LH	FRISO APERTURA. PTA. POST. IZQ.
105	TRIMA11.RH	CUBIERTA INF. COLUMNA DIR.
106	TRIMA11.RH	CUBIERTA ZOCALO DEL. DER.

107	TRIMA11.RH	CUBIERTA ZOCALO POST. DER.
108	TRIMA11.RH	TAPICERA-BOVEDA POST. DER.
109	TRIMA11.RH	FRISO APERTURA. PTA. POST. DER.
110	TRIMA11.RH	FELPA INT. PTA. POST. DER.
111	TRIMA11.RH	PROTECTOR-PERILLA DER.
112	TRIMA11.RH	MANIJA INT. PTA. POST. DER.
113	TRIMA12.LH	FELPA INT. PTA. DEL. IZQ.
114	TRIMA12.LH	PARASOL IZQ.
115	TRIMA12.RH	PARASOL DER.
116	TRIMA12.LH	MANIJA INT. PTA. DEL. IZQ.
117	TRIMA12.RH	FELPA INT. PTA. DEL. DER.
118	TRIMA12.RH	MANIJA INT. PTA. DEL. DER.
119	TRIMA12.LH	AMORT. MC PHERSON DEL. IZQ.
120	TRIMA12.LH	AMORT. MC PHERSON DEL. DER.
121	TRIMA13.RH	FRISO DER. CAPOT
122	TRIMA13.RH	FRISO IZQ. CAPOT
123	TRIMA13.RH	DUCTO-EXTRACCION
124	TRIMA13.RH	SEGURO COMPTA. BAUL
125	TRIMA13.RH	GAVETA
126	TRIMA13.RH	CUBIERTA EXT DER.
127	TRIMA13.RH	CUBIERTA DER. SUPERIOR
128	TRIMA13.RH	CUBIERTA IZQ. SUPERIOR
129	TRIMA13.RH	FRISO CAPO
130	TRIMA13.RH	CAÑERIA DE FRENO DEL. DER.
131	TRIMA13.RH	CAÑERIA DE FRENO DEL. IZQ.
132	TRIMA13.RH	VALVULA PROP. FRENOS
133	TRIMA13.RH	PESTILLO-PUERTA
134	TRIMA13.RH	PESTILLO-COMPUERTA
135	TRIMA13.RH	CAÑERIA DE FRENO
136	TRIMA13.RH	CAÑERIA DE FRENO
137	TRIMA13.RH	FAN MOTOR ASSY
138	TRIMA13.RH	PIPE COOELR NO.2
139	TRIMA13.RH	FLEXIBLE HOSE - HIGH
140	TRIMA14.RH	FRISO CAPO-REJILLA PIANO
141	TRIMA14.LH	MOLDURA TECHO IZQ.
142	TRIMA14.RH	MOLDURA TECHO DER.
143	TRIMA14.RH	FRISO BAUL
144	TRIMA14.LH	FARO POST. IZQ.
145	TRIMA14.RH	FARO POST. DER.
146	CHASSISA01.LH	MANGUERA DE COMBUSTIBLE
147	CHASSISA01.LH	CORREA TANQUE CBT.

148	CHASSISA01.LH	CORREA TANQUE CBT.
149	CHASSISA01.LH	CBTA. GUARDABARRO POST. IZQ.
150	CHASSISA01.RH	CBTA. GUARDABARRO POST. DER.
151	CHASSISA01.RH	GUARDABARRO DEL. DER.
152	CHASSISA02.LH	GUARDABARRO DEL. IZQ.
153	CHASSISA02.LH	LIMITADOR AMORT. IZQ.
154	CHASSISA02.RH	BARRA TRANSVERSAL
155	CHASSISA02.RH	TANQUE DE COMBUSTIBLE
156	CHASSISA02.RH	LIMITADOR AMORT. DER.
157	CHASSISA03.LH	BARRA TENSIONADORA IZQ.
158	CHASSISA03.LH	PALANCA DE CAMBIO
159	CHASSISA03.LH	BARRA TENSIONADORA DER.
160	CHASSISA04.LH	CONJUNTO ESTABILIZADOR
161	CHASSISA04.LH	SOPORTE MOTOR
162	CHASSISA05.RH	CAUCHO SOPORTE
163	CHASSISA05.RH	SOPORTE CAÑERIA
164	CHASSISA05.RH	RESTRICTOR DE AIRE
165	CHASSISA05.RH	CAUCHO SOPORTE
166	CHASSISA05.RH	CUBIERTA PLASTICA
167	S-RR.AXLE.RH	MANGUERA FLEXIBLE POST.
168	S-RR.AXLE.RH	FRENO COMPLETO POST. IZQ.
169	S-RR.AXLE.RH	FRENO COMPLETO POST. DER.
170	S-RR.AXLE.RH	EJE POSTERIOR
171	S-RR.AXLE.RH	CAÑERIA DE FRENO POST. DER.
172	S-RR.AXLE.RH	CAÑERIA DE FRENO POST. IZQ.
173	S-RR.AXLE.RH	CAUCHO SOPORTE SUPERIOR
174	S-ENGINE.LH	SOPORTE MOTOR NO. 2
175	S-ENGINE.LH	BOMBA DIR. HIDRAULICA
176	S-ENGINE.LH	MANGUERA DE AGUA SUPERIOR
177	S-ENGINE.LH	MANGUERA DE AGUA INFERIOR
178	S-ENGINE.LH	PROTECTOR DE CALOR
179	S-ENGINE.LH	SOPORTE BOMBA
180	S-ENGINE.LH	MANGUERA DE SUCCION
181	S-ENGINE.LH	AIRE ACONDICIONADO
182	S-ENGINE.LH	BRKT ASSY COMPRESSOR
183	S-ENGINE.LH	COMPRESSOR
184	S-ENGINE.LH	BELT-V RIB/A C&P/S
185	S-ENGINE.RH	TROMPO DE VELOCIMETRO
186	S-ENGINE.RH	SENSOR ANG. CIGUEÑAL
187	S-ENGINE.RH	SOPORTE MULTIPLE
188	S-ENGINE.RH	BRKT ASSY ROLL STOPPER,R

189	S-ENGINE.RH	BRKT ASSY ROLL STOPPER,F
190	S-ENGINE.RH	MOTOR DE ARRANQUE
191	S-ENGINE.RH	SOPORTE CAJA
192	S-ENGINE.RH	INTENSIFIER & PIPE ASSY-
193	S-ENGINE.RH	EJE DEL. IZQ.
194	S-ENGINE.RH	EJE DEL. DER.
195	S-ENGINE.RH	SOPORTE CABLE
196	S-ENGINE.RH	SOPORTE-MOTOR
197	S.DR.MODULE	CAUCHO-VIDRIO CUARTO DER.
198	S.DR.MODULE	CAUCHO-VIDRIO CUARTO IZQ.
199	S.DR.MODULE	SOPORTE VIDRIO PTA. POST.
200	S-INST.PNL.RH	PANEL CTR. CONSOLA
201	S-INST.PNL.RH	HOUSING ASSY-CLUSTER
202	S-INST.PNL.RH	CUBIERTA FUSIBLERA
203	S-INST.PNL.RH	PANEL INDICADOR-INSTRUMENTOS
204	S-INST.PNL.RH	SOPORTE RELE
205	S-INST.PNL.RH	JOINT FEEDER-MANUAL
206	S-INST.PNL.RH	DUCTO DE VENTILACION IZQ.
207	S-INST.PNL.RH	UNIDAD CONTROL CALEFACCION
208	S-INST.PNL.RH	TAPIZADO-TECHO
209	S-INST.PNL.LH	PANEL DE INSTRUMENTOS
210	S-INST.PNL.RH	DUCTO AIRE DESEMPAÑADOR
211	S-INST.PNL.RH	DUCTO DE VENTILACION DER.
212	S-GARNISH	LAMPARA DE PLACAS
213	S-GARNISH	LUNA PLASTICA IZQ.
214	S-GARNISH	LUNA PLASTICA DER.
215	S-GARNISH	SELLO ADHESIVO
216	S-GARNISH	ADHESIVO DE MOLDURA
217	S-GARNISH	SELLO LUNA IZQ.
218	S-GARNISH	SELLO LUNA DER.
219	S-GARNISH	BASE
220	S-GARNISH	TORNILLO
221	S-GARNISH	FOCO CON CABLES
222	S-O.MIRROR	BASE ESPEJO EXT. DER.
223	S-O.MIRROR	BASE ESPEJO EXT. IZQ.
224	S-O.MIRROR	ESPEJO EXT. DER.
225	S-O.MIRROR	ESPEJO EXT. IZQ.
226	S-O.MIRROR	ABSORVEDOR DE ENERGIA
227	FEM.LH	ELECTROVENTILADOR
228	FINALA01.LH	AMORTIGUADOR-EMBRAGUE
229	FINALA01.LH	FARO DELANTERO IZQ.

230	FINALA01.RH	FARO DELANTERO DER.
231	FINALA03.LH	MANGUERA PRINCIPAL DE COMBUST.
232	FINALA03.RH	RESEVORIO DIR. HIDRAULICA
233	FINALA03.RH	SOPORTE SUP. RADIADOR
234	FINALA04.RH	TUERCA DE RUEDAS
235	FINALA05.RH	TAPACUBO
236	FINALA06.LH	CUBIERTA AGUJ. SERVICIO
237	FINALA06.LH	PALANCA FRENO DE MANO
238	FINALA06.LH	PORTAVASO IZQ.
239	FINALA06.LH	PORTAVASO DER.
240	FINALA06.LH	GUARDAPOLVO FRENO MANO
241	FINALA06.LH	CONSOLA DELANTERA
242	FINALA06.RH	FELPA EXT. PTA DEL. DER.
243	FINALA06.RH	COBERTOR PTA. DEL. DER.
244	FINALA06.RH	FELPA EXT. PTA DEL. DER.
245	FINALA07.LH	PERILLA PALANCA DE CAMBIO
246	FINALA07.LH	SOPORTE CONSOLA POST.
247	FINALA07.LH	FELPA EXT. PTA DEL. IZQ.
248	FINALA07.LH	COBERTOR PTA. DEL. IZQ.
249	FINALA07.LH	FELPA EXT. PTA DEL. IZQ.
250	FINALA07.RH	BRKT-PARK CABLE
251	FINALA07.RH	SOPORTE CONSOLA DEL.
252	FINALA09.LH	CUBIERTA POST. BAUL
253	FINALA09.LH	MARIPOSA LLANTA EMERGENCIA
254	FINALA09.LH	TAPA INT. COMBUSTIBLE
255	FINALA10.LH	CUBIERTA MOTOR
256	FINALA10.LH	CUBIERTA PERNO ANCL. No. 1
257	FINALA10.LH	CINT. SEG. POST. CTR. IZQ.
258	FINALA10.LH	CINT. SEG. POST. CTR. DER.
259	FINALA10.RH	CUBIERTA PERNO ANCL. No. 4
260	ALINEACION	CUBIERTA N° CHASIS
261	ALINEACION	TAPA-PITO
262	FINALA11.LH	MEC. BRAZO Y PLUMA IZQ.
263	FINALA11.LH	MEC. BRAZO Y PLUMA DER.
264	FINALA11.LH	BANDEJA BATERIA
265	FINALA11.RH	DUCTO DE AIRE
266	FINALA12.LH	CUBIERTA SUPERIOR
267	BUMPER	REJILLA RADIADOR NO. 1
268	BUMPER	PLACA LAT. IZQ. G-CHOQUE DEL.
269	BUMPER	PLACA LAT. DER. G-CHOQUE DEL.
270	BUMPER	AMORTIGUADOR DE ENERGIA DEL.

271	BUMPER	VIGA G-CHOQUE DEL.
272	BUMPER	VIGA G-CHOQUE POST.
273	BUMPER	AMORTIGUADOR DE ENERGIA POST.
274	BUMPER	PLACA IZQ. G-CHOQUE POST.
275	BUMPER	PLACA DER. G-CHOQUE POST.
276	BUMPER	PLACA IZQ. NO. 2 G-CHOQUE POST.
277	BUMPER	PLACA DER. NO. 2 G-CHOQUE POST.

Fuente: Adaptado de Listado general de materiales. Elaborado por Aymesa S.A., 2014

Tabla 36: Lista de materiales modelo Cerato

CERATO		
No.	Estación	Nombre de parte
1	TRIMA02.LH	INSULATOR-FENDER,LH
2	TRIMA02.LH	BASE ASSY-DR O/S HDL,LH
3	TRIMA02.LH	BASE ASSY-DR O/S HDL,RH
4	TRIMA02.RH	BRKT ASSY-T/M MTG
5	TRIMA02.RH	BRKT ASSY-ENGINE MTG
6	TRIMA02.RH	BRKT ASSY-AIR INTAKE
7	TRIMA02.RH	BRKT ASSY-RESERVOIR MTG
8	TRIMA02.RH	ROD ASSY-HOOD STAY
9	TRIMA02.RH	INSULATOR-FENDER,RH
10	TRIMA02.RH	SEAL STRIP ASSY-HOOD
11	TRIMA02.RH	FR STRIP ASSY-HOOD
12	TRIMA03.LH	CHECKER ASSY-RR DR,LH
13	TRIMA03.LH	CHECKER ASSY-FR DR,LH
14	TRIMA03.LH	W/STRIP ASSY-FR DR SIDE,LH
15	TRIMA03.LH	W/STRIP ASSY-RR DR SIDE,LH
16	TRIMA03.LH	EXTN-COWL SIDE MTG,LH
17	TRIMA03.LH	ANTENNA ASSY-ROOF
18	TRIMA03.LH	BASE ASSY-HOOD LATCH REL,LH
19	TRIMA03.LH	MLDG-RR DR SIDE W/STRIP MTG
20	TRIMA03.RH	CHECKER ASSY-FR DR,RH
21	TRIMA03.RH	CHECKER ASSY-RR DR,RH
22	TRIMA03.RH	W/STRIP ASSY-FR DR SIDE,RH
23	TRIMA03.RH	W/STRIP ASSY-RR DR SIDE,RH
24	TRIMA03.RH	EXTN-COWL SIDE MTG,RH
25	TRIMA03.RH	MLDG-RR DR SIDE W/STRIP MTG
26	TRIMA04.LH	CABLE ASSY-MTM
27	TRIMA04.LH	CABLE ASSY-TRUNK LID REL,LH
28	TRIMA04.LH	CATCH & CABLE ASSY-F/FILLER DR

29	TRIMA04.LH	HDL ASSY-F/F T/LID REL,LHD
30	TRIMA04.RH	FEEDER CABLE-ANTENNA
31	TRIMA05.LH	CABLE&HDL ASSY-HOOD LATCH REL
32	TRIMA05.LH	UNIT ASSY-A/BAG CONTROL
33	TRIMA05.LH	PEDAL ASSY-ACCELERATOR
34	TRIMA05.LH	TUBE-MASTER CYLINDER TO FR,LH
35	TRIMA05.RH	RESERVOIR & PUMP ASSY-W/WASHER
36	TRIMA05.RH	PEDAL ASSY-BRAKE
37	TRIMA05.RH	PEDAL ASSY-CLUTCH
38	TRIMA05.RH	TUBE ASSY
39	TRIMA06.LH	DUCT ASSY-RR HEATING,LH
40	TRIMA06.LH	TRIM ASSY-FR PLR,LH
41	TRIMA06.RH	TRIM ASSY-FR PLR,RH
42	TRIMA06.LH	HDL ASSY-ROOF ASSIST RR,LH
43	TRIMA06.LH	SHOWER DUCT,LH
44	TRIMA06.RH	BRKT ASSY-FLR CONSOLE FR MTG
45	TRIMA06.LH	BRKT - A/HDL MT`G FRT,RH
46	TRIMA06.LH	BRKT-A/HDL MTG RR,RH
47	TRIMA06.LH	BRKT-A/HDL MTG RR,LH
48	TRIMA06.LH	COVER ASSY-C/PAD SIDE MTG,RH
49	TRIMA06.LH	ISO PAD-FLOOR TUNNEL,LH
50	TRIMA06.RH	DUCT ASSY-RR HEATING,RH
51	TRIMA06.RH	HDL ASSY-ROOF ASSIST
52	TRIMA06.RH	ISO PAD-FLOOR TUNNEL,RH
53	TRIMA07.LH	HEAD LINING ASSY
54	TRIMA08.LH	RUN ASSY-FR DR WDW GLASS,LH
55	TRIMA08.LH	RUN ASSY-RR DR WDW GLASS,LH
56	TRIMA08.LH	RUN&CHNL ASSY-R/D DELTA LWR,LH
57	TRIMA08.LH	CHNL & RUN ASSY-FR DR RR,LH
58	TRIMA08.LH	MODULE ASSY-FR DR,LH
59	TRIMA08.LH	MODULE ASSY-RR DR,LH
60	TRIMA08.RH	MODULE ASSY-FR DR,RH
61	TRIMA08.RH	MODULE ASSY-RR DR,RH
62	TRIMA08.RH	RUN ASSY-FR DR WDW GLASS,RH
63	TRIMA08.RH	RUN ASSY-RR DR WDW GLASS,RH
64	TRIMA08.RH	RUN&CHNL ASSY-R/D DELTA LWR,RH
65	TRIMA08.RH	SENSOR ASSY-FR IMPACT
66	TRIMA08.RH	TUBE ASSY-RETURN
67	TRIMA08.RH	CHANNEL ASSY-FR DR RR,RH
68	TRIMA09.LH	TRIM ASSY-CTR PILLAR UPR,LH
69	TRIMA09.LH	TRIM ASSY-CTR PLR LWR,LH

70	TRIMA09.LH	SEAT BELT ASSY-FR P/T 3PT,LH
71	TRIMA09.LH	SEAT BELT ASSY-RR ,LH
72	TRIMA09.LH	LEVER ASSY-T.G.S
73	TRIMA09.LH	TRIM ASSY-RR PACKAGE TRAY
74	TRIMA09.LH	HEIGHT ADJUSTER ASSY-FR S/BELT
75	TRIMA09.RH	HEIGHT ADJUSTER ASSY-FR S/BELT
76	TRIMA09.RH	REST-FOOT
77	TRIMA09.RH	TRIM ASSY-CTR PLR UPR,RH
78	TRIMA09.RH	TRIM ASSY-CTR PLR LWR,RH
79	TRIMA09.RH	SEAT BELT ASSY-FR P/T 3PT,RH
80	TRIMA09.RH	SEAT BELT ASSY-RR ELR 3PT,RH
81	TRIMA10.LH	MLDG ASSY-W/S GLASS
82	TRIMA10.LH	MLDG ASSY-RR WDW GLASS
83	TRIMA10.LH	MIRROR ASSY-I/S RR VIEW
84	TRIMA11.LH	TUBE ASSY-SUCTION & LIQUID
85	TRIMA11.LH	RESERVOIR&HOSE ASSY-P/STEERING
86	TRIMA11.LH	SHROUD ASSY-STEERING COL UPR
87	TRIMA11.LH	SHROUD ASSY-STRG CLMN LWR
88	TRIMA11.LH	GARNISH ASSY-ROOF SIDE,LH
89	TRIMA11.RH	LAMP ASSY-ROOM
90	TRIMA11.LH	SWITCH ASSY-MULTI FUNCTION
91	TRIMA11.LH	CONTACT ASSY-CLOCK SPRING
92	TRIMA11.LH	HOSE ASSY-WATER INLET
93	TRIMA11.LH	HOSE ASSY-WATER OUTLET
94	TRIMA11.LH	CAÑERIA CILINDRO MASTER DEL.DER.
95	TRIMA11.RH	STRIKER ASSY-DR
96	TRIMA11.RH	GARNISH ASSY-ROOF SIDE,RH
97	TRIMA11.RH	HOSE ASSY-WINDSHIELD WASHER
98	TRIMA11.RH	SUNVISOR ASSY,LH
99	TRIMA11.RH	SUNVISOR,RH
100	TRIMA11.LH	TUBE-MASTER CYLINDER TO FR,LH
101	TRIMA12.LH	DUCT-RR,LH
102	TRIMA12.LH	HDL-HOOD RELEASE,LH
103	TRIMA12.LH	W/STRIP-FR DR BODY SIDE,LH
104	TRIMA12.LH	W/STRIP-RR DR BODY SIDE,LH
105	TRIMA12.LH	PNL ASSY-C/PAD LWR,LH
106	TRIMA12.LH	COVER ASSY-C/PAD SIDE MTG,RH
107	TRIMA12.LH	TRIM ASSY-COWL SIDE,LH
108	TRIMA12.LH	TRIM ASSY-FR DR SCUFF,LH
109	TRIMA12.LH	TRIM ASSY-RR DR SCUFF,LH
110	TRIMA12.LH	TRIM ASSY-RR PLR,LH

111	TRIMA12.LH	LATCH ASSY-TRUNK LID
112	TRIMA12.LH	BRKT ASSY-FR BUMPER SIDE,LH
113	TRIMA12.LH	BRKT ASSY-FR BUMPER SIDE,RH
114	TRIMA12.LH	GRILLE ASSY-AIR EXTRACTOR
115	TRIMA12.RH	DUCT-RR,RH
116	TRIMA12.RH	W/STRIP-FR DR BODY SIDE,RH
117	TRIMA12.RH	W/STRIP-RR DR BODY SIDE,RH
118	TRIMA12.RH	TRIM ASSY-COWL SIDE,RH
119	TRIMA12.RH	TRIM ASSY-FR DR SCUFF,RH
120	TRIMA12.RH	TRIM ASSY-RR DR SCUFF,RH
121	TRIMA12.RH	TRIM ASSY-RR PLR,RH
122	TRIMA13.LH	W/STRIP ASSY-FR DR BELT O/S,LH
123	TRIMA13.LH	W/STRIP-FR DR BELT I/S,LH
124	TRIMA13.LH	SEAL-FR DR TRIM
125	TRIMA13.LH	PAD-FR DR S/IMPACT,LH
126	TRIMA13.LH	W/STRIP ASSY-RR DR BELT O/S,LH
127	TRIMA13.LH	W/STRIP-RR DR BELT I/S,LH
128	TRIMA13.LH	SEAL-RR DR TRIM
129	TRIMA13.LH	MLDG ASSY-RR DR DELTA,LH
130	TRIMA13.LH	SPEAKER ASSY-FR DR,LH
131	TRIMA13.LH	TRIM ASSY-RR PLR,LH
132	TRIMA13.LH	TRIM ASSY-RR PLR,RH
133	TRIMA13.LH	LAMP ASSY-LICENSE PLATE
134	TRIMA13.RH	W/STRIP ASSY-FR DR BELT O/S,RH
135	TRIMA13.RH	W/STRIP-FR DR BELT I/S,RH
136	TRIMA13.RH	SEAL-FR DR TRIM,RH
137	TRIMA13.RH	PAD-FR DR S/IMPACT,RH
138	TRIMA13.RH	W/STRIP ASSY-RR DR BELT O/S,RH
139	TRIMA13.RH	W/STRIP-RR DR BELT I/S,RH
140	TRIMA13.RH	SEAL-RR DR TRIM,RH
141	TRIMA13.RH	MLDG ASSY-RR DR DELTA,RH
142	TRIMA13.RH	SPEAKER ASSY-FR DR,RH
143	TRIMA14.LH	COVER ASSY-FLR CONSOLE SIDE,LH
144	TRIMA14.LH	TRIM ASSY-LUGGAGE PARTITION
145	TRIMA14.LH	BRKT ASSY-RR BUMPER SIDE,LH
146	TRIMA14.LH	LAMP ASSY-LUGGAGE & GLOVE
147	TRIMA14.RH	COVER ASSY-FLR CONSOLE SIDE,RH
148	TRIMA14.RH	BRKT ASSY-RR BUMPER SIDE,RH
149	TRIMA14.RH	LAMP ASSY-RR COMBI,LH
150	TRIMA14.RH	LAMP ASSY-RR COMBI,RH
151	TRIMA14.RH	COMB/LAMP ASSY-RR O/S,LH

152	TRIMA14.RH	COMB/LAMP ASSY-RR O/S,RH
153	CHASSISA01.LH	FILLER NECK & HOSE ASSY
154	CHASSISA01.LH	PNL-HEAT PROTECTOR RR MAIN
155	CHASSISA01.LH	BUMPER-URETHENE
156	CHASSISA01.LH	SHOCK ABSORBER ASSY-RR
157	CHASSISA01.LH	GUARD ASSY-FR WHEEL,LH
158	CHASSISA01.LH	TUBE ASSY-FUEL & BRAKE
159	CHASSISA01.LH	FUEL TANK COMPLETE
160	CHASSISA01.LH	GUARD ASSY-FR WHEEL,RH
161	CHASSISA01.RH	GUARD ASSY-RR DEFLECTOR,RH
162	CHASSISA02.LH	PNL-HEAT PROTECTOR FR
163	CHASSISA02.LH	GUARD ASSY-RR WHEEL,LH
164	CHASSISA02.LH	PNL-SIDE COVER,LH
165	CHASSISA02.LH	GUARD ASSY-RR DEFLECTOR,LH
166	CHASSISA02.RH	GUARD ASSY-RR WHEEL,RH
167	CHASSISA02.RH	BRKT-SUPPORT ENGINE MTG
168	CHASSISA02.RH	PNL-SIDE COVER,RH
169	CHASSISA03.LH	STAY-LH
170	CHASSISA03.RH	STAY-RH
171	S-RR.SUSP	STAY-RR C.T.B.A,LH
172	S-RR.SUSP	HOSE ASSY-RR BRAKE,RH
173	S-RR.SUSP	TUBE-RR HOSE TO RR,RH
174	S-RR.SUSP	STAY-RR C.T.B.A,RH
175	S-RR.SUSP	TUBE-RR HOSE TO RR,LH
176	S-RR.SUSP	HOSE ASSY-RR BRAKE,LH
177	S-RR.SUSP	BRAKE&CABLE ASSY-RR PARKING,LH
178	S-RR.SUSP	TORSION BEAM AXLE COMPLETE
179	S-RR.SUSP	HUB & BEARING ASSY-RR
180	S-RR.SUSP	BRAKE&CABLE ASSY-RR PARKING,RH
181	S-RR.SUSP	TAMBOR DE FRENO
182	S-FR.SUSP	LINK ASSY-STABILIZER
183	S-FR.SUSP	ARM COMPLETE-LWR,LH
184	S-FR.SUSP	ARM COMPLETE-LWR,RH
185	S-FR.SUSP	CROSS MEMBER COMPL
186	S-FR.SUSP	FR AXLE & BRAKE COMPL,LH
187	S-FR.SUSP	FR AXLE & BRAKE COMPL,RH
188	S-FR.SUSP	GEAR & LINKAGE ASSY-P/STRG
189	S-FR.SUSP	PRESSURE HOSE COMPL-STEERING
190	S-FR.SUSP	TUBE-RETURN
191	ENGINE	BRKT ASSY-CLUTCH FLUID LINE
192	ENGINE	BRKT ASSY-ROLL STOPPER FR

193	ENGINE	BRKT ASSY-ROLL STOPPER RR
194	ENGINE	BRKT ASSY-SHIFT CONTROL CABLE
195	ENGINE	DISC ASSY-CLUTCH
196	ENGINE	HOSE ASSY-VACUUM
197	ENGINE	HOSE-DISCHARGE
198	ENGINE	OIL PUMP ASSY-P/STRG
199	ENGINE	SHAFT ASSY-DRIVE,LH
200	ENGINE	SHAFT ASSY-DRIVE,RH
201	ENGINE	STARTER ASSY
202	ENGINE	V-RIBBED BELT
203	ENGINE	COVER ASSY-CLUTCH
204	ENGINE	COMPRESSOR ASSY
205	ENGINE	SENSOR-OXYGEN
206	ENGINE	BRKT-ROLL SUPT,FR
207	ENGINE	HEAT PROTECTOR
208	ENGINE	VEHICLE SPEED-SENSOR ASSY
209	ENGINE	BRKT-ROLL SUPT, RR
210	ENGINE	CYLINDER & TUBE ASSY
211	S-INST.PNL	PNL ASSY-LWR CRASH PAD,RH
212	S-INST.PNL	PNL ASSY-CTR FACIA UPR
213	S-INST.PNL	PNL ASSY-CLUSTER FACIA
214	S-INST.PNL	HOUSING ASSY-GLOVE BOX
215	S-INST.PNL	CONNECTOR-HEATER & A/VENT DUCT
216	S-INST.PNL	BOX ASSY-I.C.M RELAY
217	S-INST.PNL	CLUSTER ASSY-INSTRUMENT
218	S-INST.PNL	UNIT ASSY-B.C.M
219	S-INST.PNL	DUCT ASSY-SIDE A/VENT,RH
220	S-INST.PNL	J/BOX ASSY-I/PNL LH
221	S-INST.PNL	CLOCK ASSY-DIGITAL
222	S-INST.PNL	NOZZLE ASSY-CTR A/VENT,RH
223	S-INST.PNL	CONTROL ASSY-HEATER ROT
224	S-INST.PNL	NOZZLE ASSY-CTR A/VENT,LH
225	S-INST.PNL	PASSENGER AIRBAG MODULE ASSY
226	S-INST.PNL	FEEDER CABLE-RADIO(C/PAD)
227	S-INST.PNL	CRASH PAD MAIN ASSY
228	S-INST.PNL	BAR ASSY-COWL CROSS
229	S-INST.PNL	HEATER COMPLETE ASSY
230	S-INST.PNL	DUCT ASSY-SIDE A/VENT,LH
231	S-INST.PNL	COLUMN & U/JOINT ASSY-STRG
232	S-INST.PNL	KEY SET
233	S-O.MIRROR	MIRROR ASSY-O/S RR VIEW,RH(CKD)

234	S-O.MIRROR	MIRROR ASSY-O/S RR VIEW,LH(CKD
235	S-FEM	AIR GUARD,LH
236	S-FEM	BRKT-FR BUMPER UPR SIDE MTG,RH
237	S-FEM	CABLE&HDL ASSY-HOOD LATCH REL
238	S-FEM	BRKT ASSY-RADIATOR UPR MTG
239	S-FEM	HOSE-RADIATOR UPR
240	S-FEM	HORN ASSY-LOW PITCH
241	S-FEM	AIR GUARD,RH
242	S-FEM	HOSE-RADIATOR LWR
243	S-FEM	LATCH ASSY-HOOD
244	S-FEM	BRKT-FR BUMPER UPR SIDE MTG,LH
245	S-FEM	BEAM ASSY-FR BUMPER
246	S-FEM	CARRIER ASSY-FR END MODULE
247	S-FEM	COOLING MODULE
248	S-FEM	LAMP ASSY-HEAD,RH
249	S-FEM	LAMP ASSY-HEAD,LH
250	FINALA01.LH	MOTOR & LINK ASSY-W/WPR LHD
251	FINALA04.LH	NUT ASSY-HUB
252	FINALA04.LH	PNL-UNDER COVER FR
253	FINALA04.RH	BRKT-AIR GUIDE
254	FINALA04.RH	PNL-UNDER COVER,LH
255	FINALA04.RH	PNL-UNDER COVER,RH
256	FINALA04.RH	CAP-FR SHOCK ABSORBER
257	FINALA04.RH	CAP ASSY WHEEL HUB
258	FINALA06.LH	LEVER ASSY-PARKING BRAKE
259	FINALA06.LH	COVER-FUEL PUMP A/S
260	FINALA06.RH	TRAY ASSY-BATTERY
261	FINALA06.RH	COMPLETE ASSY-CONSOLE
262	FINALA07.LH	PLATE-CONSOLE UPR COVER
263	FINALA07.LH	BRKT ASSY-FLR CONSLOE RR MTG
264	FINALA07.LH	O.V.M ASSY-JACK & HOOK
265	FINALA07.LH	COVER ASSY-RR DR DELTA INR,LH
266	FINALA07.LH	COVER ASSY-FR DR QDRNT INR,LH
267	FINALA07.LH	COVER ASSY-RR DR DELTA INR,RH
268	FINALA07.LH	COVER ASSY-FR DR QDRNT INR,RH
269	FINALA07.RH	COVER ASSY-COWL TOP
270	FINALA08.LH	COMPUTER & BRKT ASSY, ECU
271	FINALA08.LH	CLEANER ASSY-AIR
272	FINALA08.LH	DUCT ASSY-AIR
273	FINALA08.LH	HOSE ASSY-AIR INTAKE
274	FINALA08.LH	COVER-C/TOP SIDE,LH

275	FINALA08.LH	COVER-C/TOP SIDE,RH
276	FINALA09.LH	CAP ASSY-F/FILLER
277	FINALA09.LH	MOULDING ASSY-FR BPR LIC/PLATE
278	FINALA09.LH	WEATHER STRIP-TRUNK LID
279	FINALA09.RH	TRIM ASSY-RR TRANSVERSE
280	FINALA10.LH	BUCKLE & TONGUE ASSY-RR S/BELT
281	FINALA10.LH	DOUBLE BUCKLE ASSY-RR S/BELT
282	FINALA10.LH	COVER ASSY-ENGINE
283	ALINEACION	DRIVER AIR BAG MODULE ASSY
284	FINALA11.LH	PNL ASSY-FR DR TRIM COMPL,LH
285	FINALA11.LH	PNL ASSY-RR DR TRIM COMPL,LH
286	FINALA11.RH	PNL ASSY-FR DR TRIM COMPL,RH
287	FINALA11.RH	PNL ASSY-RR DR TRIM COMPL,RH
288	FINALA12.LH	STEERING WHEEL ASSY
289	FINALA12.LH	ARM ASSY-W/SHLD WIPER P/SIDE
290	FINALA12.RH	ARM ASSY-W/SHLD WIPER D/SIDE
291	BUMPER	GRILLE ASSY-RADIATOR
292	BUMPER	COVER-RR BUMPER CTR
293	BUMPER	COVER-FR FOG BLANKING,RH
294	BUMPER	LIP ASSY-FR BPR
295	BUMPER	BEAM ASSY-RR BUMPER
296	BUMPER	ENERGY ABSORBER-RR BUMPER
297	BUMPER	ENERGY ABSORBER-FR BUMPER
298	BUMPER	LAMP ASSY-FR FOG,RH
299	BUMPER	COVER-FR FOG BLANKING,LH
300	BUMPER	MOULDING-FR BUMPER AIR INTAKE
301	BUMPER	LAMP ASSY-FR FOG,LH

Fuente: Adaptado de Listado general de materiales. Elaborado por Aymesa S.A., 2014

ANEXO 5: tiempos promedio de cada estación y número de operarios

Algunas de las estaciones actualmente no están siendo utilizadas en razón de que la empresa bajo estudio tuvo que bajar su producción y las actividades de algunas estaciones fueron combinadas para así ahorrar recursos.

Tabla 37: tiempos promedio de las estaciones de ensamblaje final

Número de estación	Nombre estación	Tiempo promedio (segundos)
1	CHASSISA01	445
2	CHASSISA02	210
3	CHASSISA03	340
4	CHASSISA04	-
5	CHASSISA05	255
6	ENGINE	815
7	FINAL01	450
8	FINAL02	-
9	FINAL03	315
10	FINAL04	325
11	FINAL05	-
12	FINAL06	390
13	FINAL07	320
14	FINAL08	345
15	FINAL09	425
16	FINAL10	230
17	FINAL11	540
18	FINAL12	500
19	FINAL13	-
20	FINAL14	-
21	S-FEM	560
22	S-FR.SUSP	590
23	S-INST.PNL	650
24	S-O.MIRROR	-
25	S-RR.SUSP	-
26	TRIMA01	110
27	TRIMA02	560
28	TRIMA03	490

29	TRIMA04	460
30	TRIMA05	440
31	TRIMA06	-
32	TRIMA07	530
33	TRIMA08	430
34	TRIMA09	405
35	TRIMA10	370
36	TRIMA11	545
37	TRIMA12	450
38	TRIMA13	370
39	TRIMA14	-

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6: Cálculo de la estación cuello de botella

Tabla 38: Cálculo de la estación cuello de botella.

Número de estación	Nombre estación	Número de operarios	Tiempo promedio (segundos)	Tiempo promedio (horas)	Capacidad de la estación (vehículos por hora)
1	CHASSISA01	2	445	0.123611111	0.062
2	CHASSISA02	1	210	0.058333333	0.058
3	CHASSISA03	3	340	0.094444444	0.031
4	CHASSISA04	-	-		
5	CHASSISA05	2	255	0.070833333	0.035
6	ENGINE	3	815	0.226388889	0.075
7	FINAL01	3	450	0.125	0.042
8	FINAL02	-	-		
9	FINAL03	1	315	0.0875	0.088
10	FINAL04	1	325	0.090277778	0.090
11	FINAL05	-	-		
12	FINAL06	2	390	0.108333333	0.054
13	FINAL07	1	320	0.088888889	0.089
14	FINAL08	1	345	0.095833333	0.096
15	FINAL09	1	425	0.118055556	0.118
16	FINAL10	1	230	0.063888889	0.064
17	FINAL11	1	540	0.15	0.150
18	FINAL12	1	500	0.138888889	0.139
19	FINAL13	-	-		
20	FINAL14	-	-		






21	S-FEM	1	560	0.155555556	0.156
22	S-FR.SUSP	2	590	0.163888889	0.082
23	S-INST.PNL	3	650	0.180555556	0.060
24	S-O.MIRROR	-	-		
25	S-RR.SUSP	1	-		
26	TRIMA01	1	110	0.030555556	0.031
27	TRIMA02	3	560	0.155555556	0.052
28	TRIMA03	2	490	0.136111111	0.068
29	TRIMA04	2	460	0.127777778	0.064
30	TRIMA05	2	440	0.122222222	0.061
31	TRIMA06	-	-		
32	TRIMA07	2	530	0.147222222	0.074
33	TRIMA08	1	430	0.119444444	0.119
34	TRIMA09	1	405	0.1125	0.113
35	TRIMA10	1	370	0.102777778	0.103
36	TRIMA11	2	545	0.151388889	0.076
37	TRIMA12	1	450	0.125	0.125
38	TRIMA13	1	370	0.102777778	0.103
39	TRIMA14	-	-		
MÍNIMO					0.031

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se puede observar que la capacidad mínima corresponde a la estación CHASSISA03, convirtiéndose en la estación cuello de botella.

ANEXO 7: Matriz de valor agregada para la distribución de material

Tabla 39: Matriz de valor agregado. Fuente: elaboración propia

	Actividades	VAC	VAN						Tiempo (min.)
1	Caminar hacia las estaciones designadas				X				1
2	Realizar inventario en las estaciones designadas						X		10
3	Caminar de vuelta hacia el área de distribución				X				1
4	Realizar inventario en el área de distribución						X		15
5	Pedir cantidad de material según inventario		X						2
6	Preparar el material de lotes grandes en vagones (lotes de 30 o 40 ítems)			X					120
7	Llevar el vagón hacia el área pulmón				X				0.75
8	De acuerdo a la orden de producción y material en la línea recoger vagón correspondiente			X					0.25
9	Trasladar vagón hacia estaciones designadas				X				1.5
10	Ubicar material en estanterías de la línea correspondientes	X						X	30
11	Verificar el inventario del material en la línea (inventario de lotes pequeños y grandes)						X		1
12	Llevar de vuelta el vagón hacia el área pulmón				X				1.1666
13	Caminar de vuelta hacia el área de distribución				X				0.25
14	Preparar el material de lotes pequeños (lotes de 5 o 10 ítems)			X					2
15	Trasladar material hacia estaciones designadas				X				1.5
16	Ubicar material en estanterías de la línea correspondientes	X						X	3
17	Verificar el inventario del material (lotes pequeños y grandes)						X		0.5
18	Caminar de vuelta hacia el área de distribución (X 30)				X (X30)				30
19	Preparar el material de lotes pequeños (lotes de 5 o 10 ítems) (X 30)			X (X30)					60
20	Trasladar material hacia estaciones designadas (X 30)				X (X30)				45
21	Ubicar material en estanterías de la línea correspondientes (X 30)	X(X30)						X (X30)	90
22	Verificar el inventario del material (lotes pequeños y grandes) (X 30)						X (X30)		15

23	Caminar de vuelta hacia el área de distribución				X				1
24	De acuerdo a la orden de producción y material en la línea recoger vagón correspondiente			X					0.166
25	Trasladar vagón hacia estaciones designadas				X				1.5
26	Ubicar material en estanterías de la línea correspondientes	X						X	30
27	Verificar el inventario del material en la línea (inventario de lotes pequeños y grandes)						X		1
28	Llevar de vuelta el vagón hacia el área pulmón				X				1.166
29	Caminar de vuelta hacia el área de distribución				X				0.25
30	Pedir cantidad de material según inventario		X						2
SUMATORIA		33	2	34	71	0	35	33	468.00

ANEXO 8: Alertas del sistema ANDON de Aymesa S.A.

Tabla 40: Alertas sistema Andon

Grupo modelo	Código estación	Fecha alerta	Categoría alerta	Tipo alerta	Hora alerta
SPG	F9	1/30/2014	DANIADO	AMARILLA	'11:50:04.524
SPG	C1	1/31/2014	FALT	AMARILLA	'11:30:26.049
SPG	T13	1/31/2014	FALT	AMARILLA	'07:29:53.434
SPG	T13	1/31/2014	FALT	AMARILLA	'10:58:37.641
SPG	T8	1/31/2014	FALT	AMARILLA	'12:03:14.343
SPG	C1	2/3/2014	FALT	AMARILLA	'09:01:42.425
SPG	T13	2/3/2014	FALT	AMARILLA	'11:30:02.880
SPG	C1	2/4/2014	DANIADO	ROJO	'10:23:19.924
SPG	T10	2/4/2014	FALT	AMARILLA	'13:39:56.505
SPG	T5	2/4/2014	FALT	AMARILLA	'11:34:00.631
SPG	F12	2/5/2014	DANIADO	AMARILLA	'10:23:04.535
SPG	T13	2/5/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:37:24.367
SPG	T13	2/5/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:24:24.008
SPG	C3	2/5/2014	FALT	AMARILLA	'12:10:18.837
SPG	F1	2/5/2014	FALT	AMARILLA	'11:23:12.550
SPG	F10	2/5/2014	FALT	ROJO	'11:34:20.107
SPG	F3	2/5/2014	FALT	AMARILLA	'11:21:38.769
SPG	T4	2/5/2014	FALT	AMARILLA	'07:10:08.091
SPG	T4	2/5/2014	FALT	AMARILLA	'07:10:47.204
SPG	T4	2/5/2014	FALT	AMARILLA	'11:17:38.014
SPG	T4	2/5/2014	FALT	AMARILLA	'11:18:02.029
SPG	F12	2/6/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:41:29.607
SPG	F12	2/6/2014	DANIADO	ROJO	'09:48:12.397
SPG	F12	2/6/2014	DANIADO	ROJO	'09:49:14.858
SPG	F12	2/6/2014	DANIADO	ROJO	'09:53:34.487
SPG	F12	2/6/2014	DANIADO	ROJO	'10:14:21.181
CER	C3	2/6/2014	EQV	ROJO	'10:13:58.081
CER	C3	2/6/2014	EQV	ROJO	'08:56:37.568
CER	F1	2/6/2014	FALT	AMARILLA	'11:25:24.583
CER	F1	2/6/2014	FALT	AMARILLA	'11:23:36.462
CER	F10	2/6/2014	FALT	AMARILLA	'11:20:37.565
SPG	F11	2/6/2014	FALT	AMARILLA	'12:12:15.514
SPG	T1	2/6/2014	FALT	AMARILLA	'12:17:23.504
SPG	C1	2/7/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:50:21.401
SPG	F12	2/7/2014	DANIADO	AMARILLA	'11:06:59.423

SPG	F14	2/10/2014	DANIADO	AMARILLA	'09:40:38.943
SPG	F14	2/10/2014	DANIADO	AMARILLA	'11:00:55.311
SPG	T8	2/10/2014	FALT	ROJO	'10:35:43.402
SPG	SF	2/10/2014	FALTK	AMARILLA	'13:16:04.631
SPG	SF	2/10/2014	FALTK	AMARILLA	'13:21:21.786
SPG	T11	2/10/2014	FALTK	ROJO	'11:47:33.875
SPG	T2	2/10/2014	FALTK	AMARILLA	'14:29:24.849
SPG	T8	2/10/2014	FALTK	ROJO	'13:02:28.860
SPG	T8	2/10/2014	FALTK	ROJO	'13:31:14.168
SPG	F3	2/10/2014	FALTL	AMARILLA	'13:11:18.789
SPG	T5	2/10/2014	FALTL	AMARILLA	'11:28:51.415
SPG	F11	2/11/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:17:45.550
SPG	T13	2/11/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:52:51.080
CER	T13	2/11/2014	FALTK	AMARILLA	'09:18:12.389
SPG	F11	2/11/2014	FALTT	AMARILLA	'09:24:00.292
SPG	F11	2/11/2014	FALTT	AMARILLA	'09:27:23.745
SPG	F11	2/11/2014	FALTT	AMARILLA	'09:29:37.538
SPG	C2	2/12/2014	FALTK	AMARILLA	'11:47:56.488
SPG	F10	2/12/2014	FALTL	AMARILLA	'08:43:34.263
SPG	F10	2/12/2014	FALTL	AMARILLA	'09:58:51.483
RIO	F14	2/13/2014	DANIADO	AMARILLA	'09:54:43.441
RIO	RP	2/13/2014	DANIADO	AMARILLA	'10:41:16.547
CER	SM	2/13/2014	FALTK	ROJO	'08:48:58.007
RIO	T5	2/13/2014	FALTK	AMARILLA	'10:06:17.722
RIO	T5	2/13/2014	FALTK	AMARILLA	'10:06:46.645
SPG	C2	2/13/2014	FALTK	AMARILLA	'14:11:46.738
CER	T5	2/13/2014	FALTL	ROJO	'14:03:57.604
CER	T13	2/13/2014	FALTT	AMARILLA	'13:54:13.294
SPG	RP	2/14/2014	DANIADO	AMARILLA	'10:17:07.077
CER	A	2/14/2014	FALTK	AMARILLA	'11:05:00.795
RIO	A	2/14/2014	FALTK	AMARILLA	'11:07:38.288
CER	F9	2/14/2014	FALTL	AMARILLA	'09:48:04.206
RIO	T2	2/14/2014	FALTL	AMARILLA	'14:28:47.903
SPG	T5	2/14/2014	FALTT	AMARILLA	'13:48:58.799
CER	SF	2/17/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:49:47.847
SPG	F6	2/17/2014	EQV	AMARILLA	'07:26:16.789
SPG	F6	2/17/2014	EQV	AMARILLA	'07:28:38.776
RIO	T5	2/17/2014	FALTK	ROJO	'13:45:16.574
SPG	SM	2/17/2014	FALTK	AMARILLA	'10:05:28.774
SPG	T13	2/17/2014	FALTK	AMARILLA	'11:04:10.492
SPG	C2	2/18/2014	DANIADO	ROJO	'13:32:56.127

SPG	C2	2/18/2014	DANIADO	AMARILLA	'13:29:02.438
CER	C2	2/18/2014	FALTK	ROJO	'11:59:59.121
CER	T13	2/18/2014	FALTK	AMARILLA	'11:29:18.380
RIO	SM	2/18/2014	FALTK	AMARILLA	'10:17:43.199
SPG	SM	2/18/2014	FALTK	AMARILLA	'08:37:30.377
SPG	T13	2/18/2014	FALTK	AMARILLA	'13:49:02.504
SPG	T8	2/18/2014	FALTK	AMARILLA	'07:03:02.457
SPG	T8	2/18/2014	FALTK	AMARILLA	'11:45:52.978
SPG	T13	2/18/2014	FALTL	AMARILLA	'07:46:52.859
CER	C2	2/19/2014	FALTK	ROJO	'09:52:31.415
RIO	P	2/19/2014	FALTL	AMARILLA	'08:16:50.347
SPG	T8	2/19/2014	FALTL	AMARILLA	'07:20:48.306
SPG	T8	2/19/2014	FALTL	AMARILLA	'07:21:53.368
SPG	F6	2/19/2014	FALTT	AMARILLA	'10:20:55.520
SPG	SF	2/19/2014	FALTT	AMARILLA	'10:32:32.176
RIO	T5	2/20/2014	FALTK	ROJO	'10:25:21.923
CER	F10	2/20/2014	FALTT	AMARILLA	'07:46:56.148
SPG	F9	2/20/2014	FALTT	AMARILLA	'10:40:24.242
SPG	RP	2/21/2014	DANIADO	AMARILLA	'09:30:11.657
SPG	RP	2/21/2014	EQV	AMARILLA	'08:22:06.459
RIO	T2	2/21/2014	FALTK	AMARILLA	'10:28:54.530
RIO	T2	2/21/2014	FALTK	AMARILLA	'10:29:43.979
RIO	T8	2/21/2014	FALTL	AMARILLA	'11:23:51.768
RIO	T8	2/21/2014	FALTL	AMARILLA	'11:34:19.402
SPG	F12	2/21/2014	FALTT	AMARILLA	'07:13:14.249
CER	C2	2/24/2014	FALTK	AMARILLA	'13:31:27.157
RIO	ST	2/24/2014	FALTK	AMARILLA	'14:08:26.690
RIO	ST	2/24/2014	FALTK	AMARILLA	'14:09:00.780
RIO	C2	2/24/2014	FALTL	AMARILLA	'10:57:38.698
RIO	T8	2/24/2014	FALTL	AMARILLA	'07:50:55.484
SPG	T5	2/24/2014	FALTL	ROJO	'08:22:42.910
RIO	F3	2/24/2014	FALTT	AMARILLA	'08:33:54.049
RIO	C2	2/25/2014	FALTL	VERDE	'07:16:32.014
SPG	S	2/25/2014	FALTL	ROJO	'07:47:33.345
SPG	S	2/25/2014	FALTL	AMARILLA	'11:09:31.514
RIO	F11	2/25/2014	FALTT	AMARILLA	'09:23:27.361
SPG	F10	2/25/2014	FALTT	ROJO	'14:55:14.218
SPG	F10	2/25/2014	FALTT	AMARILLA	'14:50:48.611
SPG	T8	2/26/2014	EQV	ROJO	'14:52:19.094
CER	T2	2/26/2014	FALTK	ROJO	'12:22:08.445
CER	F11	2/26/2014	FALTL	AMARILLA	'14:10:04.443

CER	SF	2/26/2014	FALTL	AMARILLA	'10:21:53.443
CER	SM	2/26/2014	FALTL	AMARILLA	'11:49:12.130
CER	T5	2/26/2014	FALTL	AMARILLA	'10:16:43.419
CER	T5	2/26/2014	FALTL	ROJO	'10:36:57.521
CER	T5	2/26/2014	FALTL	ROJO	'10:49:36.625
SPG	T8	2/26/2014	FALTL	AMARILLA	'07:22:36.385
CER	T13	2/27/2014	EQV	ROJO	'07:37:32.861
SPG	T8	2/27/2014	EQV	ROJO	'09:24:54.289
CER	F14	2/27/2014	FALTK	AMARILLA	'10:31:09.008
SPG	S	2/27/2014	FALTK	AMARILLA	'11:06:36.294
CER	SF	2/27/2014	FALTL	AMARILLA	'07:26:22.978
CER	T2	2/27/2014	FALTL	AMARILLA	'07:38:33.439
CER	T2	2/27/2014	FALTL	ROJO	'08:04:27.225
CER	T2	2/28/2014	FALTL	ROJO	'10:32:26.602
SPG	T2	2/28/2014	FALTL	ROJO	'09:49:08.561
SPG	RP	3/6/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:33:10.729
CER	T8	3/6/2014	EQV	VERDE	'10:02:51.734
CER	T8	3/6/2014	EQV	VERDE	'09:32:27.999
CER	T8	3/6/2014	EQV	VERDE	'09:52:57.180
SPG	SF	3/6/2014	FALTL	AMARILLA	'09:28:53.942
SPG	T13	3/6/2014	FALTL	ROJO	'08:15:11.921
CER	SF	3/6/2014	FALTT	AMARILLA	'10:22:02.253
CER	SF	3/7/2014	FALTL	AMARILLA	'09:32:55.260
SPG	F10	3/10/2014	FALTL	AMARILLA	'08:39:16.868
SPG	F10	3/10/2014	FALTL	ROJO	'08:59:35.955
SPG	F10	3/10/2014	FALTT	ROJO	'08:58:58.691
SPG	F11	3/10/2014	FALTT	AMARILLA	'08:28:12.125
CER	T2	3/11/2014	FALTL	AMARILLA	'10:15:49.339
SPG	T8	3/11/2014	FALTL	AMARILLA	'08:26:15.224
SPG	T2	3/11/2014	FALTT	AMARILLA	'07:14:46.289
SPG	F11	3/12/2014	DANIADO	AMARILLA	'10:02:36.505
SPG	T2	3/12/2014	FALTK	ROJO	'12:24:10.392
SPG	T13	3/13/2014	FALTK	AMARILLA	'07:57:12.063
SPG	T13	3/13/2014	FALTK	ROJO	'08:19:57.150
SPG	F9	3/14/2014	FALTK	AMARILLA	'08:02:49.135
SPG	T13	3/14/2014	FALTK	AMARILLA	'09:45:43.057
SPG	F10	3/14/2014	FALTL	AMARILLA	'13:36:34.266
RIO	T13	3/17/2014	FALTK	AMARILLA	'10:35:08.140
RIO	RP	3/18/2014	DANIADO	AMARILLA	'13:22:27.176
SPG	RP	3/18/2014	DANIADO	AMARILLA	'09:18:00.355
SPG	RP	3/18/2014	DANIADO	AMARILLA	'09:56:52.096

SPG	SF	3/18/2014	FALTK	AMARILLA	'11:19:15.508
SPG	SM	3/18/2014	FALTK	AMARILLA	'14:31:08.300
RIO	RP	3/19/2014	DANIADO	AMARILLA	'11:02:34.012
SPG	RP	3/19/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:49:25.098
SPG	T13	3/19/2014	EQV	AMARILLA	'07:27:54.825
SPG	SM	3/19/2014	FALTK	AMARILLA	'08:44:44.865
SPG	T13	3/19/2014	FALTK	AMARILLA	'10:47:35.506
RIO	RP	3/19/2014	FALTL	AMARILLA	'10:57:25.497
SPG	F11	3/19/2014	FALTL	AMARILLA	'07:13:16.594
CER	F11	3/20/2014	FALTK	AMARILLA	'11:38:03.994
SPG	T13	3/20/2014	FALTK	ROJO	'07:10:22.613
SPG	T13	3/20/2014	FALTK	AMARILLA	'07:36:51.649
SPG	T8	3/20/2014	FALTK	AMARILLA	'13:25:22.397
CER	SM	3/21/2014	FALTK	AMARILLA	'10:34:27.779
RIO	ST	3/21/2014	FALTK	AMARILLA	'07:17:35.688
CER	F3	3/21/2014	FALTT	AMARILLA	'08:22:12.265
SPG	T8	3/24/2014	EQV	ROJO	'13:55:24.408
CER	ST	3/24/2014	FALTK	ROJO	'10:41:02.293
CER	T11	3/24/2014	FALTK	ROJO	'11:37:16.678
SPG	T8	3/24/2014	FALTK	AMARILLA	'11:32:50.055
RIO	F10	3/24/2014	FALTL	AMARILLA	'14:17:32.837
RIO	RP	3/25/2014	FALTK	AMARILLA	'08:07:17.640
CER	F10	3/25/2014	FALTL	AMARILLA	'14:14:20.124
RIO	RP	3/26/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:50:22.429
RIO	RP	3/26/2014	DANIADO	AMARILLA	'13:03:06.127
CER	RP	3/26/2014	EQV	AMARILLA	'09:55:14.709
CER	T2	3/26/2014	EQV	ROJO	'10:10:06.218
CER	SF	3/28/2014	DANIADO	AMARILLA	'11:41:13.473
SPG	RP	3/28/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:08:43.712
SPG	ST	3/28/2014	EQV	AMARILLA	'10:41:40.776
CER	T11	3/28/2014	FALTL	ROJO	'13:35:52.551
CER	T11	3/28/2014	FALTL	ROJO	'13:36:47.655
SPG	C5	3/28/2014	FALTL	AMARILLA	'09:18:23.843
SPG	RP	3/31/2014	EQV	AMARILLA	'09:22:28.330
SPG	T8	3/31/2014	EQV	ROJO	'10:44:31.951
CER	F11	3/31/2014	FALTK	AMARILLA	'09:40:05.286
CER	F3	3/31/2014	FALTK	ROJO	'10:42:00.431
CER	SF	3/31/2014	FALTK	AMARILLA	'10:19:30.356
CER	T11	3/31/2014	FALTK	ROJO	'08:48:33.786
SPG	T8	3/31/2014	FALTK	ROJO	'07:44:23.333
SPG	T8	3/31/2014	FALTK	ROJO	'09:56:05.590

SPG	T8	3/31/2014	FALTK	ROJO	'12:14:25.989
CER	F10	3/31/2014	FALTL	AMARILLA	'08:50:46.890
CER	F10	3/31/2014	FALTL	AMARILLA	'11:23:04.467
CER	F3	3/31/2014	FALTL	ROJO	'10:20:52.211
CER	F3	3/31/2014	FALTL	ROJO	'11:00:18.511
CER	SM	3/31/2014	FALTL	AMARILLA	'08:03:05.838
CER	T11	4/1/2014	FALTK	ROJO	'12:05:56.346
SPG	T8	4/2/2014	EQV	AMARILLA	'08:37:36.138
CER	F3	4/2/2014	FALTL	ROJO	'11:48:00.643
CER	T5	4/2/2014	FALTL	ROJO	'08:58:59.112
SPG	T5	4/3/2014	FALTL	AMARILLA	'09:51:39.193
SPG	T8	4/3/2014	FALTL	AMARILLA	'09:44:22.669
SPG	RP	4/4/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:10:58.716
SPG	T2	4/4/2014	FALTK	ROJO	'14:25:32.420
SPG	S	4/7/2014	FALTK	AMARILLA	'08:10:12.998
CER	SM	4/7/2014	FALTL	AMARILLA	'09:54:31.025
SPG	F11	4/8/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:32:30.450
SPG	RP	4/9/2014	DANIADO	VERDE	'10:07:48.837
SPG	S	4/9/2014	FALTK	AMARILLA	'08:52:39.598
SPG	T8	4/10/2014	EQV	ROJO	'11:03:40.847
SPG	SF	4/11/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:38:29.688
SPG	SM	4/11/2014	FALTK	AMARILLA	'08:24:01.047
SPG	T8	4/11/2014	FALTK	ROJO	'08:12:36.091
SPG	RP	4/14/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:22:36.597
RIO	S	4/14/2014	FALTK	VERDE	'12:39:59.926
RIO	S	4/14/2014	FALTK	AMARILLA	'12:43:06.676
SPG	T2	4/14/2014	FALTK	ROJO	'11:34:35.715
CER	T2	4/14/2014	FALTL	AMARILLA	'10:03:39.631
CER	T2	4/14/2014	FALTL	AMARILLA	'10:31:46.856
SPG	SF	4/14/2014	FALTL	AMARILLA	'08:09:06.675
SPG	SF	4/16/2014	FALTK	AMARILLA	'10:13:28.597
CER	ST	4/17/2014	FALTL	ROJO	'07:32:11.864
CER	RP	4/21/2014	EQV	AMARILLA	'07:21:11.954
SPG	LP	4/21/2014	FALTK	AMARILLA	'11:20:18.345
SPG	LP	4/21/2014	FALTL	AMARILLA	'11:16:44.696
CER	T2	4/22/2014	FALTK	ROJO	'12:18:51.591
CER	C2	4/23/2014	DANIADO	AMARILLA	'11:30:39.556
RIO	RP	4/23/2014	DANIADO	AMARILLA	'09:57:37.662
CER	T5	4/23/2014	EQV	AMARILLA	'07:57:00.061
CER	T8	4/23/2014	EQV	ROJO	'08:03:33.960
CER	SM	4/23/2014	FALTK	AMARILLA	'10:32:09.842

CER	T2	4/23/2014	FALTL	ROJO	'08:51:37.475
CER	SM	4/24/2014	FALTK	AMARILLA	'08:11:55.655
SPG	LP	4/24/2014	FALTK	ROJO	'07:15:19.700
RIO	C5	4/25/2014	FALTL	AMARILLA	'08:51:27.990
SPG	T5	4/25/2014	FALTL	ROJO	'08:27:13.682
RIO	RP	4/28/2014	DANIADO	AMARILLA	'12:43:37.466
RIO	SM	4/28/2014	FALTK	AMARILLA	'08:06:23.364
RIO	T8	4/28/2014	FALTK	ROJO	'08:38:56.831
CER	F6	4/28/2014	FALTL	ROJO	'07:38:44.439
SPG	A	4/29/2014	FALTK	AMARILLA	'07:18:57.300
CER	LP	4/30/2014	FALTK	ROJO	'11:48:08.272
CER	RP	4/30/2014	FALTK	AMARILLA	'10:33:56.641
CER	T13	4/30/2014	FALTK	AMARILLA	'08:28:20.792
SPG	A	4/30/2014	FALTT	AMARILLA	'07:45:08.357
SPG	A	5/2/2014	FALTK	AMARILLA	'12:31:05.679
CER	RP	5/5/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:23:52.235
SPG	SM	5/5/2014	FALTK	AMARILLA	'07:13:58.065
CER	RP	5/6/2014	FALTK	AMARILLA	'11:48:00.834
CER	RP	5/6/2014	FALTK	AMARILLA	'13:06:13.760
CER	RP	5/6/2014	FALTK	ROJO	'13:09:38.765
SPG	F3	5/6/2014	FALTL	AMARILLA	'10:40:01.901
SPG	SF	5/6/2014	FALTL	AMARILLA	'09:45:38.746
SPG	SF	5/6/2014	FALTL	AMARILLA	'09:46:48.477
SPG	A	5/7/2014	FALTK	AMARILLA	'07:49:15.981
SPG	A	5/8/2014	FALTK	ROJO	'13:25:20.845
SPG	T2	5/8/2014	FALTK	ROJO	'10:10:55.192
SPG	F3	5/8/2014	FALTT	ROJO	'08:28:59.889
SPG	A	5/9/2014	FALTT	ROJO	'11:15:53.316
CER	RP	5/12/2014	DANIADO	VERDE	'08:09:28.327
CER	RP	5/12/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:52:32.327
CER	RP	5/12/2014	DANIADO	AMARILLA	'13:32:16.752
RIO	ST	5/13/2014	FALTK	AMARILLA	'12:06:29.849
SPG	SM	5/13/2014	FALTK	AMARILLA	'07:29:08.718
SPG	SM	5/13/2014	FALTK	AMARILLA	'08:53:15.335
RIO	T2	5/14/2014	FALTK	ROJO	'10:18:13.405
CER	F3	5/14/2014	FALTL	ROJO	'08:12:12.072
CER	RP	5/14/2014	FALTL	AMARILLA	'08:58:43.185
CER	RP	5/14/2014	FALTL	AMARILLA	'09:23:37.081
RIO	T8	5/14/2014	FALTL	AMARILLA	'07:29:35.638
SPG	RP	5/14/2014	FALTL	AMARILLA	'09:44:25.009
SPG	F6	5/14/2014	FALTT	ROJO	'08:17:31.489

RIO	A	5/15/2014	FALTK	AMARILLA	'09:44:31.151
RIO	S	5/15/2014	FALTK	AMARILLA	'09:34:48.025
RIO	A	5/16/2014	FALTK	AMARILLA	'10:06:27.434
RIO	T2	5/16/2014	FALTK	AMARILLA	'14:05:23.677
RIO	T2	5/16/2014	FALTK	ROJO	'14:47:41.603
SPG	F11	5/16/2014	FALTK	AMARILLA	'14:06:54.889
SPG	T13	5/16/2014	FALTK	AMARILLA	'10:46:43.550
SPG	T8	5/16/2014	FALTL	ROJO	'09:26:06.473
SPG	T8	5/16/2014	FALTT	AMARILLA	'10:33:24.579
CER	ST	5/19/2014	FALTL	ROJO	'07:11:36.474
CER	E	5/19/2014	FALTT	ROJO	'08:09:16.570
SPG	E	5/19/2014	FALTT	ROJO	'08:13:48.225
CER	A	5/20/2014	FALTK	AMARILLA	'13:34:40.501
CER	C2	5/20/2014	FALTK	AMARILLA	'07:55:07.238
CER	F12	5/20/2014	FALTK	AMARILLA	'11:46:53.662
CER	RP	5/20/2014	FALTK	AMARILLA	'11:48:51.460
CER	P	5/21/2014	FALTK	ROJO	'08:02:22.182
CER	RP	5/21/2014	FALTK	AMARILLA	'13:35:51.918
CER	RP	5/21/2014	FALTK	AMARILLA	'13:51:40.375
CER	T2	5/21/2014	FALTK	ROJO	'08:23:41.414
CER	T2	5/21/2014	FALTK	AMARILLA	'08:21:12.833
RIO	F10	5/21/2014	FALTK	AMARILLA	'07:43:06.184
CER	SM	5/21/2014	FALTL	AMARILLA	'08:56:52.588
RIO	A	5/23/2014	FALTK	ROJO	'11:01:46.069
RIO	S	5/23/2014	FALTK	AMARILLA	'08:51:20.932
CER	RP	5/26/2014	DANIADO	AMARILLA	'10:53:45.524
RIO	RP	5/26/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:56:49.785
SPG	RP	5/27/2014	FALTL	AMARILLA	'13:43:44.880
SPG	RP	5/29/2014	FALTL	AMARILLA	'12:55:56.058
SPG	A	5/30/2014	FALTK	AMARILLA	'12:46:57.616
RIO	F10	6/3/2014	FALTT	AMARILLA	'13:33:08.532
SPG	RP	6/5/2014	DANIADO	AMARILLA	'09:23:53.027
SPG	RP	6/5/2014	DANIADO	AMARILLA	'14:17:40.323
SPG	RP	6/6/2014	DANIADO	AMARILLA	'08:08:23.302
SPG	RP	6/6/2014	DANIADO	AMARILLA	'17:06:10.576
SPG	A	6/6/2014	FALTK	ROJO	'14:07:26.370
SPG	ST	6/10/2014	FALTK	AMARILLA	'13:30:21.743
SPG	T2	6/11/2014	FALTK	ROJO	'09:56:03.393
CER	F12	6/16/2014	FALTK	AMARILLA	'08:04:46.338
CER	RP	6/17/2014	DANIADO	AMARILLA	'15:04:25.444
CER	T8	6/17/2014	FALTK	AMARILLA	'13:55:07.694

SPG	SM	6/17/2014	FALTK	ROJO	'14:33:27.675
CER	RP	6/18/2014	DANIADO	AMARILLA	'11:23:04.724
RIO	A	6/18/2014	EQV	AMARILLA	'16:18:03.896
RIO	A	6/18/2014	FALTK	ROJO	'11:09:13.194
RIO	RP	6/19/2014	DANIADO	AMARILLA	'07:59:36.398
RIO	S	6/19/2014	FALTK	ROJO	'10:00:47.059
RIO	T8	6/19/2014	FALTK	AMARILLA	'12:29:15.541
RIO	T8	6/19/2014	FALTK	AMARILLA	'12:28:32.276
SPG	A	6/19/2014	FALTL	AMARILLA	'07:53:24.902
SPG	RP	6/19/2014	FALTL	AMARILLA	'07:19:58.964
SPG	RP	6/20/2014	FALTL	AMARILLA	'08:57:26.299
SPG	RP	6/24/2014	DANIADO	AMARILLA	'15:40:52.240
SPG	T2	6/25/2014	FALTK	ROJO	'07:12:15.505

Fuente: Adaptado de Listado de Alertas Andon por Aymesa S.A., 2014. Elaboración propia

ANEXO 9: Utilización de espacio por cada zona

Tabla 41: utilización de espacio para área de distribución

No. Observación	# Aleatorio	Área alveolo (m ²)	Área caja (m ²)	Porcentaje de utilización
1	7202	1.32	0.46	35%
2	38144	1.3	0.871	67%
3	73391	1.12	0.2491	22%
4	7118	1.32	0.522	40%
5	4294	1.32	0.4844	37%
6	48381	1.6	1.02	64%
7	56349	1.6	1.6	100%
8	41113	1.4	0.2438	17%
9	22232	1.32	0.4876	37%
10	31276	1.32	0.189	14%
11	24130	1.32	0.5985	45%
12	19249	1.32	0.7888	60%
13	33323	1.6	0.3752	23%
14	49222	1.32	0.9198	70%
15	56215	1.32	0.5796	44%
16	50110	1.32	0.2205	17%
17	1352	1.32	0.715	54%
18	26248	1.32	0.9	68%
19	73199	1.4	0.5928	42%
20	7121	1.32	0.3871	29%
21	10145	1.32	0.666	50%
22	17160	1.32	0.207	16%
23	34191	1.4	0.864	62%
24	41352	1.6	0	0%
25	64307	1.6	0.752	47%
26	66205	1.32	0.516	39%
27	65374	1.6	0.391	24%
28	61224	1.32	0.384	29%
29	34198	1.4	0.846	60%
30	9202	1.32	0.1656	13%
31	14325	1.6	0.5184	32%
32	66171	1.4	0	0%
33	59249	1.32	0.1092	8%
34	4180	1.4	0.75	54%
			promedio	39%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Utilización de espacio almacenamiento de partes locales

No. Observación	# Aleatorio	Área alveolo (m ²)	Área caja (m ²)	Porcentaje de utilización
1	27217	3.9	3.45	88%
2	19163	3.9	0.9944	25%
3	4180	3.9	1.596	41%
4	14325	3.9	0.7524	19%
5	9302	3.9	0	0%
6	34198	26.25	15	57%
7	41352	9	4.5	50%
8	34291	12.25	5.25	43%
9	5379	3.9	3.45	88%
10	17360	3.9	3.45	88%
11	10145	3.9	3.568	91%
12	1352	3.9	3.3	85%
13	29122	3.9	0.784	20%
14	26248	3.9	1.015	26%
15	7121	3.9	3.22	83%
16	3273	3.9	3.22	83%
17	50310	6	2.542	42%
18	49222	6	2.25	38%
19	31276	3.9	1.68	43%
20	24130	3.9	3.22	83%
21	19249	3.9	1.608	41%
22	33323	26.25	7.5	29%
23	22232	3.9	2.736	70%
24	7202	3.9	2.736	70%
25	38144	24.5	14	57%
26	48381	6	3	50%
27	35231	13.125	7.875	60%
28	19352	3.9	1.92	49%
29	28111	3.9	0.82	21%
30	29271	3.9	1.4	36%
31	46135	4.5	2.25	50%
			promedio	52%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Utilización de espacio almacenamiento de CKD

No. Observación	# Aleatorio	Área alveolo	Área caja	Porcentaje de utilización
-----------------	-------------	--------------	-----------	---------------------------

		(m ²)	(m ²)	
1	49222	7.5	5.98	80%
2	10145	7.5	4.977	66%
3	4180	7.5	5.875	78%
4	17360	7.5	6.6	88%
5	4512	7.5	0	0%
6	66171	7.5	3.4075	45%
7	9714	7.5	1.955	26%
8	19263	7.5	5.98	80%
9	73391	7.5	6.21	83%
10	94106	7.5	6.67	89%
11	3822	7.5	0	0%
12	14325	7.5	6.44	86%
13	27120	7.5	5.98	80%
14	41113	7.5	4.968	66%
15	91314	7.5	6.44	86%
16	7118	7.5	5.17	69%
17	12717	7.5	5.75	77%
18	24130	7.5	4.6	61%
19	64370	7.5	0	0%
20	6539	7.5	6.44	86%
21	70387	7.5	6.555	87%
22	98324	7.5	0	0%
23	34198	7.5	6.72	90%
24	10924	7.5	6.58	88%
25	4294	7.5	5.75	77%
26	96120	7.5	5.175	69%
27	55265	7.5	5.75	77%
28	11411	7.5	6.86	91%
29	19249	7.5	6.72	90%
30	33323	7.5	6.3	84%
31	22232	7.5	5.75	77%
32	12135	7.5	5.75	77%
33	1619	7.5	6.555	87%
34	50310	7.5	0	0%
35	66205	7.5	0	0%
36	10314	7.5	6.67	89%
			promedio	65%

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 10: Tiempos recolectados de las actividades

Nota 1: Los tiempos marcados en azul representan los tiempos de la muestra inicial

Nota 2: En muchas ocasiones, se debía traer el coche correspondiente para el material aperturado. Después de varias observaciones se llegó a la conclusión de que en este proceso los operarios se demoraban en promedio 1,5 minutos.

Tabla 44: Tiempos para proceso de apertura de material

No. Observación	Abrir contenedor	Sacar cajas y colocarlas sobre montacargas manual o coche	Marcar cajas o traer coche	Desarmar contenedor y colocar en área de reciclaje	sumatoria	segundos
1	0:00:15	0:02:10	0:01:30	0:04:53	0:08:48	528
2	0:00:12	0:01:28	0:01:30	0:03:33	0:06:43	403
3	0:02:24	0:04:55	0:01:30	0:02:29	0:11:18	680
4	0:06:10	0:01:24	0:01:03	0:00:57	0:09:34	574
5	0:05:04	0:02:53	0:01:30	0:02:37	0:12:04	724
6	0:05:00	0:03:27	0:01:30	0:02:05	0:12:02	722
7	0:00:49	0:02:10	0:05:58	0:00:10	0:09:07	547
8	0:03:19	0:04:11	0:01:30	0:00:42	0:09:42	582
9	0:01:14	0:08:23	0:01:30	0:00:53	0:12:00	720
10	0:04:37	0:03:28	0:01:30	0:01:58	0:11:33	693
11	0:03:55	0:01:25	0:01:30	0:00:38	0:07:28	448
12	0:03:34	0:01:32	0:01:30	0:01:11	0:07:47	467
13	0:02:05	0:02:08	0:01:30	0:02:15	0:07:58	478
14	0:02:08	0:02:20	0:01:30	0:03:14	0:09:12	552
15	0:02:12	0:02:24	0:01:30	0:00:44	0:06:50	410
16	0:05:22	0:01:02	0:01:30	0:01:28	0:09:22	562
17	0:02:45	0:02:56	0:01:30	0:03:14	0:10:25	625
18	0:03:31	0:02:29	0:02:09	0:00:11	0:08:20	500
19	0:02:24	0:02:25	0:02:30	0:00:29	0:07:48	468
20	0:02:40	0:02:25	0:03:39	0:00:23	0:09:07	547
21	0:02:47	0:03:21	0:01:30	0:00:05	0:07:43	463
22	0:03:20	0:04:43	0:01:30	0:00:37	0:10:10	610
23	0:04:53	0:04:19	0:01:30	0:02:11	0:12:53	773
24	0:03:01	0:04:43	0:01:30	0:00:05	0:09:19	559
25	0:05:11	0:00:52	0:01:30	0:00:28	0:08:01	481
26	0:03:22	0:06:48	0:01:30	0:01:01	0:12:41	761
27	0:03:40	0:04:15	0:01:30	0:01:24	0:10:49	649
28	0:01:36	0:08:30	0:01:30	0:01:01	0:12:37	757
29	0:00:20	0:04:40	0:02:10	0:00:28	0:07:38	458
30	0:00:25	0:05:14	0:04:27	0:00:28	0:10:34	634
31	0:01:03	0:02:05	0:01:13	0:02:03	0:06:24	384
32	0:02:36	0:04:41	0:03:47	0:00:50	0:11:54	714
33	0:00:58	0:02:33	0:01:30	0:00:24	0:05:25	325

34	0:03:39	0:02:29	0:00:54	0:05:49	0:12:51	771
35	0:01:56	0:03:40	0:01:23	0:00:28	0:07:27	447
36	0:02:38	0:03:58	0:02:07	0:00:23	0:09:06	546
37	0:01:46	0:04:10	0:03:40	0:00:18	0:09:54	594
38	0:02:15	0:05:58	0:04:04	0:00:20	0:12:37	757
39	0:03:40	0:01:26	0:01:30	0:02:05	0:08:41	521
40	0:02:58	0:01:43	0:01:30	0:00:24	0:06:35	395
41	0:00:40	0:00:12	0:01:50	0:00:08	0:02:50	170
42	0:01:05	0:06:32	0:01:30	0:05:22	0:14:29	869
43	0:04:35	0:02:15	0:01:30	0:03:14	0:11:34	694
44	0:03:44	0:05:33	0:01:30	0:00:15	0:11:02	662
45	0:03:25	0:02:19	0:01:30	0:01:48	0:09:02	542
46	0:03:17	0:04:40	0:01:30	0:02:47	0:12:14	734
47	0:05:37	0:02:52	0:01:30	0:01:17	0:11:16	676
48	0:02:56	0:05:51	0:03:06	0:00:44	0:12:37	757
49	0:02:46	0:01:48	0:01:30	0:04:58	0:11:02	662
50	0:03:41	0:01:03	0:01:02	0:02:31	0:08:17	497
51	0:03:20	0:02:54	0:01:30	0:00:42	0:08:26	506
52	0:01:58	0:03:05	0:01:30	0:01:27	0:08:00	480
53	0:14:07	0:03:45	0:01:30	0:03:50	0:23:12	1392
54	0:02:22	0:02:52	0:01:30	0:01:12	0:07:56	476
55	0:01:57	0:06:29	0:01:18	0:00:21	0:10:05	605
56	0:00:20	0:01:42	0:00:38	0:04:43	0:07:23	443
57	0:00:37	0:01:37	0:01:30	0:00:43	0:04:27	267
58	0:04:22	0:01:50	0:01:30	0:00:24	0:08:06	486
59	0:04:16	0:01:58	0:01:30	0:00:43	0:08:27	507
60	0:05:04	0:01:44	0:01:48	0:00:37	0:09:13	553
61	0:02:54	0:03:32	0:00:58	0:02:10	0:09:34	574
62	0:03:13	0:02:48	0:01:30	0:02:56	0:10:27	627

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: tiempos medidos en proceso de almacenamiento en estanterías

Observación No.	Nombre de las cajas	Trasladar hasta ubicación	Perchar	No. Cajas	proporcional (seg.)	Ubicación	sumatoria (seg.)
1	QEARL33014M14028	0:00:23	0:00:45	3	15	R, T11	38
2	QE8615FD000	0:00:13	0:02:09	8	16.125	R, T13	29.125
3	QEARL34011LS5008	0:00:32	0:02:33	7	21.85714286	R, T5	53.85714286
4	qearl33014m14012	0:00:17	0:00:36	3	12	r, pintura	29
5	QEARL34002LS9013	0:00:10	0:01:25	1	85	R, T11	95
6	QMM2KL3A03KM8021	0:00:09	0:01:03	4	15.75	S1, T11	24.75
7	QE25380FD100	0:00:32	0:01:16	5	15.2	R, FEM	47.2

8	QE9453FD000	0:00:38	0:01:12	4	18	R, PINTURA	56
9	QEARL32008M03008	0:00:17	0:01:16	1	76	R, T12	93
10	QEARL35013L56007	0:00:36	0:01:25	2	42.5	R, T13	78.5
11	QE84631FD3008	0:00:32	0:00:51	2	25.5	R, F6	57.5
12	QEARL3600LM03013	0:00:25	0:00:25	4	6.25	R, E	31.25
13	QEARL36002M06010	0:00:31	0:00:22	2	11	R, F6	42
14	QEARL35013L57007	0:00:18	0:01:37	4	24.25	R, E	42.25
15	QE85630FD3008	0:00:18	0:01:16	4	19	R, T9	37
16	QE97453FD000	0:00:24	0:01:11	4	17.75	R, PINTURA	41.75
17	QEARL36002m03011	0:00:46	0:00:44	1	44	R, PANEL	90
18	QEARL35013L59013	0:00:36	0:01:03	1	63	R, T11	99
19	QEARL33013M12006	0:00:17	0:01:49	4	27.25	R, F3	44.25
20	QEARL35013L59012	0:00:32	0:01:13	4	18.25	R, T13	50.25
21	QEARL36002M06024	0:00:33	0:00:33	3	11	R, T3	44
22	QEARL35013L61015	0:00:49	0:00:20	2	10	R, F9	59
23	QEARL33019M02023	0:00:38	0:00:18	4	4.5	R, CH2	42.5
24	QEARL35011L5504	0:00:39	0:01:34	8	11.75	R, T5	50.75
25	QEARL35009L61009	0:00:21	0:00:41	4	10.25	R, F11	31.25
26	QMM2KL3A05KM6012	0:00:25	0:01:30	11	8.181818182	S, PANEL	33.18181818
27	QMM2KL3A05KM6012	0:00:11	0:00:33	2	16.5	S, ENIGNE	27.5
28	QMM2KL3A05KM9001	0:00:13	0:00:15	2	7.5	S, T11	20.5
29	QMM2KL3A05KM6012	0:00:21	0:00:27	3	9	S, F9	30
30	QMM2KL3A05KM9009	0:00:21	0:00:41	3	13.666666667	S, F12	34.666666667
31	QMM2KL3A05KM9008	0:00:12	0:00:02	1	2	S, T11	14
32	QMM2KL3A05KM9017	0:00:16	0:01:39	2	49.5	S, ENGINE	65.5
33	QMM2KL3A05KM6012	0:00:11	0:00:48	5	9.6	S, PANEL	20.6
34	QMM2KL3A05KM5003	0:00:16	0:01:12	10	7.2	S, COLUMN	23.2
35	QMM2KL3A05KM5003	0:00:28	0:02:27	7	21	S, T11	49
36	QMM2KL3A03	0:00:29	0:01:05	9	7.222222222	S, T7	36.22222222
37	QMM2KL3A03KM9005	0:00:48	0:00:10	2	5	S, T7	53
38	QMM2KL3A05KM6019	0:00:19	0:00:32	4	8	S, T11	27
39	QMM2KL3A05KM9009	0:00:16	0:00:15	1	15	S, T9	31
40	QMM2KL3A05KM6019	0:00:07	0:00:11	1	11	S, FEM	18
41	QMM2KL3A05KM6021	0:00:08	0:00:17	1	17	S, T12	25
42	QMM2KL3A05KM90017	0:00:08	0:00:38	2	19	S, T9	27
43	QMM2KL3A05KM6019	0:00:08	0:00:28	2	14	S, FEM	22
44	QMM2KL3A05KM9007	0:00:13	0:02:40	12	13.333333333	S, T8	26.333333333
45	QMM2KL3A05KM9006	0:00:13	0:00:12	1	12	S, T12	25
46	QMM2KL3A05KM6019	0:00:33	0:01:28	10	8.8	S, F6	41.8
47	QMM2KL3A05KM9004	0:00:20	0:00:12	2	6	S, PANEL	26
48	QMM2KL3A05KM5001	0:00:12	0:00:22	2	11	S, F8	23

49	QMM2KL3A05KM6021	0:00:09	0:00:14	2	7	S, T5	16
50	QMM2KL3A05KM5003	0:00:17	0:03:22	9	22.44444444	S, T11	39.44444444

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Tiempos observados para la distribución a la línea

No. Observación	Nombre de la parte	Ir a ubicación del material recogiendo coches	consolidar	regresar a la línea	descargar material	doblar cajas y colocar en área de reciclaje	Sumatoria (seg.)
1	97100FD30008	0:00:42	0:01:18	0:00:56	0:00:48	0:01:54	338
2	0K30B3265XA	0:01:44	0:01:38	0:00:45	0:02:53	0:00:20	440
3	0K30A42010B	0:01:27	0:00:12	0:01:13	0:00:15	0:00:38	225
4	89830FD00008	0:00:42	0:00:10	0:00:39	0:00:12	0:01:46	209
5	89830FD00008	0:01:06	0:00:12	0:01:18	0:00:13	0:01:28	257
6	0K30B56960	0:00:38	0:00:07	0:01:15	0:01:50	0:00:48	278
7	55610FD000	0:01:48	0:00:52	0:01:52	0:02:55	0:01:27	534
8	84764FD30008	0:02:12	0:02:34	0:01:15	0:00:18	0:02:35	534
9	84764FD30008	0:01:02	0:00:12	0:00:47	0:00:08	0:00:00	129
10	55100FD000	0:00:44	0:00:16	0:00:59	0:02:48	0:01:56	403
11	825601F000	0:00:55	0:00:28	0:00:28	0:01:28	0:01:47	306
12	857151F100WK	0:00:41	0:03:39	0:01:05	0:04:32	0:01:02	659
13	857301F000WK	0:01:16	0:00:12	0:00:36	0:00:20	0:00:37	181
14	571902E002	0:01:08	0:04:13	0:00:59	0:00:42	0:00:29	451
15	872921F001	0:01:32	0:00:29	0:00:27	0:00:43	0:01:24	275
16	872981F001	0:00:29	0:02:01	0:00:29	0:00:08	0:00:36	223
17	437001F101	0:01:03	0:00:28	0:00:33	0:00:39	0:02:22	305
18	0K30A6023108	0:00:16	0:00:53	0:00:45	0:04:11	0:01:35	460
19	98610FD000	0:01:41	0:00:18	0:00:58	0:01:48	0:00:54	339
20	0K30A68760E08	0:01:02	0:00:33	0:01:27	0:00:55	0:01:37	334
21	0K30A72770A	0:01:02	0:00:33	0:01:27	0:00:53	0:00:43	278
22	QE86150FD000	0:01:12	0:00:33	0:01:27	0:01:27	0:01:28	367
23	86160FD000	0:01:12	0:00:33	0:01:27	0:01:08	0:01:26	346
24	QE86160FD00	0:01:12	0:00:33	0:01:27	0:01:35	0:00:00	287
25	QE92401FD010	0:01:16	0:00:33	0:01:27	0:00:39	0:00:25	260
26	QE92401FD010	0:01:16	0:00:33	0:01:27	0:00:31	0:02:47	394
27	0K30C6927006	0:00:58	0:00:31	0:01:12	0:01:58	0:02:02	401
28	0K30C6927006	0:00:58	0:00:31	0:01:12	0:01:38	0:01:13	332
29	97100FD3008	0:00:35	0:00:08	0:00:23	0:00:24	0:01:25	175
30	97200FD110	0:00:39	0:00:08	0:00:23	0:00:08	0:00:00	78
31	97200FD110	0:00:39	0:00:08	0:00:23	0:00:21	0:00:51	142
32	97100FD3008	0:00:39	0:00:08	0:00:23	0:00:22	0:00:00	92
33	97200FD110	0:00:39	0:00:08	0:00:23	0:00:17	0:01:53	200

34	97200FD110	0:00:39	0:00:08	0:00:23	0:00:21	0:01:28	179
35	97200FD110	0:00:39	0:00:08	0:00:23	0:00:11	0:02:39	240
36	97100FD3008	0:00:39	0:00:08	0:00:23	0:00:24	0:02:43	257
37	OK30A68170H06	0:00:33	0:00:31	0:00:27	0:03:24	0:01:15	370
38	OK30B61526	0:00:51	0:00:32	0:00:34	0:00:20	0:00:39	176
39	OK30A68760E08	0:00:51	0:00:32	0:00:39	0:01:50	0:02:56	408
40	89820FD04008	0:00:51	0:00:32	0:00:39	0:00:38	0:01:39	259
41	OK30B61526	0:00:48	0:00:10	0:00:36	0:00:47	0:01:58	259
42	831401F000	0:01:14	0:00:31	0:00:16	0:00:49	0:02:32	322
43	821401F000	0:01:14	0:00:31	0:00:16	0:00:49	0:01:48	278
44	97606FD100	0:01:03	0:00:06	0:00:54	0:00:33	0:02:20	296
45	97606FD100	0:01:03	0:00:06	0:00:54	0:00:22	0:01:54	259

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: tiempos observados para operaciones de manejo de materiales

Operación		1	
Control de inventario de partes locales y CKD	No. Observación	Control inventario (seg.)	
	1	743	
	2	937	
	3	844	
	4	1118	
	5	673	
	6	826	
	7	1071	
	8	868	
	9	1024	
	10	729	
	Promedio ----->		883.3
Operación		2	
Recepción de CKD y partes locales	Recepción partes locales	No. Observación	Recepción partes locales (seg.)
		1	531
		2	549
		3	1315
		4	377
		5	1137

		6	1048
		7	1122
		8	557
		9	1622
		10	1380
	Promedio ----->		963.8
	Recepción CKD	Después de mantener conversaciones con los operarios y directivos, se llegó a la conclusión de que en la recepción de material CKD los trabajadores se demoraban entre 2 y 4 minutos. Es decir, un promedio de 3 minutos por proceso de recepción de CKD de cada camión plataforma	
Operación	3		
Almacenamiento de CKD y partes locales	Almacenamiento partes locales	No. Observación	almacenamiento partes locales (seg.)
		1	386
		2	207
		3	1112
		4	194
		5	347
		6	156
		7	318
		8	285
		9	434
		10	1080
	Promedio ----->		451.9
	Almacenamiento CKD	Después de mantener conversaciones con los operarios y directivos, se llegó a la conclusión de que en el almacenamiento de material CKD los trabajadores se	

		demoraban aproximadamente de 1 a 2 minutos por contenedor de CKD. Es decir, un promedio de 1.5 minutos.
Operación	4	
Consolidación de pedido y entrega de CKD	No. Observación	Consolidación y entrega CKD (seg.)
	1	94
	2	132
	3	130
	4	82
	5	97
	6	167
	7	87
	8	60.5
	9	56.5
	10	190
	11	91.5
	12	54
	13	144
	14	147
	15	86
Promedio ----->	107.9	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 11: Detalle del tiempo de cada operación

Nota: Para la operación 1, los mismos 8 operarios que tienen a cargo la distribución del material a la línea son quienes también realizan el control de inventario. Es por este motivo que para evitar la doble contabilización, la cantidad de trabajadores de la operación 1 no se los toma en cuenta para obtener el número total de operarios.

Tabla 48: Detalle del tiempo para cada operación del manejo de materiales

No. Operación	Operación	Sub-Operación	No. Operarios	Frecuencia	Horas-Hombre totales por operación diaria	Detalle	Frecuencia mensual	Total horas-hombre/mes
1	Control de inventario de partes locales y CKD	—	8	1 vez por día	1.963	De acuerdo a conversaciones con los operarios, aproximadamente se demoran entre 10 y 15 minutos. Esto lo corroboran las mediciones del ANEXO 10. De esta manera, se toma este tiempo medido de 883.3 seg. para realizar el cálculo. Cada operario tiene asignado un segmento de línea. Como hay 8 operarios, se tiene un tiempo total de 7066,4 segundos para toda la línea	22	43.184
2	Recepción CKD y partes locales	Recepción partes locales	1	continua durante todo el día laboral	1.605	Tomando los datos presentados en el ANEXO 10, el tiempo registrado es de aproximadamente 963.8 seg. Aparte, se receiptan en promedio 6 camiones con material local por día	22	35.310
		Recepción CKD	1	continua durante la noche por cada día laborable del mes	1.900	De acuerdo a lo expuesto en el ANEXO 10, y conversaciones con los directivos del proceso se tiene un tiempo de 3 minutos por camión plataforma y una frecuencia de 38 recepciones por día	22	41.800

3	Almacenamiento CKD y partes locales	Almacenamiento partes locales	1	continua durante todo el día laboral	0.753	El tiempo obtenido después de diez observaciones es de 451.9 seg. En este proceso se almacena todo el material contenido en los 6 camiones pequeños que llegan por día.	22	16.570
		Almacenamiento CKD	3	continua durante la noche por cada día laborable del mes	11.400	Teniendo en cuenta los datos presentados en el ANEXO 10, se tiene un tiempo de almacenamiento promedio de 1.5 minutos por contenedor. Aparte, el almacenamiento se lo realiza la misma cantidad de veces que la recepción y cada camión plataforma puede cargar 12 contenedores	22	250.800
4	Consolidación de pedido y entrega de CKD	—	1	continua durante todo el día laboral	1.199	Según los operarios aproximadamente se demoraban entre 2 y cinco minutos. No obstante, las 15 mediciones del ANEXO 10 dieron un tiempo promedio de 107.9 seg. Aproximadamente se entregan 40 contenedores diarios	22	26.376
5	Apertura de contenedores	—	3	continua durante todo el día laboral	10.313	Tiempo estándar: 803.393 seg. Se agrega 60 seg por limpieza. Contenedores aperturados al día: Rio: 38, Sportage: 43 y Cerato: 47. En promedio: 43 contenedores	22	226.880
6	Perchado	—	2	continua durante todo el día laboral	4.669	Tiempo estándar: 56.596 seg. Cajas perchadas al día: Rio: 290, Sportage: 308 y Cerato: 293. En promedio: 297 contenedores	22	102.711

7	Distribución	—	8	continua durante todo el día laboral	51.837	Tiempo estándar: 415.5 seg. por ítem. Utilizando los datos del BOM de materiales (ANEXO 4) el número de ítems es: 332 para Sportage, 277, para Rio y 301 para Cerato. En los últimos 6 meses se encontró que se producen dirimente 40 vehículos, de los cuales 20 son Sportage, 10 son Rio y 10 Cerato. Proporcionalmente se tendrán 166 ítems para Sportage, 69.25 ítems para Rio y 75.25 para Cerato. Sumando un total de 310.5 ítems diarios. Se adicionan dos horas por operario ya que este tiempo se demoran en armar un vagón	22	1140.411
---	--------------	---	---	--------------------------------------	--------	--	----	----------

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 12: Tabla de costos relacionados con el mantenimiento de inventario

Tabla 49: Costos del mantenimiento de inventario - bodega ensamblaje final Aymesa S.A.

Costos mantenimiento de material - Bodega ensamblaje final	
1. Seguros e Impuestos	Porcentaje (% del costo del inventario)
1.1. Costo de aseguramiento del material	0.06%
1.2. Costo por seguridad y vigilancia del material	0.41%
1.3. Costo de impuestos por almacenamiento del material	0.00%
2. Espacio físico y manejo de materiales	Porcentaje (% del costo del inventario)
2.1. Alquiler bodega	0.00%
2.2. Amortización bodega	8.33%
2.3. Costo de mantenimiento de maquinaria	0.04%
2.3. Costo de mantenimiento del espacio físico y edificios	0.02%
2.4. Costo por luz eléctrica	0.01%
2.5. Costo por agua	0.01%
2.6. Costo por teléfono	0.01%
2.7. Costo por limpieza	0.04%
3. Costos por obsolescencia y deterioro del material	Porcentaje (% del costo del inventario)
3.1. Costo por material dañado o en malas condiciones	2.21%
3.2. Costo por material obsoleto o caducado	0.17%
4. Costo de oportunidad	Porcentaje (% del costo del inventario)
4.1. costo de capital	13.39%
Total	24.69%

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 13: Datos de producción de los últimos seis meses en Aymesa S.A.

Tabla 50: cantidades producidas en los últimos seis meses. Elaboración propia

Mes	Modelo	Cantidad
Enero 2014	Sportage	523
	Cerato	3
	Rio	180
Febrero 2014	Sportage	487
	Cerato	80
	Rio	279
Marzo 2014	Sportage	383
	Cerato	207
	Rio	174
Abril 2014	Sportage	446
	Cerato	309
	Rio	135
Mayo 2014	Sportage	396
	Cerato	260
	Rio	300
Junio 2014	Sportage	435
	Cerato	271
	Rio	304
Julio 2014	Sportage	380
	Cerato	256
	Rio	296

ANEXO 14: Planteamiento del modelo en Solver de Excel ®

Datos utilizados para el modelo:

Tabla 51: datos utilizados para el planteamiento del modelo. Elaboración propia

Ubicación codificada	Distancia hasta puerta de ingreso (m.)	Número de ubicación	Costo	Costo	Costo
			j=1, Sportage	j=2, Cerato	j=3, Rio
A111	13	1	8.61	2.97	3.63
A112	16	2	10.59	3.66	4.47
A113	19	3	12.58	4.34	5.30
A121	13	4	8.61	2.97	3.63
A122	16	5	10.59	3.66	4.47
A123	19	6	12.58	4.34	5.30
A131	14	7	9.27	3.20	3.91
A132	17	8	11.26	3.89	4.74
A133	20	9	13.24	4.57	5.58
A141	15.3	10	10.13	3.50	4.27
A142	18.3	11	12.12	4.18	5.11
A143	21.3	12	14.10	4.87	5.94
A151	17.8	13	11.79	4.07	4.97
A152	20.8	14	13.77	4.75	5.80
A153	23.8	15	15.76	5.44	6.64
A161	20.3	16	13.44	4.64	5.67
A162	23.3	17	15.43	5.33	6.50
A163	26.3	18	17.41	6.01	7.34
A171	22.8	19	15.10	5.21	6.36
A172	25.8	20	17.08	5.90	7.20

A173	28.8	21	19.07	6.58	8.04
A181	25.3	22	16.75	5.78	7.06
A182	28.3	23	18.74	6.47	7.90
A183	31.3	24	20.73	7.15	8.73
B211	40.075	25	26.54	9.16	11.18
B212	43.075	26	28.52	9.85	12.02
B213	46.075	27	30.51	10.53	12.86
B221	25.075	28	16.60	5.73	7.00
B222	28.075	29	18.59	6.42	7.83
B223	31.075	30	20.58	7.10	8.67
B231	27.575	31	18.26	6.30	7.70
B232	30.575	32	20.25	6.99	8.53
B233	33.575	33	22.23	7.67	9.37
B241	30.075	34	19.91	6.87	8.39
B242	33.075	35	21.90	7.56	9.23
B243	36.075	36	23.89	8.25	10.07
B251	32.575	37	21.57	7.45	9.09
B252	35.575	38	23.56	8.13	9.93
B253	38.575	39	25.54	8.82	10.77
B261	35.075	40	23.23	8.02	9.79
B262	38.075	41	25.21	8.70	10.63
B263	41.075	42	27.20	9.39	11.46
B271	37.575	43	24.88	8.59	10.49
B272	40.575	44	26.87	9.27	11.32
B273	43.575	45	28.85	9.96	12.16
B281	40.075	46	26.54	9.16	11.18
B282	43.075	47	28.52	9.85	12.02
B283	46.075	48	30.51	10.53	12.86
B311	22.575	49	14.95	5.16	6.30

B312	25.575	50	16.93	5.85	7.14
B313	28.575	51	18.92	6.53	7.97
B321	25.075	52	16.60	5.73	7.00
B322	28.075	53	18.59	6.42	7.83
B323	31.075	54	20.58	7.10	8.67
B331	27.575	55	18.26	6.30	7.70
B332	30.575	56	20.25	6.99	8.53
B333	33.575	57	22.23	7.67	9.37
B341	30.075	58	19.91	6.87	8.39
B342	33.075	59	21.90	7.56	9.23
B343	36.075	60	23.89	8.25	10.07
B351	32.575	61	21.57	7.45	9.09
B352	35.575	62	23.56	8.13	9.93
B353	38.575	63	25.54	8.82	10.77
B361	35.075	64	23.23	8.02	9.79
B362	38.075	65	25.21	8.70	10.63
B363	41.075	66	27.20	9.39	11.46
B371	37.575	67	24.88	8.59	10.49
B372	40.575	68	26.87	9.27	11.32
B373	43.575	69	28.85	9.96	12.16
B381	40.075	70	26.54	9.16	11.18
B382	43.075	71	28.52	9.85	12.02
B383	46.075	72	30.51	10.53	12.86
C411	30.875	73	20.44	7.06	8.62
C412	33.875	74	22.43	7.74	9.45
C413	36.875	75	24.42	8.43	10.29
C421	33.375	76	22.10	7.63	9.31
C422	36.375	77	24.09	8.31	10.15
C423	39.375	78	26.07	9.00	10.99

C431	35.875	79	23.76	8.20	10.01
C432	38.875	80	25.74	8.89	10.85
C433	41.875	81	27.73	9.57	11.69
C441	38.375	82	25.41	8.77	10.71
C442	41.375	83	27.40	9.46	11.55
C443	44.375	84	29.38	10.14	12.38
C451	40.875	85	27.07	9.34	11.41
C452	43.875	86	29.05	10.03	12.24
C453	46.875	87	31.04	10.71	13.08
C461	43.375	88	28.72	9.91	12.10
C462	46.375	89	30.71	10.60	12.94
C463	49.375	90	32.69	11.29	13.78
C471	45.875	91	30.38	10.49	12.80
C472	48.875	92	32.36	11.17	13.64
C473	51.875	93	34.35	11.86	14.48
C481	48.375	94	32.03	11.06	13.50
C482	51.375	95	34.02	11.74	14.34
C483	54.375	96	36.01	12.43	15.17
C511	30.875	97	20.44	7.06	8.62
C512	33.875	98	22.43	7.74	9.45
C513	36.875	99	24.42	8.43	10.29
C521	33.375	100	22.10	7.63	9.31
C522	36.375	101	24.09	8.31	10.15
C523	39.375	102	26.07	9.00	10.99
C531	35.875	103	23.76	8.20	10.01
C532	38.875	104	25.74	8.89	10.85
C533	41.875	105	27.73	9.57	11.69
C541	38.375	106	25.41	8.77	10.71
C542	41.375	107	27.40	9.46	11.55

C543	44.375	108	29.38	10.14	12.38
C551	40.875	109	27.07	9.34	11.41
C552	43.875	110	29.05	10.03	12.24
C553	46.875	111	31.04	10.71	13.08
C561	43.375	112	28.72	9.91	12.10
C562	46.375	113	30.71	10.60	12.94
C563	49.375	114	32.69	11.29	13.78
C571	45.875	115	30.38	10.49	12.80
C572	48.875	116	32.36	11.17	13.64
C573	51.875	117	34.35	11.86	14.48
C581	48.375	118	32.03	11.06	13.50
C582	51.375	119	34.02	11.74	14.34
C583	54.375	120	36.01	12.43	15.17
D611	39.175	121	25.94	8.95	10.93
D612	42.175	122	27.93	9.64	11.77
D613	45.175	123	29.91	10.33	12.61
D621	41.675	124	27.60	9.53	11.63
D622	44.675	125	29.58	10.21	12.47
D623	47.675	126	31.57	10.90	13.30
D631	44.175	127	29.25	10.10	12.33
D632	47.175	128	31.24	10.78	13.17
D633	50.175	129	33.22	11.47	14.00
D641	46.675	130	30.91	10.67	13.03
D642	49.675	131	32.89	11.35	13.86
D643	52.675	132	34.88	12.04	14.70
D651	49.175	133	32.56	11.24	13.72
D652	52.175	134	34.55	11.93	14.56
D653	55.175	135	36.53	12.61	15.40
D661	51.675	136	34.22	11.81	14.42

D662	54.675	137	36.20	12.50	15.26
D663	57.675	138	38.19	13.18	16.10
D671	54.175	139	35.87	12.38	15.12
D672	57.175	140	37.86	13.07	15.96
D673	60.175	141	39.85	13.75	16.79
D681	56.675	142	37.53	12.95	15.82
D682	59.675	143	39.51	13.64	16.65
D683	62.675	144	41.50	14.33	17.49
D711	39.175	145	25.94	8.95	10.93
D712	42.175	146	27.93	9.64	11.77
D713	45.175	147	29.91	10.33	12.61
D721	41.675	148	27.60	9.53	11.63
D722	44.675	149	29.58	10.21	12.47
D723	47.675	150	31.57	10.90	13.30
D731	44.175	151	29.25	10.10	12.33
D732	47.175	152	31.24	10.78	13.17
D733	50.175	153	33.22	11.47	14.00
D741	46.675	154	30.91	10.67	13.03
D742	49.675	155	32.89	11.35	13.86
D743	52.675	156	34.88	12.04	14.70
D751	49.175	157	32.56	11.24	13.72
D752	52.175	158	34.55	11.93	14.56
D753	55.175	159	36.53	12.61	15.40
D761	51.675	160	34.22	11.81	14.42
D762	54.675	161	36.20	12.50	15.26
D763	57.675	162	38.19	13.18	16.10
D771	54.175	163	35.87	12.38	15.12
D772	57.175	164	37.86	13.07	15.96
D773	60.175	165	39.85	13.75	16.79

D781	56.675	166	37.53	12.95	15.82
D782	59.675	167	39.51	13.64	16.65
D783	62.675	168	41.50	14.33	17.49
E811	47.475	169	31.44	10.85	13.25
E812	50.475	170	33.42	11.54	14.09
E813	53.475	171	35.41	12.22	14.92
E821	49.975	172	33.09	11.42	13.95
E822	52.975	173	35.08	12.11	14.78
E823	55.975	174	37.06	12.79	15.62
E831	52.475	175	34.75	11.99	14.64
E832	55.475	176	36.73	12.68	15.48
E833	58.475	177	38.72	13.37	16.32
E841	54.975	178	36.40	12.57	15.34
E842	57.975	179	38.39	13.25	16.18
E843	60.975	180	40.38	13.94	17.02
E851	57.475	181	38.06	13.14	16.04
E852	60.475	182	40.04	13.82	16.88
E853	63.475	183	42.03	14.51	17.71
E861	59.975	184	39.71	13.71	16.74
E862	62.975	185	41.70	14.39	17.57
E863	65.975	186	43.69	15.08	18.41
E871	62.475	187	41.37	14.28	17.43
E872	65.475	188	43.36	14.97	18.27
E873	68.475	189	45.34	15.65	19.11
E881	64.975	190	43.02	14.85	18.13
E882	67.975	191	45.01	15.54	18.97
E883	70.975	192	47.00	16.22	19.81
E911	47.475	193	31.44	10.85	13.25
E912	50.475	194	33.42	11.54	14.09

E913	53.475	195	35.41	12.22	14.92
E921	49.975	196	33.09	11.42	13.95
E922	52.975	197	35.08	12.11	14.78
E923	55.975	198	37.06	12.79	15.62
E931	52.475	199	34.75	11.99	14.64
E932	55.475	200	36.73	12.68	15.48
E933	58.475	201	38.72	13.37	16.32
E941	54.975	202	36.40	12.57	15.34
E942	57.975	203	38.39	13.25	16.18
E943	60.975	204	40.38	13.94	17.02
E951	57.475	205	38.06	13.14	16.04
E952	60.475	206	40.04	13.82	16.88
E953	63.475	207	42.03	14.51	17.71
E961	59.975	208	39.71	13.71	16.74
E962	62.975	209	41.70	14.39	17.57
E963	65.975	210	43.69	15.08	18.41
E971	62.475	211	41.37	14.28	17.43
E972	65.475	212	43.36	14.97	18.27
E973	68.475	213	45.34	15.65	19.11
E981	64.975	214	43.02	14.85	18.13
E982	67.975	215	45.01	15.54	18.97
E983	70.975	216	47.00	16.22	19.81
F1011	55.775	217	36.93	12.75	15.57
F1012	58.775	218	38.92	13.43	16.40
F1013	61.775	219	40.91	14.12	17.24
F1021	58.275	220	38.59	13.32	16.26
F1022	61.275	221	40.57	14.01	17.10
F1023	64.275	222	42.56	14.69	17.94
F1031	60.775	223	40.24	13.89	16.96

F1032	63.775	224	42.23	14.58	17.80
F1033	66.775	225	44.22	15.26	18.63
F1041	63.275	226	41.90	14.46	17.66
F1042	66.275	227	43.88	15.15	18.50
F1043	69.275	228	45.87	15.83	19.33
F1051	65.775	229	43.55	15.03	18.36
F1052	68.775	230	45.54	15.72	19.19
F1053	71.775	231	47.53	16.41	20.03
F1061	68.275	232	45.21	15.61	19.05
F1062	71.275	233	47.20	16.29	19.89
F1063	74.275	234	49.18	16.98	20.73
F1071	70.775	235	46.86	16.18	19.75
F1072	73.775	236	48.85	16.86	20.59
F1073	76.775	237	50.84	17.55	21.43
F1081	73.275	238	48.52	16.75	20.45
F1082	76.275	239	50.51	17.43	21.29
F1083	79.275	240	52.49	18.12	22.12
F1111	55.775	241	36.93	12.75	15.57
F1112	58.775	242	38.92	13.43	16.40
F1113	61.775	243	40.91	14.12	17.24
F1121	58.275	244	38.59	13.32	16.26
F1122	61.275	245	40.57	14.01	17.10
F1123	64.275	246	42.56	14.69	17.94
F1131	60.775	247	40.24	13.89	16.96
F1132	63.775	248	42.23	14.58	17.80
F1133	66.775	249	44.22	15.26	18.63
F1141	63.275	250	41.90	14.46	17.66
F1142	66.275	251	43.88	15.15	18.50
F1143	69.275	252	45.87	15.83	19.33

F1151	65.775	253	43.55	15.03	18.36
F1152	68.775	254	45.54	15.72	19.19
F1153	71.775	255	47.53	16.41	20.03
F1161	68.275	256	45.21	15.61	19.05
F1162	71.275	257	47.20	16.29	19.89
F1163	74.275	258	49.18	16.98	20.73
F1171	70.775	259	46.86	16.18	19.75
F1172	73.775	260	48.85	16.86	20.59
F1173	76.775	261	50.84	17.55	21.43
F1181	73.275	262	48.52	16.75	20.45
F1182	76.275	263	50.51	17.43	21.29
F1183	79.275	264	52.49	18.12	22.12
G1211	64.075	265	42.43	14.65	17.88
G1212	67.075	266	44.41	15.33	18.72
G1213	70.075	267	46.40	16.02	19.56
G1221	66.575	268	44.08	15.22	18.58
G1222	69.575	269	46.07	15.90	19.42
G1223	72.575	270	48.06	16.59	20.25
G1231	69.075	271	45.74	15.79	19.28
G1232	72.075	272	47.73	16.47	20.11
G1233	75.075	273	49.71	17.16	20.95
G1241	71.575	274	47.39	16.36	19.97
G1242	74.575	275	49.38	17.05	20.81
G1243	77.575	276	51.37	17.73	21.65
G1251	74.075	277	49.05	16.93	20.67
G1252	77.075	278	51.04	17.62	21.51
G1253	80.075	279	53.02	18.30	22.35
G1261	76.575	280	50.71	17.50	21.37
G1262	79.575	281	52.69	18.19	22.21

G1263	82.575	282	54.68	18.87	23.04
G1271	79.075	283	52.36	18.07	22.07
G1272	82.075	284	54.35	18.76	22.90
G1273	85.075	285	56.33	19.45	23.74
G1281	81.575	286	54.02	18.65	22.77
G1282	84.575	287	56.00	19.33	23.60
G1283	87.575	288	57.99	20.02	24.44
G1311	64.075	289	42.43	14.65	17.88
G1312	67.075	290	44.41	15.33	18.72
G1313	70.075	291	46.40	16.02	19.56
G1321	66.575	292	44.08	15.22	18.58
G1322	69.575	293	46.07	15.90	19.42
G1323	72.575	294	48.06	16.59	20.25
G1331	69.075	295	45.74	15.79	19.28
G1332	72.075	296	47.73	16.47	20.11
G1333	75.075	297	49.71	17.16	20.95
G1341	71.575	298	47.39	16.36	19.97
G1342	74.575	299	49.38	17.05	20.81
G1343	77.575	300	51.37	17.73	21.65
G1351	74.075	301	49.05	16.93	20.67
G1352	77.075	302	51.04	17.62	21.51
G1353	80.075	303	53.02	18.30	22.35
G1361	76.575	304	50.71	17.50	21.37
G1362	79.575	305	52.69	18.19	22.21
G1363	82.575	306	54.68	18.87	23.04
G1371	79.075	307	52.36	18.07	22.07
G1372	82.075	308	54.35	18.76	22.90
G1373	85.075	309	56.33	19.45	23.74
G1381	81.575	310	54.02	18.65	22.77

G1382	84.575	311	56.00	19.33	23.60
G1383	87.575	312	57.99	20.02	24.44
H1411	72.375	313	47.92	16.54	20.20
H1412	75.375	314	49.91	17.23	21.03
H1413	78.375	315	51.90	17.91	21.87
H1421	74.875	316	49.58	17.11	20.90
H1422	77.875	317	51.57	17.80	21.73
H1423	80.875	318	53.55	18.49	22.57
H1431	77.375	319	51.23	17.69	21.59
H1432	80.375	320	53.22	18.37	22.43
H1433	83.375	321	55.21	19.06	23.27
H1441	79.875	322	52.89	18.26	22.29
H1442	82.875	323	54.88	18.94	23.13
H1443	85.875	324	56.86	19.63	23.97
H1451	82.375	325	54.55	18.83	22.99
H1452	85.375	326	56.53	19.51	23.83
H1453	88.375	327	58.52	20.20	24.66
H1461	84.875	328	56.20	19.40	23.69
H1462	87.875	329	58.19	20.09	24.52
H1463	90.875	330	60.17	20.77	25.36
H1471	87.375	331	57.86	19.97	24.38
H1472	90.375	332	59.84	20.66	25.22
H1473	93.375	333	61.83	21.34	26.06
H1481	89.875	334	59.51	20.54	25.08
H1482	92.875	335	61.50	21.23	25.92
H1483	95.875	336	63.48	21.91	26.76
H1511	72.375	337	47.92	16.54	20.20
H1512	75.375	338	49.91	17.23	21.03
H1513	78.375	339	51.90	17.91	21.87

H1521	74.875	340	49.58	17.11	20.90
H1522	77.875	341	51.57	17.80	21.73
H1523	80.875	342	53.55	18.49	22.57
H1531	77.375	343	51.23	17.69	21.59
H1532	80.375	344	53.22	18.37	22.43
H1533	83.375	345	55.21	19.06	23.27
H1541	79.875	346	52.89	18.26	22.29
H1542	82.875	347	54.88	18.94	23.13
H1543	85.875	348	56.86	19.63	23.97
H1551	82.375	349	54.55	18.83	22.99
H1552	85.375	350	56.53	19.51	23.83
H1553	88.375	351	58.52	20.20	24.66
H1561	84.875	352	56.20	19.40	23.69
H1562	87.875	353	58.19	20.09	24.52
H1563	90.875	354	60.17	20.77	25.36
H1571	87.375	355	57.86	19.97	24.38
H1572	90.375	356	59.84	20.66	25.22
H1573	93.375	357	61.83	21.34	26.06
H1581	89.875	358	59.51	20.54	25.08
H1582	92.875	359	61.50	21.23	25.92
H1583	95.875	360	63.48	21.91	26.76
I1611	80.675	361	53.42	18.44	22.51
I1612	83.675	362	55.41	19.13	23.35
I1613	86.675	363	57.39	19.81	24.19
I1621	83.175	364	55.08	19.01	23.21
I1622	86.175	365	57.06	19.70	24.05
I1623	89.175	366	59.05	20.38	24.89
I1631	85.675	367	56.73	19.58	23.91
I1632	88.675	368	58.72	20.27	24.75

I1633	91.675	369	60.70	20.95	25.58
I1641	88.175	370	58.39	20.15	24.61
I1642	91.175	371	60.37	20.84	25.44
I1643	94.175	372	62.36	21.53	26.28
I1651	90.675	373	60.04	20.73	25.30
I1652	93.675	374	62.03	21.41	26.14
I1653	96.675	375	64.01	22.10	26.98
I1661	93.175	376	61.70	21.30	26.00
I1662	96.175	377	63.68	21.98	26.84
I1663	99.175	378	65.67	22.67	27.68
I1671	95.675	379	63.35	21.87	26.70
I1672	98.675	380	65.34	22.55	27.54
I1673	101.675	381	67.33	23.24	28.37
I1681	98.175	382	65.01	22.44	27.40
I1682	101.175	383	66.99	23.13	28.23
I1683	104.175	384	68.98	23.81	29.07

Planteamiento del modelo:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2								Función objetivo			Restricción 1			
3								Restricción 3			Restricción 1.1	=SUMA(F8:F391)	=	74
4								Las var. de decisión (xjk) deben ser binarias			Restricción 1.2	=SUMA(H8:H391)	=	70
5											Restricción 1.3	=SUMA(J8:J391)	=	43
6					Costo	Var. De decisión	Costo	Var. De decisión	Costo	Var. De decisión				
7		Ubicación	Distancia hasta	Número de	j=1, Sportage	(se ubica o no	j=2, Cerato	(se ubica o no	j=3, Rio	Var. De decisión (se ubica o no	Restricción 2			
		codificada	puerta de	ubicación		valor de 0 o 1)		valor de 0 o 1)		asignando un valor de 0 o 1)				
8		A111	13	1	8.61		2.97		3.63		Restricción 2.1	=SUMA(F8,H8,J8)	<=	1
9		A112	16	2	10.59		3.66		4.47		Restricción 2.2	=SUMA(F9,H9,J9)	<=	1
10		A113	19	3	12.58		4.34		5.30		Restricción 2.3	=SUMA(F10,H10,J10)	<=	1
11		A121	13	4	8.61		2.97		3.63		Restricción 2.4	=SUMA(F11,H11,J11)	<=	1
12		A122	16	5	10.59		3.66		4.47		Restricción 2.5	=SUMA(F12,H12,J12)	<=	1
13		A123	19	6	12.58		4.34		5.30		Restricción 2.6	=SUMA(F13,H13,J13)	<=	1
14		A131	14	7	9.27		3.20		3.91		Restricción 2.7	=SUMA(F14,H14,J14)	<=	1
15		A132	17	8	11.26		3.89		4.74		Restricción 2.8	=SUMA(F15,H15,J15)	<=	1
16		A133	20	9	13.24		4.57		5.58		Restricción 2.9	=SUMA(F16,H16,J16)	<=	1
17		A141	15.3	10	10.13		3.50		4.27		Restricción 2.10	=SUMA(F17,H17,J17)	<=	1
18		A142	18.3	11	12.12		4.18		5.11		Restricción 2.11	=SUMA(F18,H18,J18)	<=	1
19		A143	21.3	12	14.10		4.87		5.94		Restricción 2.12	=SUMA(F19,H19,J19)	<=	1
20		A151	17.8	13	11.79		4.07		4.97		Restricción 2.13	=SUMA(F20,H20,J20)	<=	1
21		A152	20.8	14	13.77		4.75		5.80		Restricción 2.14	=SUMA(F21,H21,J21)	<=	1
22		A153	23.8	15	15.76		5.44		6.64		Restricción 2.15	=SUMA(F22,H22,J22)	<=	1
23		A161	20.3	16	13.44		4.64		5.67		Restricción 2.16	=SUMA(F23,H23,J23)	<=	1

Figura 39: planteamiento del modelo en Excel. Elaboración propia

ANEXO 15: Resolución del modelo de asignación de ubicaciones en Open Solver ®

Tabla 52: solución del modelo matemático de ubicaciones con OpenSolver. Elaboración propia

										Función objetivo		2785.39		Restricción 1	
										Restricción 3					
										Las var. de decisión (x _{jk}) deben ser binarias		Restricción 1.1	74.00	=	74
												Restricción 1.2	70.00	=	70
												Restricción 1.3	43.00	=	43
Ubicación codificada	Distancia hasta puerta de ingreso	Número de ubicación	Costo		Var. De desición (se ubica o no asignando un valor de 0 o 1)	Costo		Var. De desición (se ubica o no asignando un valor de 0 o 1)	Costo		Var. De desición (se ubica o no asignando un valor de 0 o 1)	Restricción 2			
			j=1, Sportage	j=2, Cerato		j=3, Rio									
A111	13	1	8.61	2.97	1	0	3.63	0	Restricción 2.1	1	<=	1			
A112	16	2	10.59	3.66	1	0	4.47	0	Restricción 2.2	1	<=	1			
A113	19	3	12.58	4.34	1	0	5.30	0	Restricción 2.3	1	<=	1			
A121	13	4	8.61	2.97	1	0	3.63	0	Restricción 2.4	1	<=	1			
A122	16	5	10.59	3.66	1	0	4.47	0	Restricción 2.5	1	<=	1			
A123	19	6	12.58	4.34	1	0	5.30	0	Restricción 2.6	1	<=	1			
A131	14	7	9.27	3.20	1	0	3.91	0	Restricción 2.7	1	<=	1			
A132	17	8	11.26	3.89	1	0	4.74	0	Restricción 2.8	1	<=	1			
A133	20	9	13.24	4.57	1	0	5.58	0	Restricción 2.9	1	<=	1			
A141	15.3	10	10.13	3.50	1	0	4.27	0	Restricción 2.10	1	<=	1			
A142	18.3	11	12.12	4.18	1	0	5.11	0	Restricción 2.11	1	<=	1			
A143	21.3	12	14.10	4.87	1	0	5.94	0	Restricción 2.12	1	<=	1			
A151	17.8	13	11.79	4.07	1	0	4.97	0	Restricción 2.13	1	<=	1			
A152	20.8	14	13.77	4.75	1	0	5.80	0	Restricción 2.14	1	<=	1			
A153	23.8	15	15.76	5.44	1	0	6.64	0	Restricción 2.15	1	<=	1			
A161	20.3	16	13.44	4.64	1	0	5.67	0	Restricción 2.16	1	<=	1			

A162	23.3	17	15.43	1	5.33	0	6.50	0	Restricción 2.17	1	<=	1
A163	26.3	18	17.41	1	6.01	0	7.34	0	Restricción 2.18	1	<=	1
A171	22.8	19	15.10	1	5.21	0	6.36	0	Restricción 2.19	1	<=	1
A172	25.8	20	17.08	1	5.90	0	7.20	0	Restricción 2.20	1	<=	1
A173	28.8	21	19.07	1	6.58	0	8.04	0	Restricción 2.21	1	<=	1
A181	25.3	22	16.75	1	5.78	0	7.06	0	Restricción 2.22	1	<=	1
A182	28.3	23	18.74	1	6.47	0	7.90	0	Restricción 2.23	1	<=	1
A183	31.3	24	20.73	1	7.15	0	8.73	0	Restricción 2.24	1	<=	1
B211	40.075	25	26.54	0	9.16	0	11.18	1	Restricción 2.25	1	<=	1
B212	43.075	26	28.52	0	9.85	0	12.02	1	Restricción 2.26	1	<=	1
B213	46.075	27	30.51	0	10.53	0	12.86	1	Restricción 2.27	1	<=	1
B221	25.075	28	16.60	1	5.73	0	7.00	0	Restricción 2.28	1	<=	1
B222	28.075	29	18.59	1	6.42	0	7.83	0	Restricción 2.29	1	<=	1
B223	31.075	30	20.58	1	7.10	0	8.67	0	Restricción 2.30	1	<=	1
B231	27.575	31	18.26	1	6.30	0	7.70	0	Restricción 2.31	1	<=	1
B232	30.575	32	20.25	1	6.99	0	8.53	0	Restricción 2.32	1	<=	1
B233	33.575	33	22.23	1	7.67	0	9.37	0	Restricción 2.33	1	<=	1
B241	30.075	34	19.91	1	6.87	0	8.39	0	Restricción 2.34	1	<=	1
B242	33.075	35	21.90	1	7.56	0	9.23	0	Restricción 2.35	1	<=	1
B243	36.075	36	23.89	1	8.25	0	10.07	0	Restricción 2.36	1	<=	1
B251	32.575	37	21.57	1	7.45	0	9.09	0	Restricción 2.37	1	<=	1
B252	35.575	38	23.56	1	8.13	0	9.93	0	Restricción 2.38	1	<=	1
B253	38.575	39	25.54	1	8.82	0	10.77	0	Restricción 2.39	1	<=	1
B261	35.075	40	23.23	1	8.02	0	9.79	0	Restricción 2.40	1	<=	1
B262	38.075	41	25.21	1	8.70	0	10.63	0	Restricción 2.41	1	<=	1
B263	41.075	42	27.20	0	9.39	0	11.46	1	Restricción 2.42	1	<=	1
B271	37.575	43	24.88	1	8.59	0	10.49	0	Restricción 2.43	1	<=	1
B272	40.575	44	26.87	0	9.27	0	11.32	1	Restricción 2.44	1	<=	1
B273	43.575	45	28.85	0	9.96	0	12.16	1	Restricción 2.45	1	<=	1

B281	40.075	46	26.54	0	9.16	0	11.18	1	Restricción 2.46	1	<=	1
B282	43.075	47	28.52	0	9.85	0	12.02	1	Restricción 2.47	1	<=	1
B283	46.075	48	30.51	0	10.53	0	12.86	1	Restricción 2.48	1	<=	1
B311	22.575	49	14.95	1	5.16	0	6.30	0	Restricción 2.49	1	<=	1
B312	25.575	50	16.93	1	5.85	0	7.14	0	Restricción 2.50	1	<=	1
B313	28.575	51	18.92	1	6.53	0	7.97	0	Restricción 2.51	1	<=	1
B321	25.075	52	16.60	1	5.73	0	7.00	0	Restricción 2.52	1	<=	1
B322	28.075	53	18.59	1	6.42	0	7.83	0	Restricción 2.53	1	<=	1
B323	31.075	54	20.58	1	7.10	0	8.67	0	Restricción 2.54	1	<=	1
B331	27.575	55	18.26	1	6.30	0	7.70	0	Restricción 2.55	1	<=	1
B332	30.575	56	20.25	1	6.99	0	8.53	0	Restricción 2.56	1	<=	1
B333	33.575	57	22.23	1	7.67	0	9.37	0	Restricción 2.57	1	<=	1
B341	30.075	58	19.91	1	6.87	0	8.39	0	Restricción 2.58	1	<=	1
B342	33.075	59	21.90	1	7.56	0	9.23	0	Restricción 2.59	1	<=	1
B343	36.075	60	23.89	1	8.25	0	10.07	0	Restricción 2.60	1	<=	1
B351	32.575	61	21.57	1	7.45	0	9.09	0	Restricción 2.61	1	<=	1
B352	35.575	62	23.56	1	8.13	0	9.93	0	Restricción 2.62	1	<=	1
B353	38.575	63	25.54	1	8.82	0	10.77	0	Restricción 2.63	1	<=	1
B361	35.075	64	23.23	1	8.02	0	9.79	0	Restricción 2.64	1	<=	1
B362	38.075	65	25.21	1	8.70	0	10.63	0	Restricción 2.65	1	<=	1
B363	41.075	66	27.20	0	9.39	0	11.46	1	Restricción 2.66	1	<=	1
B371	37.575	67	24.88	1	8.59	0	10.49	0	Restricción 2.67	1	<=	1
B372	40.575	68	26.87	0	9.27	0	11.32	1	Restricción 2.68	1	<=	1
B373	43.575	69	28.85	0	9.96	0	12.16	1	Restricción 2.69	1	<=	1
B381	40.075	70	26.54	0	9.16	0	11.18	1	Restricción 2.70	1	<=	1
B382	43.075	71	28.52	0	9.85	0	12.02	1	Restricción 2.71	1	<=	1
B383	46.075	72	30.51	0	10.53	0	12.86	1	Restricción 2.72	1	<=	1
C411	30.875	73	20.44	1	7.06	0	8.62	0	Restricción 2.73	1	<=	1
C412	33.875	74	22.43	1	7.74	0	9.45	0	Restricción 2.74	1	<=	1

C413	36.875	75	24.42	1	8.43	0	10.29	0	Restricción 2.75	1	<=	1
C421	33.375	76	22.10	1	7.63	0	9.31	0	Restricción 2.76	1	<=	1
C422	36.375	77	24.09	1	8.31	0	10.15	0	Restricción 2.77	1	<=	1
C423	39.375	78	26.07	0	9.00	0	10.99	1	Restricción 2.78	1	<=	1
C431	35.875	79	23.76	1	8.20	0	10.01	0	Restricción 2.79	1	<=	1
C432	38.875	80	25.74	1	8.89	0	10.85	0	Restricción 2.80	1	<=	1
C433	41.875	81	27.73	0	9.57	0	11.69	1	Restricción 2.81	1	<=	1
C441	38.375	82	25.41	1	8.77	0	10.71	0	Restricción 2.82	1	<=	1
C442	41.375	83	27.40	0	9.46	0	11.55	1	Restricción 2.83	1	<=	1
C443	44.375	84	29.38	0	10.14	0	12.38	1	Restricción 2.84	1	<=	1
C451	40.875	85	27.07	0	9.34	0	11.41	1	Restricción 2.85	1	<=	1
C452	43.875	86	29.05	0	10.03	0	12.24	1	Restricción 2.86	1	<=	1
C453	46.875	87	31.04	0	10.71	1	13.08	0	Restricción 2.87	1	<=	1
C461	43.375	88	28.72	0	9.91	0	12.10	1	Restricción 2.88	1	<=	1
C462	46.375	89	30.71	0	10.60	0	12.94	1	Restricción 2.89	1	<=	1
C463	49.375	90	32.69	0	11.29	1	13.78	0	Restricción 2.90	1	<=	1
C471	45.875	91	30.38	0	10.49	0	12.80	1	Restricción 2.91	1	<=	1
C472	48.875	92	32.36	0	11.17	1	13.64	0	Restricción 2.92	1	<=	1
C473	51.875	93	34.35	0	11.86	1	14.48	0	Restricción 2.93	1	<=	1
C481	48.375	94	32.03	0	11.06	1	13.50	0	Restricción 2.94	1	<=	1
C482	51.375	95	34.02	0	11.74	1	14.34	0	Restricción 2.95	1	<=	1
C483	54.375	96	36.01	0	12.43	1	15.17	0	Restricción 2.96	1	<=	1
C511	30.875	97	20.44	1	7.06	0	8.62	0	Restricción 2.97	1	<=	1
C512	33.875	98	22.43	1	7.74	0	9.45	0	Restricción 2.98	1	<=	1
C513	36.875	99	24.42	1	8.43	0	10.29	0	Restricción 2.99	1	<=	1
C521	33.375	100	22.10	1	7.63	0	9.31	0	Restricción 2.100	1	<=	1
C522	36.375	101	24.09	1	8.31	0	10.15	0	Restricción 2.101	1	<=	1

C523	39.375	102	26.07	0	9.00	0	10.99	1	Restricción 2.102	1	<=	1
C531	35.875	103	23.76	1	8.20	0	10.01	0	Restricción 2.103	1	<=	1
C532	38.875	104	25.74	1	8.89	0	10.85	0	Restricción 2.104	1	<=	1
C533	41.875	105	27.73	0	9.57	0	11.69	1	Restricción 2.105	1	<=	1
C541	38.375	106	25.41	1	8.77	0	10.71	0	Restricción 2.106	1	<=	1
C542	41.375	107	27.40	0	9.46	0	11.55	1	Restricción 2.107	1	<=	1
C543	44.375	108	29.38	0	10.14	0	12.38	1	Restricción 2.108	1	<=	1
C551	40.875	109	27.07	0	9.34	0	11.41	1	Restricción 2.109	1	<=	1
C552	43.875	110	29.05	0	10.03	0	12.24	1	Restricción 2.110	1	<=	1
C553	46.875	111	31.04	0	10.71	1	13.08	0	Restricción 2.111	1	<=	1
C561	43.375	112	28.72	0	9.91	0	12.10	1	Restricción 2.112	1	<=	1
C562	46.375	113	30.71	0	10.60	1	12.94	0	Restricción 2.113	1	<=	1
C563	49.375	114	32.69	0	11.29	1	13.78	0	Restricción 2.114	1	<=	1
C571	45.875	115	30.38	0	10.49	0	12.80	1	Restricción 2.115	1	<=	1
C572	48.875	116	32.36	0	11.17	1	13.64	0	Restricción 2.116	1	<=	1
C573	51.875	117	34.35	0	11.86	1	14.48	0	Restricción 2.117	1	<=	1
C581	48.375	118	32.03	0	11.06	1	13.50	0	Restricción	1	<=	1

									2.118			
C582	51.375	119	34.02	0	11.74	1	14.34	0	Restricción 2.119	1	<=	1
C583	54.375	120	36.01	0	12.43	1	15.17	0	Restricción 2.120	1	<=	1
D611	39.175	121	25.94	1	8.95	0	10.93	0	Restricción 2.121	1	<=	1
D612	42.175	122	27.93	0	9.64	0	11.77	1	Restricción 2.122	1	<=	1
D613	45.175	123	29.91	0	10.33	0	12.61	1	Restricción 2.123	1	<=	1
D621	41.675	124	27.60	0	9.53	0	11.63	1	Restricción 2.124	1	<=	1
D622	44.675	125	29.58	0	10.21	0	12.47	1	Restricción 2.125	1	<=	1
D623	47.675	126	31.57	0	10.90	1	13.30	0	Restricción 2.126	1	<=	1
D631	44.175	127	29.25	0	10.10	0	12.33	1	Restricción 2.127	1	<=	1
D632	47.175	128	31.24	0	10.78	1	13.17	0	Restricción 2.128	1	<=	1
D633	50.175	129	33.22	0	11.47	1	14.00	0	Restricción 2.129	1	<=	1
D641	46.675	130	30.91	0	10.67	1	13.03	0	Restricción 2.130	1	<=	1
D642	49.675	131	32.89	0	11.35	1	13.86	0	Restricción 2.131	1	<=	1
D643	52.675	132	34.88	0	12.04	1	14.70	0	Restricción 2.132	1	<=	1
D651	49.175	133	32.56	0	11.24	1	13.72	0	Restricción 2.133	1	<=	1
D652	52.175	134	34.55	0	11.93	1	14.56	0	Restricción 2.134	1	<=	1

D653	55.175	135	36.53	0	12.61	1	15.40	0	Restricción 2.135	1	<=	1
D661	51.675	136	34.22	0	11.81	1	14.42	0	Restricción 2.136	1	<=	1
D662	54.675	137	36.20	0	12.50	1	15.26	0	Restricción 2.137	1	<=	1
D663	57.675	138	38.19	0	13.18	1	16.10	0	Restricción 2.138	1	<=	1
D671	54.175	139	35.87	0	12.38	1	15.12	0	Restricción 2.139	1	<=	1
D672	57.175	140	37.86	0	13.07	1	15.96	0	Restricción 2.140	1	<=	1
D673	60.175	141	39.85	0	13.75	0	16.79	0	Restricción 2.141	0	<=	1
D681	56.675	142	37.53	0	12.95	1	15.82	0	Restricción 2.142	1	<=	1
D682	59.675	143	39.51	0	13.64	0	16.65	0	Restricción 2.143	0	<=	1
D683	62.675	144	41.50	0	14.33	0	17.49	0	Restricción 2.144	0	<=	1
D711	39.175	145	25.94	0	8.95	0	10.93	1	Restricción 2.145	1	<=	1
D712	42.175	146	27.93	0	9.64	0	11.77	1	Restricción 2.146	1	<=	1
D713	45.175	147	29.91	0	10.33	0	12.61	1	Restricción 2.147	1	<=	1
D721	41.675	148	27.60	0	9.53	0	11.63	1	Restricción 2.148	1	<=	1
D722	44.675	149	29.58	0	10.21	0	12.47	1	Restricción 2.149	1	<=	1
D723	47.675	150	31.57	0	10.90	1	13.30	0	Restricción 2.150	1	<=	1
D731	44.175	151	29.25	0	10.10	0	12.33	1	Restricción	1	<=	1

									2.151			
D732	47.175	152	31.24	0	10.78	1	13.17	0	Restricción 2.152	1	<=	1
D733	50.175	153	33.22	0	11.47	1	14.00	0	Restricción 2.153	1	<=	1
D741	46.675	154	30.91	0	10.67	1	13.03	0	Restricción 2.154	1	<=	1
D742	49.675	155	32.89	0	11.35	1	13.86	0	Restricción 2.155	1	<=	1
D743	52.675	156	34.88	0	12.04	1	14.70	0	Restricción 2.156	1	<=	1
D751	49.175	157	32.56	0	11.24	1	13.72	0	Restricción 2.157	1	<=	1
D752	52.175	158	34.55	0	11.93	1	14.56	0	Restricción 2.158	1	<=	1
D753	55.175	159	36.53	0	12.61	1	15.40	0	Restricción 2.159	1	<=	1
D761	51.675	160	34.22	0	11.81	1	14.42	0	Restricción 2.160	1	<=	1
D762	54.675	161	36.20	0	12.50	1	15.26	0	Restricción 2.161	1	<=	1
D763	57.675	162	38.19	0	13.18	1	16.10	0	Restricción 2.162	1	<=	1
D771	54.175	163	35.87	0	12.38	1	15.12	0	Restricción 2.163	1	<=	1
D772	57.175	164	37.86	0	13.07	1	15.96	0	Restricción 2.164	1	<=	1
D773	60.175	165	39.85	0	13.75	0	16.79	0	Restricción 2.165	0	<=	1
D781	56.675	166	37.53	0	12.95	1	15.82	0	Restricción 2.166	1	<=	1
D782	59.675	167	39.51	0	13.64	0	16.65	0	Restricción 2.167	0	<=	1

D783	62.675	168	41.50	0	14.33	0	17.49	0	Restricción 2.168	0	<=	1
E811	47.475	169	31.44	0	10.85	1	13.25	0	Restricción 2.169	1	<=	1
E812	50.475	170	33.42	0	11.54	1	14.09	0	Restricción 2.170	1	<=	1
E813	53.475	171	35.41	0	12.22	1	14.92	0	Restricción 2.171	1	<=	1
E821	49.975	172	33.09	0	11.42	1	13.95	0	Restricción 2.172	1	<=	1
E822	52.975	173	35.08	0	12.11	1	14.78	0	Restricción 2.173	1	<=	1
E823	55.975	174	37.06	0	12.79	1	15.62	0	Restricción 2.174	1	<=	1
E831	52.475	175	34.75	0	11.99	1	14.64	0	Restricción 2.175	1	<=	1
E832	55.475	176	36.73	0	12.68	1	15.48	0	Restricción 2.176	1	<=	1
E833	58.475	177	38.72	0	13.37	0	16.32	0	Restricción 2.177	0	<=	1
E841	54.975	178	36.40	0	12.57	1	15.34	0	Restricción 2.178	1	<=	1
E842	57.975	179	38.39	0	13.25	1	16.18	0	Restricción 2.179	1	<=	1
E843	60.975	180	40.38	0	13.94	0	17.02	0	Restricción 2.180	0	<=	1
E851	57.475	181	38.06	0	13.14	1	16.04	0	Restricción 2.181	1	<=	1
E852	60.475	182	40.04	0	13.82	0	16.88	0	Restricción 2.182	0	<=	1
E853	63.475	183	42.03	0	14.51	0	17.71	0	Restricción 2.183	0	<=	1
E861	59.975	184	39.71	0	13.71	0	16.74	0	Restricción	0	<=	1

									2.184			
E862	62.975	185	41.70	0	14.39	0	17.57	0	Restricción 2.185	0	<=	1
E863	65.975	186	43.69	0	15.08	0	18.41	0	Restricción 2.186	0	<=	1
E871	62.475	187	41.37	0	14.28	0	17.43	0	Restricción 2.187	0	<=	1
E872	65.475	188	43.36	0	14.97	0	18.27	0	Restricción 2.188	0	<=	1
E873	68.475	189	45.34	0	15.65	0	19.11	0	Restricción 2.189	0	<=	1
E881	64.975	190	43.02	0	14.85	0	18.13	0	Restricción 2.190	0	<=	1
E882	67.975	191	45.01	0	15.54	0	18.97	0	Restricción 2.191	0	<=	1
E883	70.975	192	47.00	0	16.22	0	19.81	0	Restricción 2.192	0	<=	1
E911	47.475	193	31.44	0	10.85	1	13.25	0	Restricción 2.193	1	<=	1
E912	50.475	194	33.42	0	11.54	1	14.09	0	Restricción 2.194	1	<=	1
E913	53.475	195	35.41	0	12.22	1	14.92	0	Restricción 2.195	1	<=	1
E921	49.975	196	33.09	0	11.42	1	13.95	0	Restricción 2.196	1	<=	1
E922	52.975	197	35.08	0	12.11	1	14.78	0	Restricción 2.197	1	<=	1
E923	55.975	198	37.06	0	12.79	1	15.62	0	Restricción 2.198	1	<=	1
E931	52.475	199	34.75	0	11.99	1	14.64	0	Restricción 2.199	1	<=	1
E932	55.475	200	36.73	0	12.68	1	15.48	0	Restricción 2.200	1	<=	1

E933	58.475	201	38.72	0	13.37	0	16.32	0	Restricción 2.201	0	<=	1
E941	54.975	202	36.40	0	12.57	1	15.34	0	Restricción 2.202	1	<=	1
E942	57.975	203	38.39	0	13.25	1	16.18	0	Restricción 2.203	1	<=	1
E943	60.975	204	40.38	0	13.94	0	17.02	0	Restricción 2.204	0	<=	1
E951	57.475	205	38.06	0	13.14	1	16.04	0	Restricción 2.205	1	<=	1
E952	60.475	206	40.04	0	13.82	0	16.88	0	Restricción 2.206	0	<=	1
E953	63.475	207	42.03	0	14.51	0	17.71	0	Restricción 2.207	0	<=	1
E961	59.975	208	39.71	0	13.71	0	16.74	0	Restricción 2.208	0	<=	1
E962	62.975	209	41.70	0	14.39	0	17.57	0	Restricción 2.209	0	<=	1
E963	65.975	210	43.69	0	15.08	0	18.41	0	Restricción 2.210	0	<=	1
E971	62.475	211	41.37	0	14.28	0	17.43	0	Restricción 2.211	0	<=	1
E972	65.475	212	43.36	0	14.97	0	18.27	0	Restricción 2.212	0	<=	1
E973	68.475	213	45.34	0	15.65	0	19.11	0	Restricción 2.213	0	<=	1
E981	64.975	214	43.02	0	14.85	0	18.13	0	Restricción 2.214	0	<=	1
E982	67.975	215	45.01	0	15.54	0	18.97	0	Restricción 2.215	0	<=	1
E983	70.975	216	47.00	0	16.22	0	19.81	0	Restricción 2.216	0	<=	1
F1011	55.775	217	36.93	0	12.75	1	15.57	0	Restricción	1	<=	1

									2.217			
F1012	58.775	218	38.92	0	13.43	0	16.40	0	Restricción 2.218	0	<=	1
F1013	61.775	219	40.91	0	14.12	0	17.24	0	Restricción 2.219	0	<=	1
F1021	58.275	220	38.59	0	13.32	1	16.26	0	Restricción 2.220	1	<=	1
F1022	61.275	221	40.57	0	14.01	0	17.10	0	Restricción 2.221	0	<=	1
F1023	64.275	222	42.56	0	14.69	0	17.94	0	Restricción 2.222	0	<=	1
F1031	60.775	223	40.24	0	13.89	0	16.96	0	Restricción 2.223	0	<=	1
F1032	63.775	224	42.23	0	14.58	0	17.80	0	Restricción 2.224	0	<=	1
F1033	66.775	225	44.22	0	15.26	0	18.63	0	Restricción 2.225	0	<=	1
F1041	63.275	226	41.90	0	14.46	0	17.66	0	Restricción 2.226	0	<=	1
F1042	66.275	227	43.88	0	15.15	0	18.50	0	Restricción 2.227	0	<=	1
F1043	69.275	228	45.87	0	15.83	0	19.33	0	Restricción 2.228	0	<=	1
F1051	65.775	229	43.55	0	15.03	0	18.36	0	Restricción 2.229	0	<=	1
F1052	68.775	230	45.54	0	15.72	0	19.19	0	Restricción 2.230	0	<=	1
F1053	71.775	231	47.53	0	16.41	0	20.03	0	Restricción 2.231	0	<=	1
F1061	68.275	232	45.21	0	15.61	0	19.05	0	Restricción 2.232	0	<=	1
F1062	71.275	233	47.20	0	16.29	0	19.89	0	Restricción 2.233	0	<=	1

F1063	74.275	234	49.18	0	16.98	0	20.73	0	Restricción 2.234	0	<=	1
F1071	70.775	235	46.86	0	16.18	0	19.75	0	Restricción 2.235	0	<=	1
F1072	73.775	236	48.85	0	16.86	0	20.59	0	Restricción 2.236	0	<=	1
F1073	76.775	237	50.84	0	17.55	0	21.43	0	Restricción 2.237	0	<=	1
F1081	73.275	238	48.52	0	16.75	0	20.45	0	Restricción 2.238	0	<=	1
F1082	76.275	239	50.51	0	17.43	0	21.29	0	Restricción 2.239	0	<=	1
F1083	79.275	240	52.49	0	18.12	0	22.12	0	Restricción 2.240	0	<=	1
F1111	55.775	241	36.93	0	12.75	1	15.57	0	Restricción 2.241	1	<=	1
F1112	58.775	242	38.92	0	13.43	0	16.40	0	Restricción 2.242	0	<=	1
F1113	61.775	243	40.91	0	14.12	0	17.24	0	Restricción 2.243	0	<=	1
F1121	58.275	244	38.59	0	13.32	0	16.26	0	Restricción 2.244	0	<=	1
F1122	61.275	245	40.57	0	14.01	0	17.10	0	Restricción 2.245	0	<=	1
F1123	64.275	246	42.56	0	14.69	0	17.94	0	Restricción 2.246	0	<=	1
F1131	60.775	247	40.24	0	13.89	0	16.96	0	Restricción 2.247	0	<=	1
F1132	63.775	248	42.23	0	14.58	0	17.80	0	Restricción 2.248	0	<=	1
F1133	66.775	249	44.22	0	15.26	0	18.63	0	Restricción 2.249	0	<=	1
F1141	63.275	250	41.90	0	14.46	0	17.66	0	Restricción	0	<=	1

									2.250			
F1142	66.275	251	43.88	0	15.15	0	18.50	0	Restricción 2.251	0	<=	1
F1143	69.275	252	45.87	0	15.83	0	19.33	0	Restricción 2.252	0	<=	1
F1151	65.775	253	43.55	0	15.03	0	18.36	0	Restricción 2.253	0	<=	1
F1152	68.775	254	45.54	0	15.72	0	19.19	0	Restricción 2.254	0	<=	1
F1153	71.775	255	47.53	0	16.41	0	20.03	0	Restricción 2.255	0	<=	1
F1161	68.275	256	45.21	0	15.61	0	19.05	0	Restricción 2.256	0	<=	1
F1162	71.275	257	47.20	0	16.29	0	19.89	0	Restricción 2.257	0	<=	1
F1163	74.275	258	49.18	0	16.98	0	20.73	0	Restricción 2.258	0	<=	1
F1171	70.775	259	46.86	0	16.18	0	19.75	0	Restricción 2.259	0	<=	1
F1172	73.775	260	48.85	0	16.86	0	20.59	0	Restricción 2.260	0	<=	1
F1173	76.775	261	50.84	0	17.55	0	21.43	0	Restricción 2.261	0	<=	1
F1181	73.275	262	48.52	0	16.75	0	20.45	0	Restricción 2.262	0	<=	1
F1182	76.275	263	50.51	0	17.43	0	21.29	0	Restricción 2.263	0	<=	1
F1183	79.275	264	52.49	0	18.12	0	22.12	0	Restricción 2.264	0	<=	1
G1211	64.075	265	42.43	0	14.65	0	17.88	0	Restricción 2.265	0	<=	1
G1212	67.075	266	44.41	0	15.33	0	18.72	0	Restricción 2.266	0	<=	1

G1213	70.075	267	46.40	0	16.02	0	19.56	0	Restricción 2.267	0	<=	1
G1221	66.575	268	44.08	0	15.22	0	18.58	0	Restricción 2.268	0	<=	1
G1222	69.575	269	46.07	0	15.90	0	19.42	0	Restricción 2.269	0	<=	1
G1223	72.575	270	48.06	0	16.59	0	20.25	0	Restricción 2.270	0	<=	1
G1231	69.075	271	45.74	0	15.79	0	19.28	0	Restricción 2.271	0	<=	1
G1232	72.075	272	47.73	0	16.47	0	20.11	0	Restricción 2.272	0	<=	1
G1233	75.075	273	49.71	0	17.16	0	20.95	0	Restricción 2.273	0	<=	1
G1241	71.575	274	47.39	0	16.36	0	19.97	0	Restricción 2.274	0	<=	1
G1242	74.575	275	49.38	0	17.05	0	20.81	0	Restricción 2.275	0	<=	1
G1243	77.575	276	51.37	0	17.73	0	21.65	0	Restricción 2.276	0	<=	1
G1251	74.075	277	49.05	0	16.93	0	20.67	0	Restricción 2.277	0	<=	1
G1252	77.075	278	51.04	0	17.62	0	21.51	0	Restricción 2.278	0	<=	1
G1253	80.075	279	53.02	0	18.30	0	22.35	0	Restricción 2.279	0	<=	1
G1261	76.575	280	50.71	0	17.50	0	21.37	0	Restricción 2.280	0	<=	1
G1262	79.575	281	52.69	0	18.19	0	22.21	0	Restricción 2.281	0	<=	1
G1263	82.575	282	54.68	0	18.87	0	23.04	0	Restricción 2.282	0	<=	1
G1271	79.075	283	52.36	0	18.07	0	22.07	0	Restricción	0	<=	1

										2.283		
G1272	82.075	284	54.35	0	18.76	0	22.90	0	0	Restricción 2.284	0	<= 1
G1273	85.075	285	56.33	0	19.45	0	23.74	0	0	Restricción 2.285	0	<= 1
G1281	81.575	286	54.02	0	18.65	0	22.77	0	0	Restricción 2.286	0	<= 1
G1282	84.575	287	56.00	0	19.33	0	23.60	0	0	Restricción 2.287	0	<= 1
G1283	87.575	288	57.99	0	20.02	0	24.44	0	0	Restricción 2.288	0	<= 1
G1311	64.075	289	42.43	0	14.65	0	17.88	0	0	Restricción 2.289	0	<= 1
G1312	67.075	290	44.41	0	15.33	0	18.72	0	0	Restricción 2.290	0	<= 1
G1313	70.075	291	46.40	0	16.02	0	19.56	0	0	Restricción 2.291	0	<= 1
G1321	66.575	292	44.08	0	15.22	0	18.58	0	0	Restricción 2.292	0	<= 1
G1322	69.575	293	46.07	0	15.90	0	19.42	0	0	Restricción 2.293	0	<= 1
G1323	72.575	294	48.06	0	16.59	0	20.25	0	0	Restricción 2.294	0	<= 1
G1331	69.075	295	45.74	0	15.79	0	19.28	0	0	Restricción 2.295	0	<= 1
G1332	72.075	296	47.73	0	16.47	0	20.11	0	0	Restricción 2.296	0	<= 1
G1333	75.075	297	49.71	0	17.16	0	20.95	0	0	Restricción 2.297	0	<= 1
G1341	71.575	298	47.39	0	16.36	0	19.97	0	0	Restricción 2.298	0	<= 1
G1342	74.575	299	49.38	0	17.05	0	20.81	0	0	Restricción 2.299	0	<= 1

G1343	77.575	300	51.37	0	17.73	0	21.65	0	Restricción 2.300	0	<=	1
G1351	74.075	301	49.05	0	16.93	0	20.67	0	Restricción 2.301	0	<=	1
G1352	77.075	302	51.04	0	17.62	0	21.51	0	Restricción 2.302	0	<=	1
G1353	80.075	303	53.02	0	18.30	0	22.35	0	Restricción 2.303	0	<=	1
G1361	76.575	304	50.71	0	17.50	0	21.37	0	Restricción 2.304	0	<=	1
G1362	79.575	305	52.69	0	18.19	0	22.21	0	Restricción 2.305	0	<=	1
G1363	82.575	306	54.68	0	18.87	0	23.04	0	Restricción 2.306	0	<=	1
G1371	79.075	307	52.36	0	18.07	0	22.07	0	Restricción 2.307	0	<=	1
G1372	82.075	308	54.35	0	18.76	0	22.90	0	Restricción 2.308	0	<=	1
G1373	85.075	309	56.33	0	19.45	0	23.74	0	Restricción 2.309	0	<=	1
G1381	81.575	310	54.02	0	18.65	0	22.77	0	Restricción 2.310	0	<=	1
G1382	84.575	311	56.00	0	19.33	0	23.60	0	Restricción 2.311	0	<=	1
G1383	87.575	312	57.99	0	20.02	0	24.44	0	Restricción 2.312	0	<=	1
H1411	72.375	313	47.92	0	16.54	0	20.20	0	Restricción 2.313	0	<=	1
H1412	75.375	314	49.91	0	17.23	0	21.03	0	Restricción 2.314	0	<=	1
H1413	78.375	315	51.90	0	17.91	0	21.87	0	Restricción 2.315	0	<=	1
H1421	74.875	316	49.58	0	17.11	0	20.90	0	Restricción	0	<=	1

									2.316			
H1422	77.875	317	51.57	0	17.80	0	21.73	0	Restricción 2.317	0	<=	1
H1423	80.875	318	53.55	0	18.49	0	22.57	0	Restricción 2.318	0	<=	1
H1431	77.375	319	51.23	0	17.69	0	21.59	0	Restricción 2.319	0	<=	1
H1432	80.375	320	53.22	0	18.37	0	22.43	0	Restricción 2.320	0	<=	1
H1433	83.375	321	55.21	0	19.06	0	23.27	0	Restricción 2.321	0	<=	1
H1441	79.875	322	52.89	0	18.26	0	22.29	0	Restricción 2.322	0	<=	1
H1442	82.875	323	54.88	0	18.94	0	23.13	0	Restricción 2.323	0	<=	1
H1443	85.875	324	56.86	0	19.63	0	23.97	0	Restricción 2.324	0	<=	1
H1451	82.375	325	54.55	0	18.83	0	22.99	0	Restricción 2.325	0	<=	1
H1452	85.375	326	56.53	0	19.51	0	23.83	0	Restricción 2.326	0	<=	1
H1453	88.375	327	58.52	0	20.20	0	24.66	0	Restricción 2.327	0	<=	1
H1461	84.875	328	56.20	0	19.40	0	23.69	0	Restricción 2.328	0	<=	1
H1462	87.875	329	58.19	0	20.09	0	24.52	0	Restricción 2.329	0	<=	1
H1463	90.875	330	60.17	0	20.77	0	25.36	0	Restricción 2.330	0	<=	1
H1471	87.375	331	57.86	0	19.97	0	24.38	0	Restricción 2.331	0	<=	1
H1472	90.375	332	59.84	0	20.66	0	25.22	0	Restricción 2.332	0	<=	1

H1473	93.375	333	61.83	0	21.34	0	26.06	0	Restricción 2.333	0	<=	1
H1481	89.875	334	59.51	0	20.54	0	25.08	0	Restricción 2.334	0	<=	1
H1482	92.875	335	61.50	0	21.23	0	25.92	0	Restricción 2.335	0	<=	1
H1483	95.875	336	63.48	0	21.91	0	26.76	0	Restricción 2.336	0	<=	1
H1511	72.375	337	47.92	0	16.54	0	20.20	0	Restricción 2.337	0	<=	1
H1512	75.375	338	49.91	0	17.23	0	21.03	0	Restricción 2.338	0	<=	1
H1513	78.375	339	51.90	0	17.91	0	21.87	0	Restricción 2.339	0	<=	1
H1521	74.875	340	49.58	0	17.11	0	20.90	0	Restricción 2.340	0	<=	1
H1522	77.875	341	51.57	0	17.80	0	21.73	0	Restricción 2.341	0	<=	1
H1523	80.875	342	53.55	0	18.49	0	22.57	0	Restricción 2.342	0	<=	1
H1531	77.375	343	51.23	0	17.69	0	21.59	0	Restricción 2.343	0	<=	1
H1532	80.375	344	53.22	0	18.37	0	22.43	0	Restricción 2.344	0	<=	1
H1533	83.375	345	55.21	0	19.06	0	23.27	0	Restricción 2.345	0	<=	1
H1541	79.875	346	52.89	0	18.26	0	22.29	0	Restricción 2.346	0	<=	1
H1542	82.875	347	54.88	0	18.94	0	23.13	0	Restricción 2.347	0	<=	1
H1543	85.875	348	56.86	0	19.63	0	23.97	0	Restricción 2.348	0	<=	1
H1551	82.375	349	54.55	0	18.83	0	22.99	0	Restricción	0	<=	1

									2.349			
H1552	85.375	350	56.53	0	19.51	0	23.83	0	Restricción 2.350	0	<=	1
H1553	88.375	351	58.52	0	20.20	0	24.66	0	Restricción 2.351	0	<=	1
H1561	84.875	352	56.20	0	19.40	0	23.69	0	Restricción 2.352	0	<=	1
H1562	87.875	353	58.19	0	20.09	0	24.52	0	Restricción 2.353	0	<=	1
H1563	90.875	354	60.17	0	20.77	0	25.36	0	Restricción 2.354	0	<=	1
H1571	87.375	355	57.86	0	19.97	0	24.38	0	Restricción 2.355	0	<=	1
H1572	90.375	356	59.84	0	20.66	0	25.22	0	Restricción 2.356	0	<=	1
H1573	93.375	357	61.83	0	21.34	0	26.06	0	Restricción 2.357	0	<=	1
H1581	89.875	358	59.51	0	20.54	0	25.08	0	Restricción 2.358	0	<=	1
H1582	92.875	359	61.50	0	21.23	0	25.92	0	Restricción 2.359	0	<=	1
H1583	95.875	360	63.48	0	21.91	0	26.76	0	Restricción 2.360	0	<=	1
I1611	80.675	361	53.42	0	18.44	0	22.51	0	Restricción 2.361	0	<=	1
I1612	83.675	362	55.41	0	19.13	0	23.35	0	Restricción 2.362	0	<=	1
I1613	86.675	363	57.39	0	19.81	0	24.19	0	Restricción 2.363	0	<=	1
I1621	83.175	364	55.08	0	19.01	0	23.21	0	Restricción 2.364	0	<=	1
I1622	86.175	365	57.06	0	19.70	0	24.05	0	Restricción 2.365	0	<=	1

I1623	89.175	366	59.05	0	20.38	0	24.89	0	Restricción 2.366	0	<=	1
I1631	85.675	367	56.73	0	19.58	0	23.91	0	Restricción 2.367	0	<=	1
I1632	88.675	368	58.72	0	20.27	0	24.75	0	Restricción 2.368	0	<=	1
I1633	91.675	369	60.70	0	20.95	0	25.58	0	Restricción 2.369	0	<=	1
I1641	88.175	370	58.39	0	20.15	0	24.61	0	Restricción 2.370	0	<=	1
I1642	91.175	371	60.37	0	20.84	0	25.44	0	Restricción 2.371	0	<=	1
I1643	94.175	372	62.36	0	21.53	0	26.28	0	Restricción 2.372	0	<=	1
I1651	90.675	373	60.04	0	20.73	0	25.30	0	Restricción 2.373	0	<=	1
I1652	93.675	374	62.03	0	21.41	0	26.14	0	Restricción 2.374	0	<=	1
I1653	96.675	375	64.01	0	22.10	0	26.98	0	Restricción 2.375	0	<=	1
I1661	93.175	376	61.70	0	21.30	0	26.00	0	Restricción 2.376	0	<=	1
I1662	96.175	377	63.68	0	21.98	0	26.84	0	Restricción 2.377	0	<=	1
I1663	99.175	378	65.67	0	22.67	0	27.68	0	Restricción 2.378	0	<=	1
I1671	95.675	379	63.35	0	21.87	0	26.70	0	Restricción 2.379	0	<=	1
I1672	98.675	380	65.34	0	22.55	0	27.54	0	Restricción 2.380	0	<=	1
I1673	101.675	381	67.33	0	23.24	0	28.37	0	Restricción 2.381	0	<=	1
I1681	98.175	382	65.01	0	22.44	0	27.40	0	Restricción	0	<=	1

									2.382			
I1682	101.175	383	66.99	0	23.13	0	28.23	0	Restricción 2.383	0	<=	1
I1683	104.175	384	68.98	0	23.81	0	29.07	0	Restricción 2.384	0	<=	1

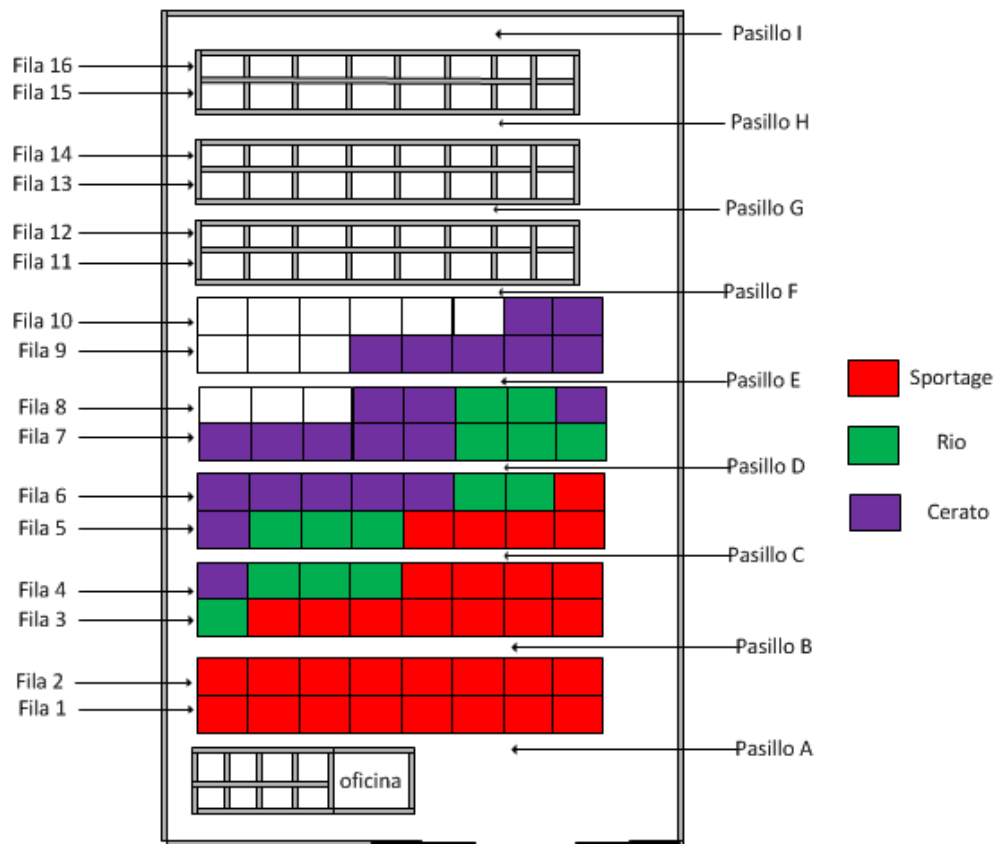


Figura 40: output del modelo de ubicaciones para el material del primer nivel. Elaboración propia

ANEXO 16: Tiempos recolectados para la simulación y número de piezas por reposición para cada estación

Tiempos de arribo de carrocerías:

No.	Modelo en estación	tiempo entre arribos	segundos
1	Sportage	0:15:04	904
2	Sportage	0:09:31	571
3	Sportage	0:09:35	575
4	Sportage	0:09:48	588
5	Sportage	0:09:16	556
6	Sportage	0:12:58	778
7	Sportage	0:09:34	574
8	Sportage	0:09:21	561
9	Sportage	0:12:21	741
10	Cerato	0:09:18	558
11	Sportage	0:13:53	833
12	Sportage	0:09:34	574
13	Sportage	0:10:32	632
14	Cerato	0:09:43	583
15	Cerato	0:10:49	649
16	Cerato	0:09:41	581
17	Cerato	0:09:28	568
18	Cerato	0:09:27	567
19	Sportage	0:09:38	578
20	Sportage	0:09:37	577
21	Sportage	0:09:15	555
22	Cerato	0:11:04	664
23	Cerato	0:09:16	556
24	Cerato	0:09:23	563
25	Sportage	0:09:46	586

26	Sportage	0:09:15	555
27	Sportage	0:09:39	579
28	Sportage	0:09:44	584
29	Sportage	0:09:19	559
30	Sportage	0:10:27	627
31	Sportage	0:09:33	573
32	Sportage	0:11:13	673
33	Cerato	0:09:31	571
34	Cerato	0:09:44	584
35	Cerato	0:12:03	723
36	Cerato	0:09:56	596
37	Cerato	0:09:21	561
38	Sportage	0:09:43	583
39	Sportage	0:09:51	591
40	Sportage	0:09:17	557
41	Sportage	0:09:28	568

Tiempos entre arribos de órdenes:

TRIM 2			
No.	tiempos de arribo carrocerías (segundos)	Número de piezas promedio que se llevan en cada reposición	Tiempo entre arribo de órdenes (segundos)
		Trim 2	
1	904	20	18080
2	571	20	11420
3	575	20	11500
4	588	20	11760
5	556	20	11120
6	778	20	15560

7	574	20	11480
8	561	20	11220
9	741	20	14820
10	558	20	11160
11	833	20	16660
12	574	20	11480
13	632	20	12640
14	583	20	11660
15	649	20	12980
16	581	20	11620
17	568	20	11360
18	567	20	11340
19	578	20	11560
20	577	20	11540
21	555	20	11100
22	664	20	13280
23	556	20	11120
24	563	20	11260
25	586	20	11720
26	555	20	11100
27	579	20	11580
28	584	20	11680
29	559	20	11180
30	627	20	12540
31	573	20	11460
32	673	20	13460
33	571	20	11420
34	584	20	11680
35	723	20	14460

36	596	20	11920
37	561	20	11220
38	583	20	11660
39	591	20	11820
40	557	20	11140
41	568	20	11360

TRIM 8

No.	tiempos de arribo carrocerías (segundos)	Número de piezas promedio que se llevan en cada reposición	
		Trim 8	
		Tiempo entre arribo de órdenes (segundos)	
1	904	18	16272
2	571	18	10278
3	575	18	10350
4	588	18	10584
5	556	18	10008
6	778	18	14004
7	574	18	10332
8	561	18	10098
9	741	18	13338
10	558	18	10044
11	833	18	14994
12	574	18	10332
13	632	18	11376
14	583	18	10494
15	649	18	11682
16	581	18	10458
17	568	18	10224

18	567	18	10206
19	578	18	10404
20	577	18	10386
21	555	18	9990
22	664	18	11952
23	556	18	10008
24	563	18	10134
25	586	18	10548
26	555	18	9990
27	579	18	10422
28	584	18	10512
29	559	18	10062
30	627	18	11286
31	573	18	10314
32	673	18	12114
33	571	18	10278
34	584	18	10512
35	723	18	13014
36	596	18	10728
37	561	18	10098
38	583	18	10494
39	591	18	10638
40	557	18	10026
41	568	18	10224

TRIM 13

No.	tiempos de arribo carrocerías (segundos)	Número de piezas promedio que se llevan en cada reposición	Tiempo entre arribo de órdenes (segundos)
-----	---	--	---

		Trim 13	
1	904	22	19888
2	571	22	12562
3	575	22	12650
4	588	22	12936
5	556	22	12232
6	778	22	17116
7	574	22	12628
8	561	22	12342
9	741	22	16302
10	558	22	12276
11	833	22	18326
12	574	22	12628
13	632	22	13904
14	583	22	12826
15	649	22	14278
16	581	22	12782
17	568	22	12496
18	567	22	12474
19	578	22	12716
20	577	22	12694
21	555	22	12210
22	664	22	14608
23	556	22	12232
24	563	22	12386
25	586	22	12892
26	555	22	12210
27	579	22	12738
28	584	22	12848

29	559	22	12298
30	627	22	13794
31	573	22	12606
32	673	22	14806
33	571	22	12562
34	584	22	12848
35	723	22	15906
36	596	22	13112
37	561	22	12342
38	583	22	12826
39	591	22	13002
40	557	22	12254
41	568	22	12496

FINAL 10

No.	tiempos de arribo carrocerías (segundos)	Número de piezas promedio que se llevan en cada reposición	Tiempo entre arribo de órdenes (segundos)
		Final 10	
1	904	20	18080
2	571	20	11420
3	575	20	11500
4	588	20	11760
5	556	20	11120
6	778	20	15560
7	574	20	11480
8	561	20	11220
9	741	20	14820
10	558	20	11160

11	833	20	16660
12	574	20	11480
13	632	20	12640
14	583	20	11660
15	649	20	12980
16	581	20	11620
17	568	20	11360
18	567	20	11340
19	578	20	11560
20	577	20	11540
21	555	20	11100
22	664	20	13280
23	556	20	11120
24	563	20	11260
25	586	20	11720
26	555	20	11100
27	579	20	11580
28	584	20	11680
29	559	20	11180
30	627	20	12540
31	573	20	11460
32	673	20	13460
33	571	20	11420
34	584	20	11680
35	723	20	14460
36	596	20	11920
37	561	20	11220
38	583	20	11660
39	591	20	11820

40	557	20	11140
41	568	20	11360
FINAL 11			
No.	tiempos de arribo carrocerías (segundos)	Número de piezas promedio que se llevan en cada reposición	
		Final 11	
1	904	15	13560
2	571	15	8565
3	575	15	8625
4	588	15	8820
5	556	15	8340
6	778	15	11670
7	574	15	8610
8	561	15	8415
9	741	15	11115
10	558	15	8370
11	833	15	12495
12	574	15	8610
13	632	15	9480
14	583	15	8745
15	649	15	9735
16	581	15	8715
17	568	15	8520
18	567	15	8505
19	578	15	8670
20	577	15	8655
21	555	15	8325

22	664	15	9960
23	556	15	8340
24	563	15	8445
25	586	15	8790
26	555	15	8325
27	579	15	8685
28	584	15	8760
29	559	15	8385
30	627	15	9405
31	573	15	8595
32	673	15	10095
33	571	15	8565
34	584	15	8760
35	723	15	10845
36	596	15	8940
37	561	15	8415
38	583	15	8745
39	591	15	8865
40	557	15	8355
41	568	15	8520

Tiempos recolectados para T2, T8, T13, F10 y F11:

ub. Línea	No. Observación	Ir a ubicación del material	segundos	consolidar	segundos	regresar a la línea	segundos	descargar material	segundos	Sumatoria (seg.)
T2	1	0:00:41	41	0:00:32	32	0:00:34	34	0:00:20	20	127
T2	2	0:00:31	31	0:00:32	32	0:00:39	39	0:00:42	42	144
T2	3	0:00:39	39	0:00:31	31	0:00:16	16	0:00:39	39	125
T2	4	0:01:03	63	0:00:06	6	0:00:54	54	0:00:22	22	145
T2	5	0:01:03	63	0:00:10	10	0:00:28	28	0:00:20	20	121

T2	6	0:00:48	48	0:00:08	8	0:00:12	12	0:00:43	43	111
T2	7	0:00:28	28	0:00:08	8	0:00:12	12	0:00:58	58	106
T2	8	0:00:29	29	0:00:15	15	0:00:12	12	0:00:53	53	109
T2	9	0:00:29	29	0:00:23	23	0:00:12	12	0:00:47	47	111
T2	10	0:00:29	29	0:00:13	13	0:00:36	36	0:00:48	48	126
T2	11	0:00:33	33	0:00:14	14	0:00:22	22	0:00:15	15	84
T2	12	0:00:33	33	0:00:32	32	0:00:44	44	0:00:53	53	162
T2	13	0:00:33	33	0:00:09	9	0:00:38	38	0:00:58	58	138
T2	14	0:00:25	25	0:00:18	18	0:00:32	32	0:00:43	43	118
T2	15	0:00:25	25	0:00:16	16	0:00:38	38	0:00:48	48	127
T2	16	0:00:15	15	0:00:11	11	0:00:32	32	0:01:05	65	123
T2	17	0:00:27	27	0:00:21	21	0:00:12	12	0:01:02	62	122
T2	18	0:00:27	27	0:00:12	12	0:00:17	17	0:01:13	73	129
T2	19	0:00:29	29	0:00:15	15	0:00:17	17	0:01:10	70	131
T2	20	0:00:38	38	0:00:16	16	0:00:17	17	0:00:38	38	109
T2	21	0:00:38	38	0:00:30	30	0:00:27	27	0:00:34	34	129
T2	22	0:00:38	38	0:00:21	21	0:00:15	15	0:00:52	52	126
T2	23	0:00:29	29	0:00:19	19	0:00:38	38	0:00:52	52	138
T2	24	0:00:55	55	0:00:24	24	0:00:28	28	0:00:23	23	130
T2	25	0:00:18	18	0:00:16	16	0:00:38	38	0:00:49	49	121
T2	26	0:00:18	18	0:00:18	18	0:00:38	38	0:00:51	51	125
T2	27	0:00:25	25	0:00:27	27	0:00:27	27	0:00:52	52	131
T2	28	0:00:25	25	0:00:22	22	0:00:18	18	0:00:49	49	114
T2	29	0:00:25	25	0:00:23	23	0:00:28	28	0:00:38	38	114
T2	30	0:00:25	25	0:00:29	29	0:00:37	37	0:00:46	46	137
T2	31	0:00:21	21	0:00:18	18	0:00:21	21	0:00:58	58	118
T2	32	0:00:18	18	0:00:15	15	0:00:41	41	0:00:51	51	125
T2	33	0:00:19	19	0:00:17	17	0:00:41	41	0:00:52	52	129
T2	34	0:00:52	52	0:00:24	24	0:00:33	33	0:00:27	27	136

T2	35	0:00:22	22	0:00:21	21	0:00:54	54	0:00:33	33	130
----	----	---------	----	---------	----	---------	----	---------	----	-----

ub. Línea	No. Observación	Ir a ubicación del material	segundos	consolidar	segundos	regresar a la línea	segundos	descargar material	segundos	Sumatoria (seg.)
T8	1	0:00:42	42	0:00:28	28	0:00:56	56	0:00:28	28	154
T8	2	0:00:44	44	0:00:15	15	0:00:38	38	0:00:38	38	135
T8	3	0:00:55	55	0:00:28	28	0:00:28	28	0:00:55	55	166
T8	4	0:00:38	38	0:00:31	31	0:00:34	34	0:01:06	66	169
T8	5	0:00:58	58	0:00:31	31	0:00:34	34	0:01:18	78	201
T8	6	0:01:14	74	0:00:31	31	0:00:16	16	0:00:49	49	170
T8	7	0:00:33	33	0:00:23	23	0:00:22	22	0:00:35	35	113
T8	8	0:00:37	37	0:00:27	27	0:00:27	27	0:00:44	44	135
T8	9	0:00:44	44	0:00:24	24	0:00:47	47	0:00:43	43	158
T8	10	0:00:27	27	0:00:14	14	0:00:24	24	0:00:46	46	111
T8	11	0:00:56	56	0:00:33	33	0:00:51	51	0:00:49	49	189
T8	12	0:00:52	52	0:00:29	29	0:00:51	51	0:00:38	38	170
T8	13	0:00:43	43	0:00:25	25	0:01:02	62	0:01:21	81	211
T8	14	0:00:43	43	0:00:18	18	0:00:31	31	0:01:01	61	153
T8	15	0:00:29	29	0:00:15	15	0:00:31	31	0:01:27	87	162
T8	16	0:00:38	38	0:00:18	18	0:00:31	31	0:00:16	16	103
T8	17	0:00:23	23	0:00:17	17	0:00:31	31	0:00:34	34	105
T8	18	0:00:41	41	0:00:16	16	0:00:31	31	0:00:23	23	111
T8	19	0:00:48	48	0:00:29	29	0:00:24	24	0:00:27	27	128
T8	20	0:00:48	48	0:00:23	23	0:00:25	25	0:00:46	46	142
T8	21	0:00:42	42	0:00:27	27	0:00:28	28	0:00:13	13	110
T8	22	0:00:46	46	0:00:16	16	0:01:02	62	0:00:36	36	160
T8	23	0:00:46	46	0:00:16	16	0:00:33	33	0:00:40	40	135
T8	24	0:00:46	46	0:00:12	12	0:00:23	23	0:00:34	34	115
T8	25	0:00:46	46	0:00:19	19	0:00:23	23	0:00:26	26	114

T8	26	0:00:36	36	0:00:29	29	0:00:23	23	0:01:12	72	160
T8	27	0:00:36	36	0:00:26	26	0:00:41	41	0:01:21	81	184
T8	28	0:00:36	36	0:00:18	18	0:00:43	43	0:00:18	18	115
T8	29	0:00:36	36	0:00:17	17	0:00:38	38	0:00:54	54	145
T8	30	0:00:39	39	0:00:19	19	0:00:49	49	0:00:52	52	159
T8	31	0:00:44	44	0:00:27	27	0:00:49	49	0:00:53	53	173
T8	32	0:00:44	44	0:00:16	16	0:00:55	55	0:00:57	57	172
T8	33	0:00:44	44	0:00:19	19	0:00:28	28	0:00:44	44	135
T8	34	0:00:51	51	0:00:22	22	0:00:39	39	0:00:49	49	161
T8	35	0:00:32	32	0:00:25	25	0:00:39	39	0:00:36	36	132

ub. Línea	No. Observación	Ir a ubicación del material	segundos	consolidar	segundos	regresar a la línea	segundos	descargar material	segundos	Sumatoria (seg.)
T13	1	0:01:12	72	0:00:28	28	0:00:33	33	0:00:38	38	171
T13	2	0:01:12	72	0:00:33	33	0:00:47	47	0:00:28	28	180
T13	3	0:00:53	53	0:00:33	33	0:00:37	37	0:00:35	35	158
T13	4	0:00:51	51	0:00:32	32	0:00:39	39	0:01:12	72	194
T13	5	0:00:48	48	0:00:10	10	0:00:36	36	0:00:47	47	141
T13	6	0:01:03	63	0:00:06	6	0:00:54	54	0:00:33	33	156
T13	7	0:00:42	42	0:00:23	23	0:00:49	49	0:01:04	64	178
T13	8	0:00:49	49	0:00:29	29	0:00:49	49	0:00:54	54	181
T13	9	0:00:49	49	0:00:18	18	0:00:49	49	0:00:51	51	167
T13	10	0:00:28	28	0:00:24	24	0:00:24	24	0:01:15	75	150
T13	11	0:00:28	28	0:00:17	17	0:00:29	29	0:01:48	108	194
T13	12	0:00:28	28	0:00:17	17	0:00:25	25	0:01:15	75	146
T13	13	0:00:38	38	0:00:23	23	0:00:47	47	0:01:56	116	225
T13	14	0:00:55	55	0:00:21	21	0:00:53	53	0:01:13	73	202
T13	15	0:00:55	55	0:00:12	12	0:00:53	53	0:00:17	17	137
T13	16	0:00:38	38	0:00:18	18	0:00:38	38	0:00:12	12	106

T13	17	0:00:46	46	0:00:27	27	0:00:38	38	0:00:54	54	165
T13	18	0:00:51	51	0:00:19	19	0:00:37	37	0:01:30	90	197
T13	19	0:00:49	49	0:00:27	27	0:00:37	37	0:01:38	98	211
T13	20	0:00:55	55	0:00:24	24	0:01:34	94	0:00:38	38	211
T13	21	0:00:56	56	0:00:13	13	0:00:44	44	0:00:34	34	147
T13	22	0:00:56	56	0:00:33	33	0:00:49	49	0:00:46	46	184
T13	23	0:00:28	28	0:00:39	39	0:00:49	49	0:01:14	74	190
T13	24	0:00:38	38	0:00:27	27	0:00:38	38	0:01:14	74	177
T13	25	0:00:38	38	0:00:35	35	0:00:38	38	0:01:01	61	172
T13	26	0:00:38	38	0:00:29	29	00:43.0	43	0:01:31	91	201
T13	27	0:00:38	38	0:00:18	18	00:43.0	43	0:00:38	38	137
T13	28	0:00:38	38	0:00:35	35	00:43.0	43	0:00:39	39	155
T13	29	0:00:25	25	0:00:28	28	00:43.0	43	0:00:39	39	135
T13	30	0:00:25	25	0:00:15	15	00:43.0	43	0:00:38	38	121
T13	31	0:00:43	43	0:00:16	16	0:00:27	27	0:00:52	52	138
T13	32	0:00:43	43	0:00:27	27	0:00:22	22	0:00:48	48	140
T13	33	0:00:48	48	0:00:21	21	0:00:22	22	0:00:57	57	148
T13	34	0:00:53	53	0:00:43	43	0:00:53	33	0:00:33	33	162
T13	35	0:00:53	53	0:00:28	28	0:00:47	47	0:00:52	52	180

ub. Línea	No. Observación	Ir a ubicación del material	segundos	consolidar	segundos	regresar a la línea	segundos	descargar material	segundos	Sumatoria (seg.)
F10	1	0:00:42	42	0:00:10	10	0:00:39	39	0:01:12	72	163
F10	2	0:01:06	66	0:00:12	12	0:00:48	48	0:00:13	13	139
F10	3	0:00:38	38	0:00:34	34	0:00:25	25	0:00:34	34	131
F10	4	0:01:20	80	0:00:28	28	0:00:25	25	0:00:44	44	177
F10	5	0:01:20	80	0:00:37	37	0:00:25	25	0:00:27	27	169
F10	6	0:00:46	46	0:00:18	18	0:00:25	25	0:00:33	33	122
F10	7	0:00:46	46	0:00:18	18	0:00:50	50	0:01:12	72	186

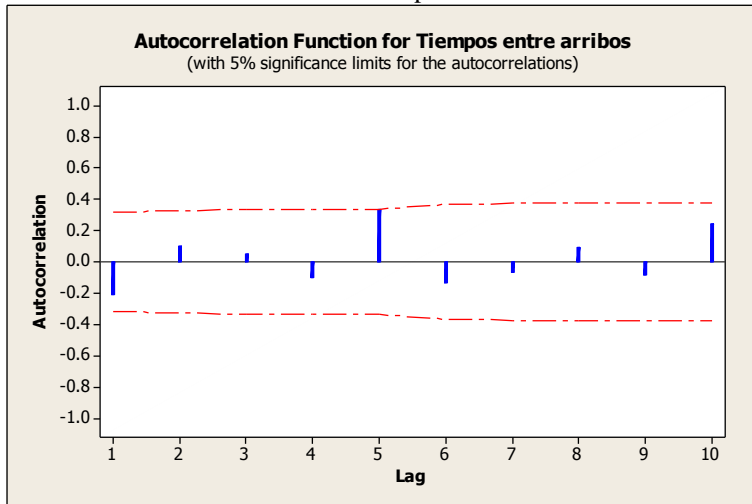
F10	8	0:00:37	37	0:00:27	27	0:01:49	109	0:00:23	23	196
F10	9	0:00:37	37	0:00:18	18	0:00:43	43	0:01:12	72	170
F10	10	0:01:10	70	0:00:38	38	0:00:43	43	0:00:38	38	189
F10	11	0:00:53	53	0:00:18	18	0:00:46	46	0:01:37	97	214
F10	12	0:00:39	39	0:00:08	8	0:00:36	36	0:00:34	34	117
F10	13	0:00:39	39	0:00:10	10	0:00:35	35	0:01:21	81	165
F10	14	0:00:39	39	0:00:15	15	0:00:35	35	0:01:18	78	167
F10	15	0:00:35	35	0:00:13	13	0:00:51	51	0:01:10	70	169
F10	16	0:00:41	51	0:00:39	39	0:00:51	51	0:01:11	71	212
F10	17	0:00:51	51	0:00:13	13	0:00:51	51	0:00:44	44	159
F10	18	0:00:51	51	0:00:18	18	0:00:51	51	0:01:15	75	195
F10	19	0:00:51	51	0:00:08	8	0:00:50	50	0:00:55	55	164
F10	20	0:00:51	51	0:00:12	12	0:00:48	48	0:01:12	72	183
F10	21	0:01:02	62	0:00:29	29	0:00:48	48	0:01:13	73	212
F10	22	0:00:54	54	0:00:33	33	0:00:48	48	0:01:07	67	202
F10	23	0:00:54	54	0:00:38	38	0:00:48	48	0:01:07	67	207
F10	24	0:00:54	54	0:00:24	24	0:01:11	71	0:00:56	56	205
F10	25	0:00:58	58	0:00:19	19	0:00:43	43	0:01:38	98	218
F10	26	0:00:58	58	0:00:17	17	0:00:45	45	0:01:31	91	211
F10	27	0:00:49	49	0:00:18	18	0:00:53	53	0:01:08	68	188
F10	28	0:00:34	34	0:00:24	24	0:00:46	46	0:01:06	66	170
F10	29	0:00:34	34	0:00:25	25	0:00:57	57	0:01:05	65	181
F10	30	0:00:34	34	0:00:28	28	0:00:46	46	0:00:56	56	164
F10	31	0:00:46	46	0:00:36	36	0:00:28	28	0:01:28	88	198
F10	32	00:39.0	39	0:00:18	18	0:00:56	56	0:00:43	43	156
F10	33	0:00:34	34	0:00:19	19	0:00:56	56	0:00:58	58	167
F10	34	0:00:52	52	0:00:27	27	0:00:43	43	0:01:05	65	187
F10	35	0:00:47	47	0:00:46	46	0:00:29	29	0:00:48	48	170

ub. Línea	No. Observación	Ir a ubicación del material	segundos	consolidar	segundos	regresar a la línea	segundos	descargar material	segundos	Sumatoria (seg.)
F11	1	0:00:58	58	0:00:16	16	0:01:03	63	0:00:37	37	174
F11	2	0:00:41	41	0:00:13	13	0:00:59	59	0:00:28	28	141
F11	3	0:00:41	41	0:00:08	8	0:00:59	59	0:01:34	94	202
F11	4	0:00:34	34	0:00:12	12	0:00:31	31	0:01:17	77	154
F11	5	0:00:38	38	0:00:19	19	0:00:51	51	0:01:02	62	170
F11	6	0:00:28	28	0:00:12	12	0:00:51	51	0:01:10	70	161
F11	7	0:00:58	58	0:00:10	10	0:00:51	51	0:00:18	18	137
F11	8	0:00:58	58	0:00:07	7	0:00:51	51	0:00:53	53	169
F11	9	0:00:58	58	0:00:07	7	0:00:51	51	0:00:56	56	172
F11	10	0:00:58	58	0:00:19	10	0:00:51	51	0:01:03	63	182
F11	11	0:00:53	53	0:00:07	7	0:01:08	68	0:00:56	56	184
F11	12	0:00:53	53	0:00:07	7	0:01:08	68	0:00:41	41	169
F11	13	0:00:53	53	0:00:16	16	0:01:08	68	0:01:07	67	204
F11	14	0:00:53	53	0:00:15	15	0:01:08	68	0:01:04	64	200
F11	15	0:00:28	28	0:00:09	9	0:00:42	42	0:01:03	63	142
F11	16	0:00:46	46	0:00:08	8	0:01:06	66	0:00:57	57	177
F11	17	0:00:46	46	0:00:21	21	0:01:01	61	0:01:25	85	213
F11	18	0:00:46	46	0:00:14	14	0:00:43	43	0:01:18	78	181
F11	19	0:00:32	32	0:00:24	24	0:00:43	43	0:01:31	91	190
F11	20	0:00:46	46	0:00:29	29	0:00:28	28	0:00:45	45	148
F11	21	0:00:46	46	00:43.0	43	0:00:52	52	0:00:41	41	182
F11	22	0:00:37	37	0:00:15	15	0:00:35	35	0:00:36	36	123
F11	23	0:00:41	41	0:00:25	25	0:00:43	43	0:00:29	29	138
F11	24	0:00:41	41	0:00:22	22	0:00:43	43	0:00:47	47	153
F11	25	0:00:31	31	0:00:23	23	0:00:37	37	0:00:25	25	116
F11	26	0:00:42	42	0:00:27	27	0:00:51	51	0:00:41	41	161
F11	27	0:00:34	34	0:00:33	33	0:00:51	51	0:00:23	23	141

F11	28	0:00:34	34	0:00:18	18	0:00:49	49	0:00:39	39	140
F11	29	0:00:53	53	0:00:24	24	0:00:57	57	0:00:54	54	188
F11	30	0:00:48	48	0:00:27	27	0:00:57	57	0:00:32	32	164
F11	31	0:00:46	46	0:00:23	23	0:00:57	57	0:00:31	31	157
F11	32	0:00:46	46	0:00:26	26	0:00:46	46	0:00:47	47	165
F11	33	0:00:42	42	0:00:21	21	0:00:46	46	0:00:51	51	160
F11	34	0:00:55	55	0:00:17	17	0:00:46	46	0:00:38	38	156
F11	35	0:00:51	51	0:00:23	23	0:00:46	46	0:00:51	51	171

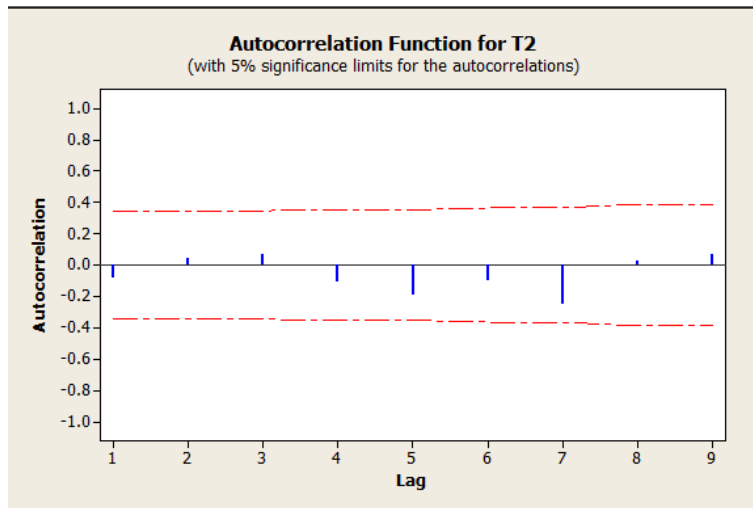
ANEXO 17: Pruebas de independencia

Gráficos de autocorrelación con su respectiva función de autocorrelación y estadístico t:



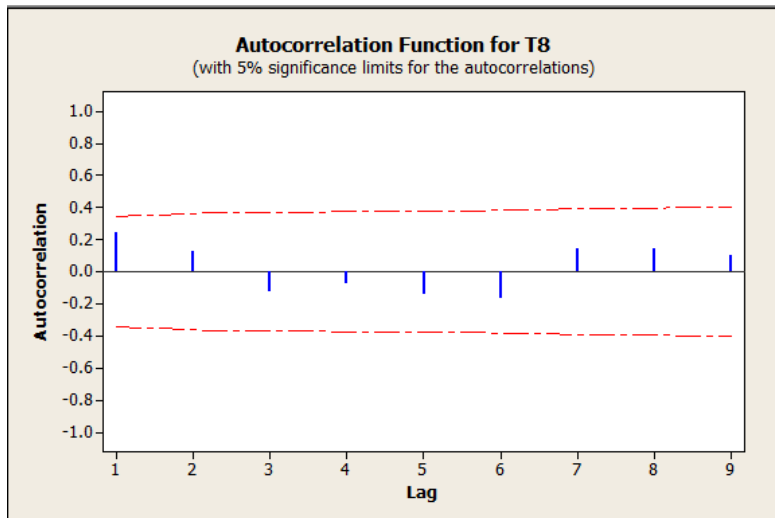
Autocorrelation Function: Tiempos entre arribos

Lag	ACF	T	LBQ
1	-0.206655	-1.32	1.88
2	0.100331	0.62	2.34
3	0.050523	0.31	2.46
4	-0.096216	-0.58	2.90
5	0.336079	2.03	8.43
6	-0.137498	-0.76	9.38
7	-0.068226	-0.37	9.62
8	0.092000	0.50	10.07
9	-0.087751	-0.47	10.50
10	0.242784	1.30	13.85



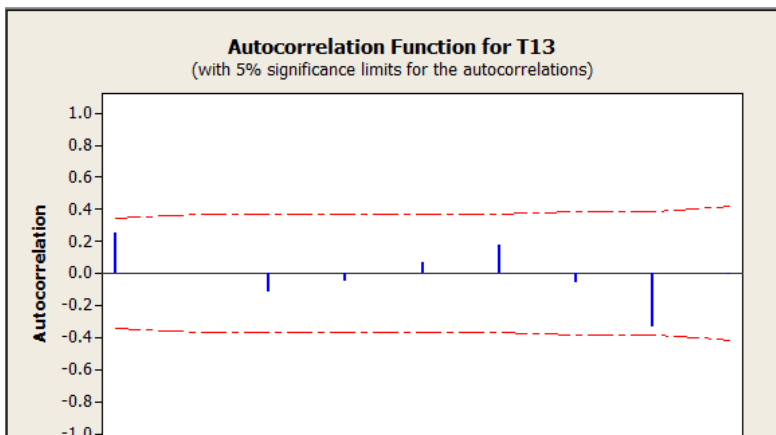
Autocorrelation Function: T2

Lag	ACF	T	LBQ
1	-0.085732	-0.51	0.28
2	0.042971	0.25	0.35
3	0.063236	0.37	0.51
4	-0.110271	-0.64	1.02
5	-0.188553	-1.09	2.56
6	-0.098825	-0.55	2.99
7	-0.252518	-1.40	5.94
8	0.024900	0.13	5.97
9	0.066528	0.35	6.19



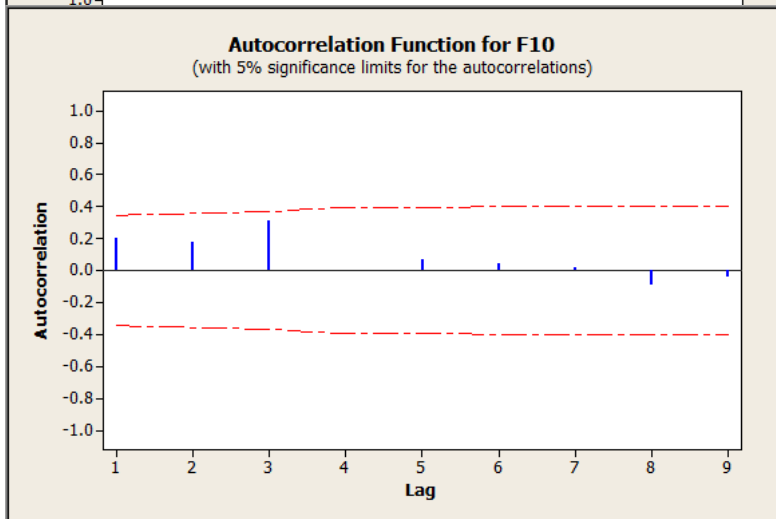
Autocorrelation Function: T8

Lag	ACF	T	LBQ
1	0.242284	1.43	2.24
2	0.124874	0.70	2.85
3	-0.126902	-0.70	3.50
4	-0.071297	-0.39	3.71
5	-0.141731	-0.77	4.58
6	-0.167351	-0.89	5.83
7	0.143074	0.75	6.78
8	0.138475	0.71	7.70
9	0.101988	0.52	8.21



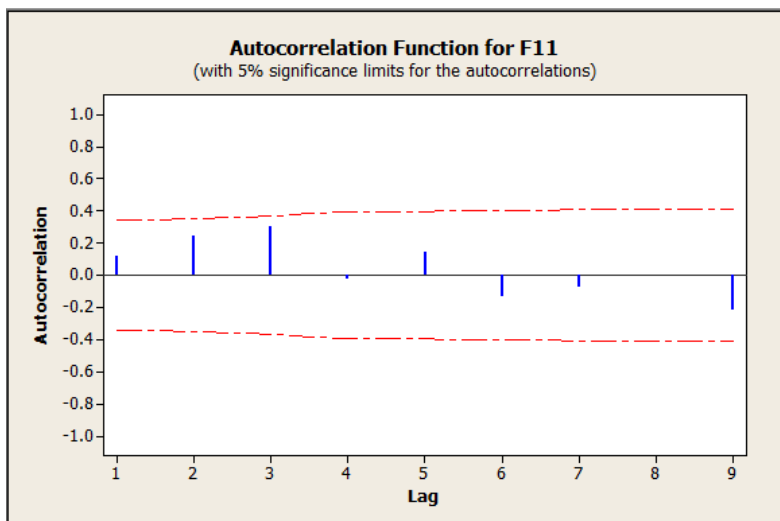
Autocorrelation Function: T13

Lag	ACF	T	LBQ
1	0.253116	1.50	2.44
2	-0.001926	-0.01	2.44
3	-0.116265	-0.65	2.99
4	-0.052228	-0.29	3.10
5	0.063488	0.35	3.28
6	0.178647	0.98	4.70
7	-0.057462	-0.31	4.85
8	-0.335459	-1.78	10.25
9	-0.004833	-0.02	10.25



Autocorrelation Function: F10

Lag	ACF	T	LBQ
1	0.198378	1.17	1.50
2	0.177247	1.01	2.73
3	0.308284	1.71	6.58
4	-0.001357	-0.01	6.58
5	0.064800	0.33	6.76
6	0.042787	0.22	6.84
7	0.020588	0.11	6.86
8	-0.088370	-0.45	7.24
9	-0.043528	-0.22	7.33



Autocorrelation Function: F11

Lag	ACF	T	LBQ
1	0.115052	0.68	0.50
2	0.239736	1.40	2.76
3	0.303634	1.68	6.49
4	-0.027266	-0.14	6.52
5	0.142210	0.73	7.39
6	-0.133540	-0.68	8.19
7	-0.071744	-0.36	8.43
8	-0.003993	-0.02	8.43
9	-0.217494	-1.08	10.79

Salidas de minitab para las pruebas de rachas:
Runs Test: Tiempos entre arribos

Runs test for Tiempos entre arribos

Runs above and below K = 9130.24

The observed number of runs = 20
The expected number of runs = 16.1220
10 observations above K, 31 below
P-value = 0.093

Runs Test: T2

Runs test for T2

Runs above and below K = 124.886

The observed number of runs = 17
The expected number of runs = 17.8
21 observations above K, 14 below
P-value = 0.775

Runs Test: T8

Runs test for T8

Runs above and below K = 147.314

The observed number of runs = 16
The expected number of runs = 18.4857
18 observations above K, 17 below
P-value = 0.393

Runs Test: T13

Runs test for T13

Runs above and below K = 167.343

The observed number of runs = 15
The expected number of runs = 18.4857
17 observations above K, 18 below
P-value = 0.231

Runs Test: F10

Runs test for F10

Runs above and below K = 177.8

The observed number of runs = 17
The expected number of runs = 18.4857
17 observations above K, 18 below
P-value = 0.610

Runs Test: F11

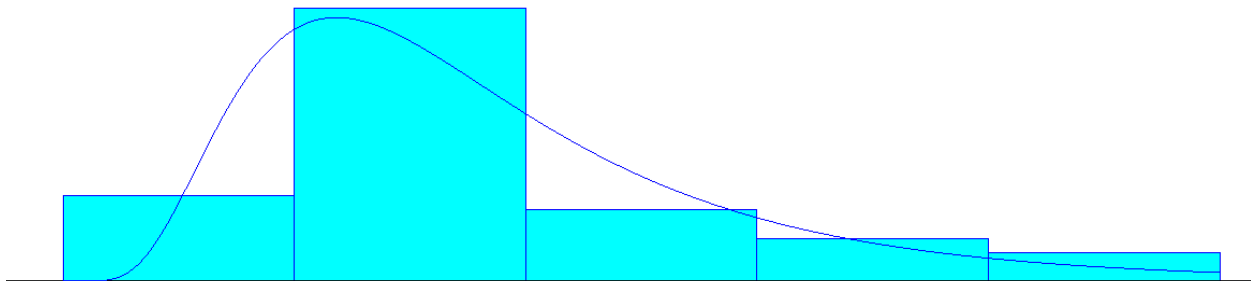
Runs test for F11

Runs above and below $K = 165.286$

The observed number of runs = 15
 The expected number of runs = 18.4857
 17 observations above K , 18 below
 P-value = 0.231

ANEXO 18: Salidas del software *input analyzer*

Ir a ubicación material T2



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
 Expression: $0.17 + \text{LOGN}(0.362, 0.216)$
 Square Error: 0.013776

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.138
 Corresponding p-value > 0.15

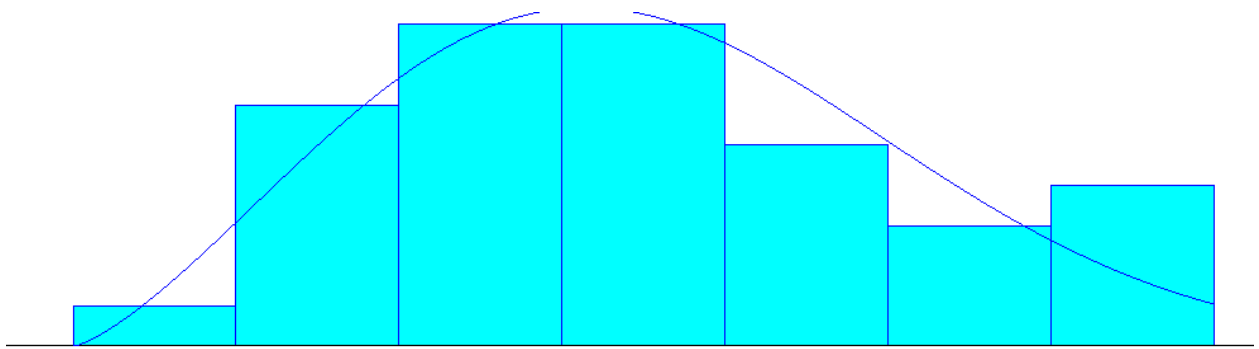
Data Summary

Min Data Value = 0.25
 Max Data Value = 1.05
 Sample Mean = 0.53
 Sample Std Dev = 0.203

Histogram Summary

Histogram Range = 0.17 to 1.14

Consolidar material T2



Distribution Summary

Distribution: Weibull
Expression: $0.05 + WEIB(0.302, 2.34)$
Square Error: 0.007250

Chi Square Test

Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 0.756
Corresponding p-value = 0.694

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0744
Corresponding p-value > 0.15

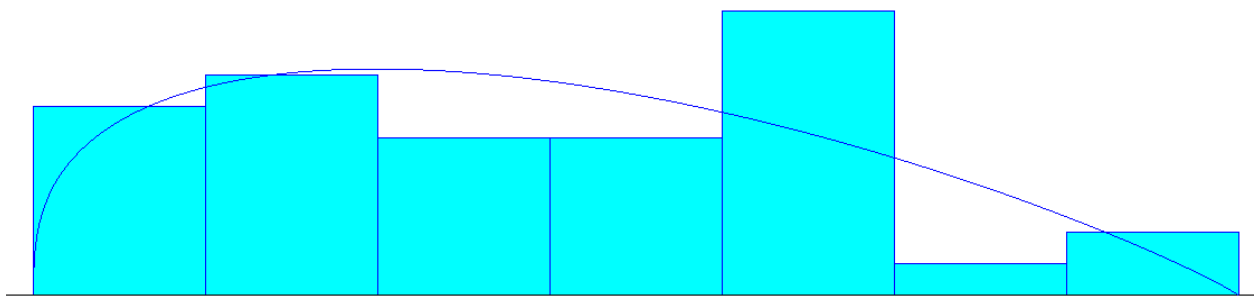
Data Summary

Min Data Value = 0.1
Max Data Value = 0.533
Sample Mean = 0.317
Sample Std Dev = 0.124

Histogram Summary

Histogram Range = 0.05 to 0.58

Regresar a la ubicación en la línea T2



Distribution Summary

Distribution: Beta
Expression: $0.13 + 0.84 * BETA(1.36, 1.9)$
Square Error: 0.023062

Chi Square Test

Number of intervals = 5
 Degrees of freedom = 2
 Test Statistic = 4.38
 Corresponding p-value = 0.118

Kolmogorov-Smirnov Test

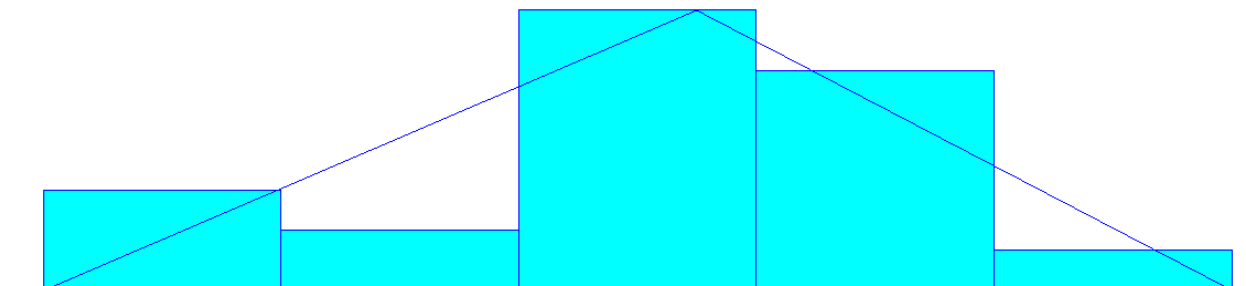
Test Statistic = 0.112
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

Min Data Value = 0.2
 Max Data Value = 0.9
 Sample Mean = 0.48
 Sample Std Dev = 0.201

Histogram Summary

Histogram Range = 0.13 to 0.97

Descargar material T2

Distribution Summary

Distribution: Triangular
 Expression: TRIA(0.15, 0.793, 1.32)
 Square Error: 0.027959

Chi Square Test

Number of intervals = 3
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 1.01
 Corresponding p-value = 0.34

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.106
 Corresponding p-value > 0.15

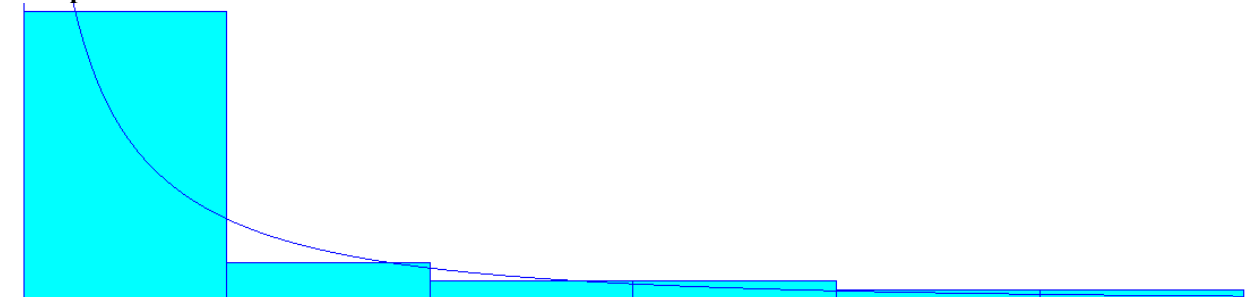
Data Summary

Min Data Value = 0.25
 Max Data Value = 1.22
 Sample Mean = 0.754
 Sample Std Dev = 0.238

Histogram Summary

Histogram Range = 0.15 to 1.32

Tiempos entre arribos estación Trim 2



Distribution Summary

Distribution: Weibull
 Expression: $185 + \text{WEIB}(13.3, 0.645)$
 Square Error: 0.003940

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.126
 Corresponding p-value > 0.15

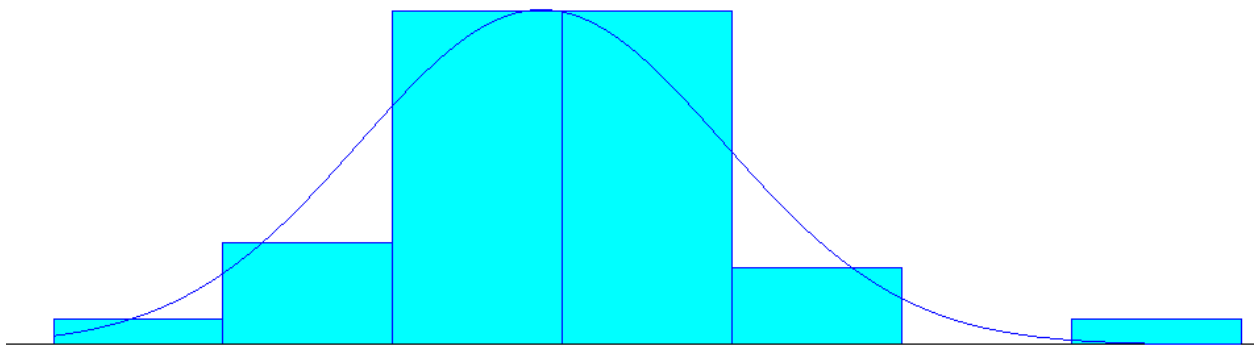
Data Summary

Min Data Value = 185
 Max Data Value = 301
 Sample Mean = 203
 Sample Std Dev = 26.5

Histogram Summary

Histogram Range = 185 to 302

Ir a ubicación material T8



Distribution Summary

Distribution: Normal
Expression: NORM(0.713, 0.157)
Square Error: 0.010459

Chi Square Test

Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 2.26
Corresponding p-value = 0.149

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0933
Corresponding p-value > 0.15

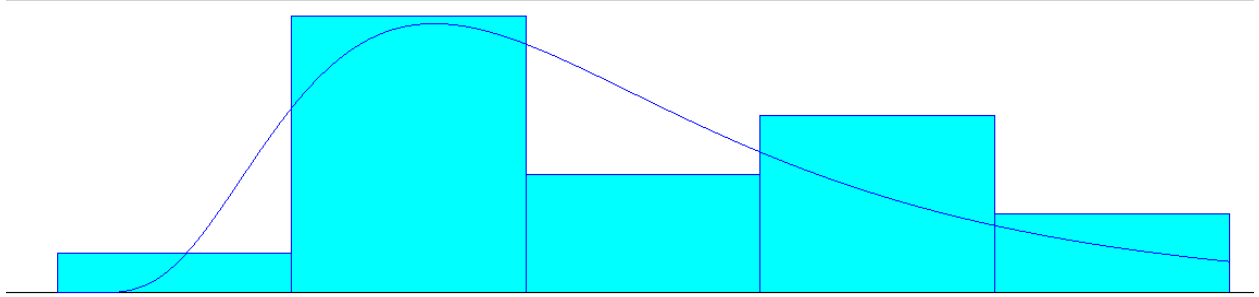
Data Summary

Min Data Value = 0.383
Max Data Value = 1.23
Sample Mean = 0.713
Sample Std Dev = 0.159

Histogram Summary

Histogram Range = 0.29 to 1.32

Consolidar material T8



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $0.16 + \text{LOGN}(0.217, 0.128)$
Square Error: 0.028786

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.148
Corresponding p-value > 0.15

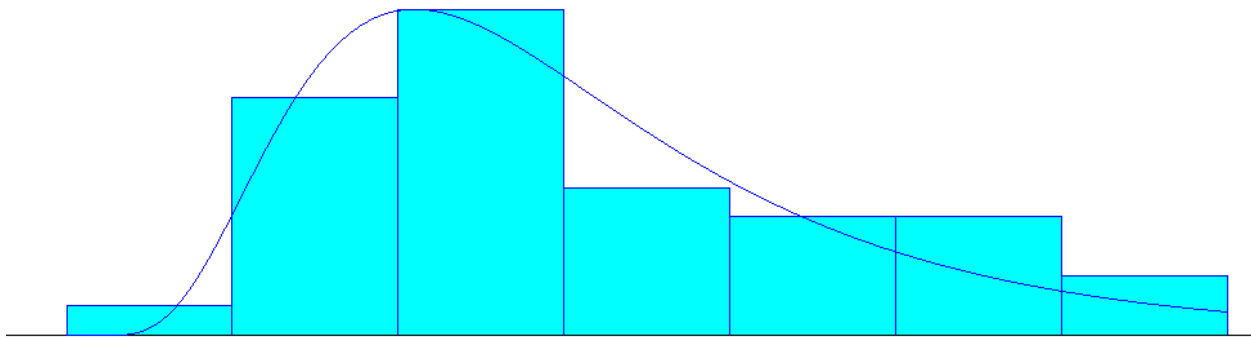
Data Summary

Min Data Value = 0.2
Max Data Value = 0.55
Sample Mean = 0.373
Sample Std Dev = 0.1

Histogram Summary

Histogram Range = 0.16 to 0.59

Regresar a la ubicación en la línea T8



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $0.19 + \text{LOGN}(0.418, 0.237)$
Square Error: 0.007201

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 2.43
Corresponding p-value = 0.13

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0802
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

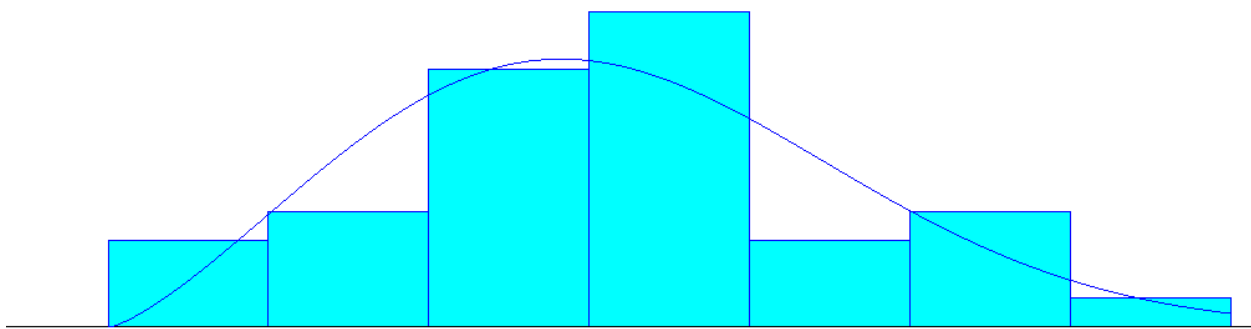
Min Data Value = 0.267
Max Data Value = 1.03
Sample Mean = 0.603

Sample Std Dev = 0.203

Histogram Summary

Histogram Range = 0.19 to 1.11

Descargar material T8



Distribution Summary

Distribution: Weibull
Expression: $0.09 + WEIB(0.764, 2.33)$
Square Error: 0.017418

Chi Square Test

Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 2.29
Corresponding p-value = 0.145

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0834
Corresponding p-value > 0.15

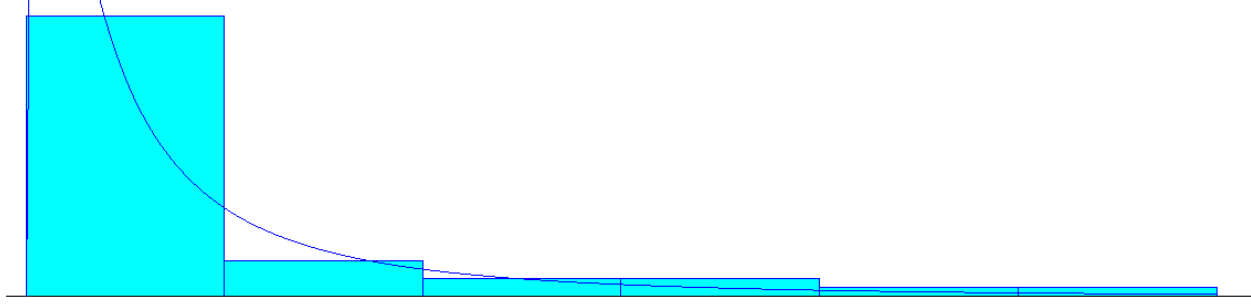
Data Summary

Min Data Value = 0.217
Max Data Value = 1.45
Sample Mean = 0.766
Sample Std Dev = 0.313

Histogram Summary

Histogram Range = 0.09 to 1.58

Tiempos entre arribos estación Trim 8



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
 Expression: $166 + \text{LOGN}(17.8, 39.8)$
 Square Error: 0.002499

Kolmogorov-Smirnov Test

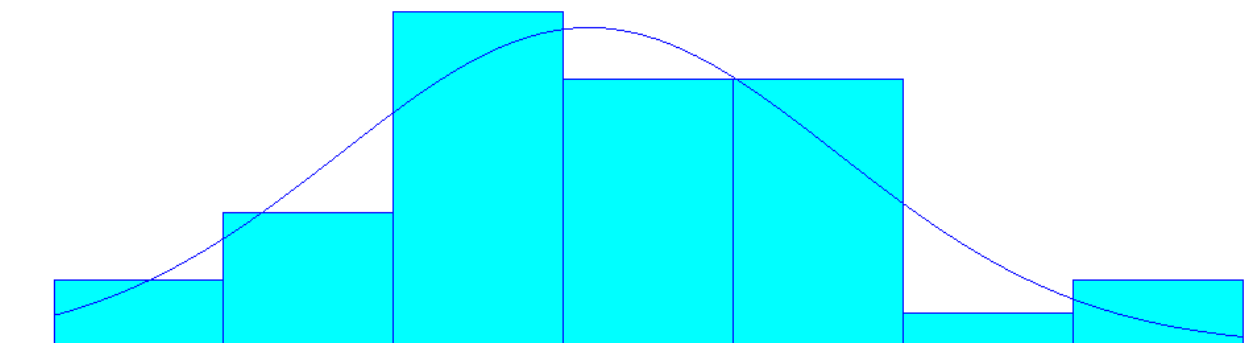
Test Statistic = 0.103
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

Min Data Value = 167
 Max Data Value = 271
 Sample Mean = 183
 Sample Std Dev = 23.8

Histogram Summary

Histogram Range = 166 to 272

Ir a ubicación material T13

Distribution Summary

Distribution: Normal
 Expression: $\text{NORM}(0.757, 0.198)$
 Square Error: 0.010010

Chi Square Test

Number of intervals = 4
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 1.25
 Corresponding p-value = 0.272

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0984
 Corresponding p-value > 0.15

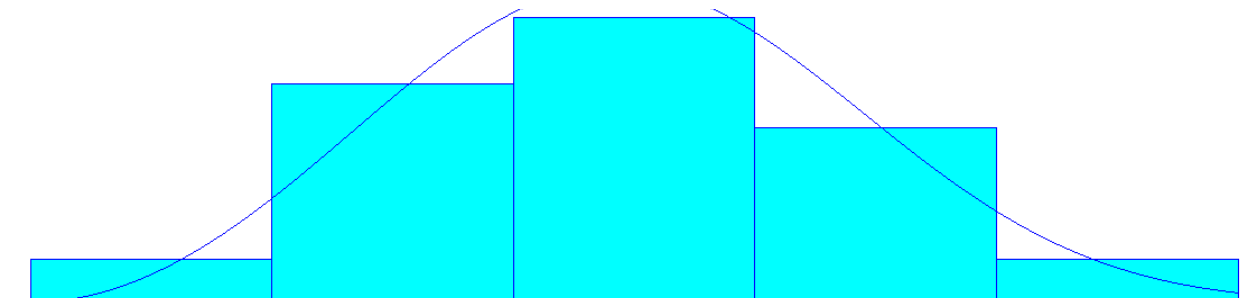
Data Summary

Min Data Value = 0.417
 Max Data Value = 1.2
 Sample Mean = 0.757
 Sample Std Dev = 0.201

Histogram Summary

Histogram Range = 0.33 to 1.28

Consolidar material T13



Distribution Summary

Distribution: Weibull
 Expression: $0.03 + \text{WEIB}(0.419, 2.94)$
 Square Error: 0.001245

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.121
 Corresponding p-value > 0.15

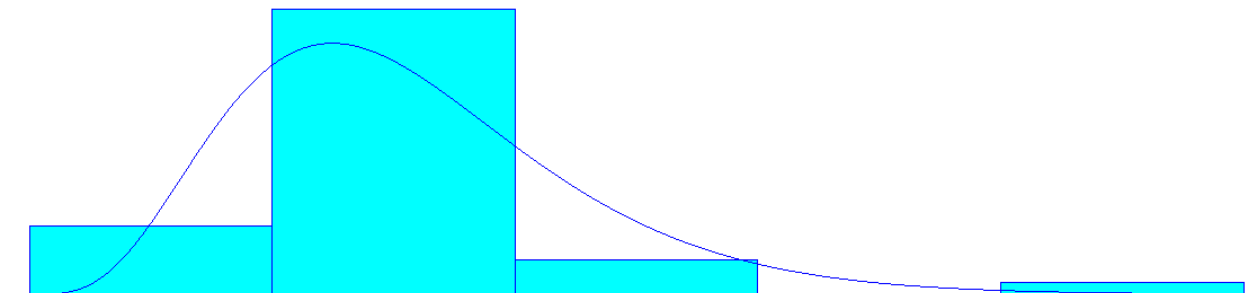
Data Summary

Min Data Value = 0.1
 Max Data Value = 0.717
 Sample Mean = 0.404
 Sample Std Dev = 0.141

Histogram Summary

Histogram Range = 0.03 to 0.78

Regresar a la ubicación en la línea T13



Distribution Summary

Distribution: Erlang
 Expression: $0.24 + \text{ERLA}(0.0903, 5)$
 Square Error: 0.044478

Kolmogorov-Smirnov Test

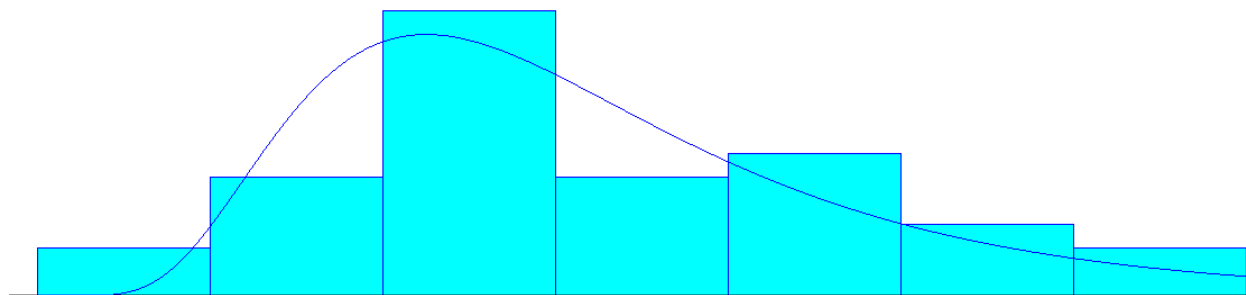
Test Statistic = 0.148
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

Min Data Value = 0.367
 Max Data Value = 1.57
 Sample Mean = 0.691
 Sample Std Dev = 0.213

Histogram Summary

Histogram Range = 0.24 to 1.69

Descargar material T13

Distribution Summary

Distribution: Lognormal
 Expression: $0.02 + \text{LOGN}(0.923, 0.489)$
 Square Error: 0.017085

Chi Square Test

Number of intervals = 4
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 3.65
 Corresponding p-value = 0.0582

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.108
 Corresponding p-value > 0.15

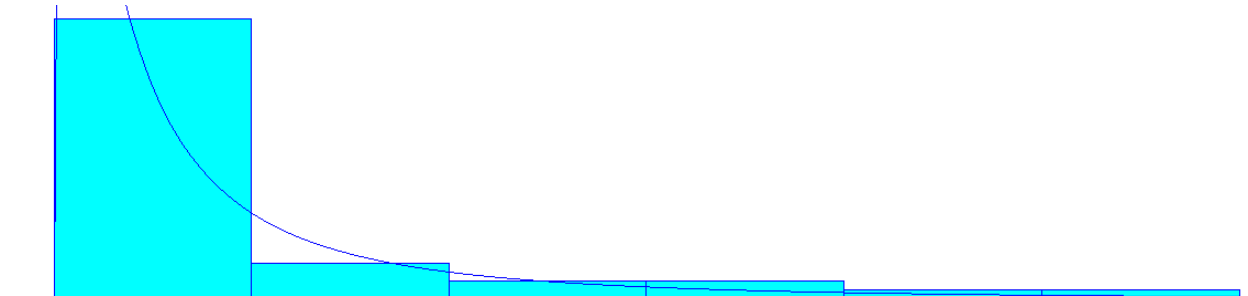
Data Summary

Min Data Value = 0.2
 Max Data Value = 1.93
 Sample Mean = 0.93
 Sample Std Dev = 0.413

Histogram Summary

Histogram Range = 0.02 to 2

Tiempos entre arribos estación Trim 13



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
 Expression: $203 + \text{LOGN}(22.2, 52.9)$
 Square Error: 0.002311

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0999
 Corresponding p-value > 0.15

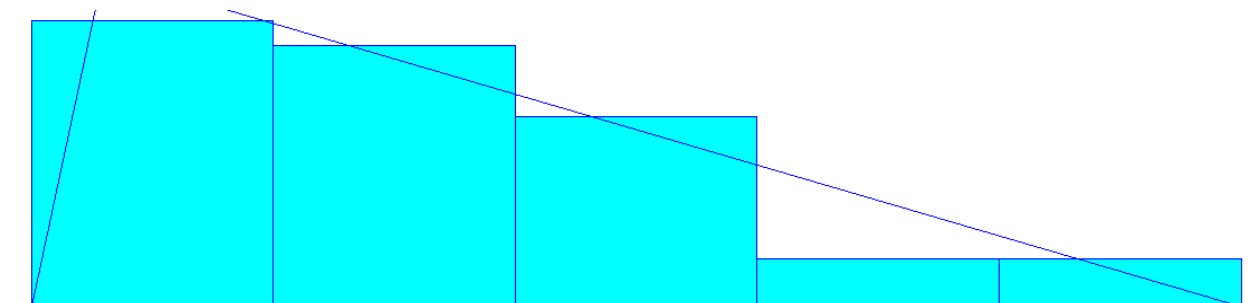
Data Summary

Min Data Value = 204
 Max Data Value = 331
 Sample Mean = 223
 Sample Std Dev = 29.1

Histogram Summary

Histogram Range = 203 to 332

Ir a ubicación material F10



Distribution Summary

Distribution: Triangular
 Expression: $\text{TRIA}(0.49, 0.544, 1.41)$

Square Error: 0.006233

Chi Square Test

Number of intervals = 4
 Degrees of freedom = 2
 Test Statistic = 0.773
 Corresponding p-value = 0.689

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.109
 Corresponding p-value > 0.15

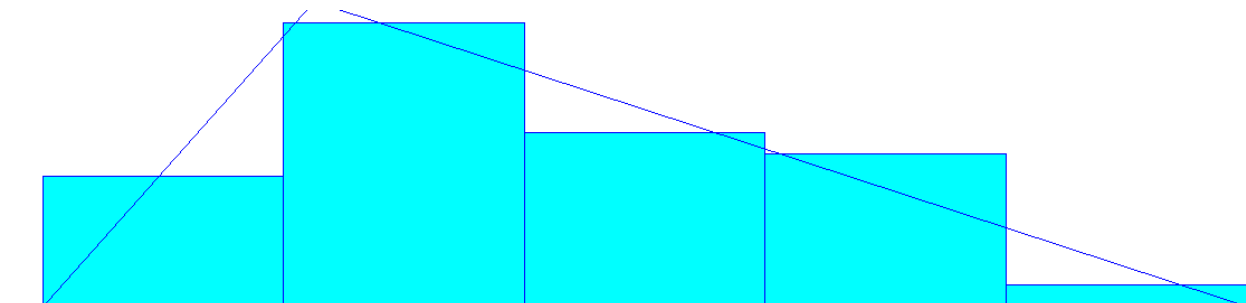
Data Summary

Min Data Value = 0.567
 Max Data Value = 1.33
 Sample Mean = 0.815
 Sample Std Dev = 0.204

Histogram Summary

Histogram Range = 0.49 to 1.41

Consolidar material F10



Distribution Summary

Distribution: Triangular
 Expression: $\text{TRIA}(0.06, 0.236, 0.84)$
 Square Error: 0.003666

Chi Square Test

Number of intervals = 4
 Degrees of freedom = 2
 Test Statistic = 0.686
 Corresponding p-value = 0.716

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0956
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

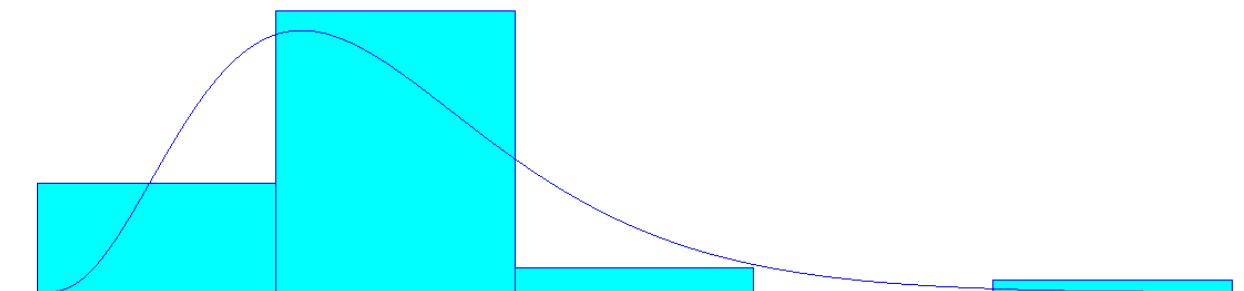
Min Data Value = 0.133

Max Data Value = 0.767
 Sample Mean = 0.379
 Sample Std Dev = 0.169

Histogram Summary

Histogram Range = 0.06 to 0.84

Regresar a la ubicación en la línea F10



Distribution Summary

Distribution: Gamma
 Expression: $0.27 + \text{GAMM}(0.12, 4.11)$
 Square Error: 0.038298

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.196
 Corresponding p-value = 0.123

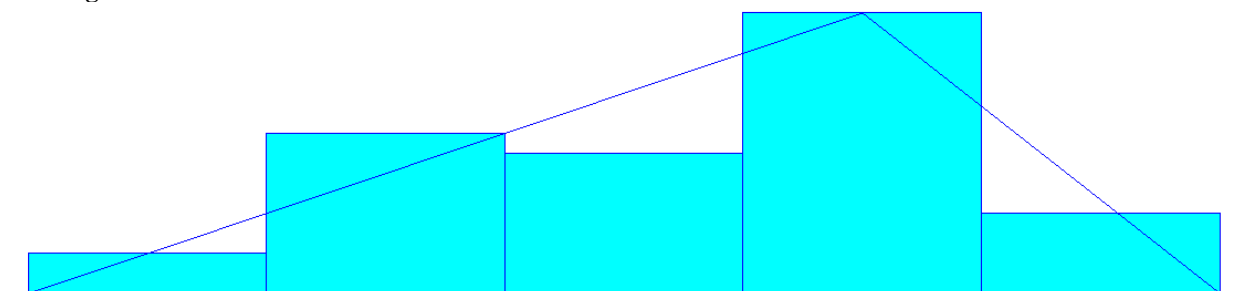
Data Summary

Min Data Value = 0.417
 Max Data Value = 1.82
 Sample Mean = 0.763
 Sample Std Dev = 0.254

Histogram Summary

Histogram Range = 0.27 to 1.96

Descargar material F10



Distribution Summary

Distribution: Triangular
 Expression: $\text{TRIA}(0.07, 1.27, 1.78)$
 Square Error: 0.013243

Chi Square Test

Number of intervals = 3
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 1.68
 Corresponding p-value = 0.211

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.158
 Corresponding p-value > 0.15

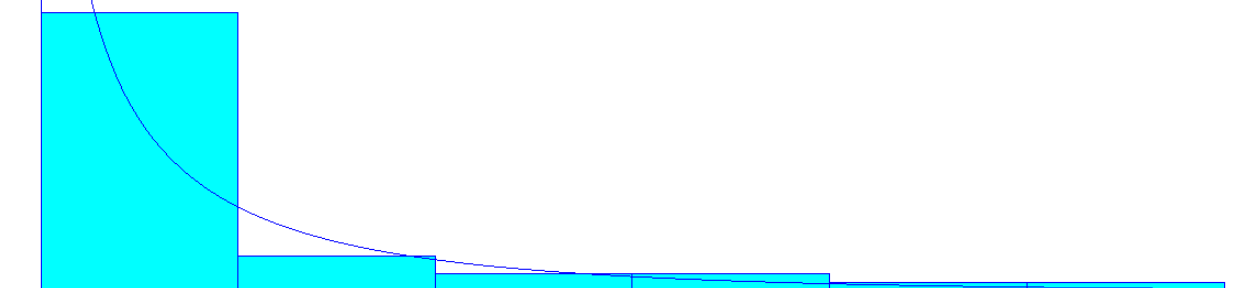
Data Summary

Min Data Value = 0.217
 Max Data Value = 1.63
 Sample Mean = 1.01
 Sample Std Dev = 0.35

Histogram Summary

Histogram Range = 0.07 to 1.78

Tiempos entre arribos estación Final 10



Distribution Summary

Distribution: Weibull
 Expression: $185 + \text{WEIB}(13.3, 0.645)$
 Square Error: 0.003940

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.126
 Corresponding p-value > 0.15

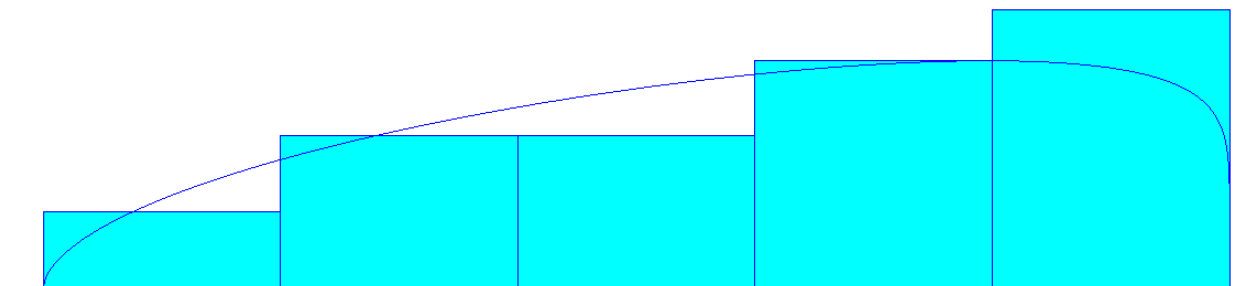
Data Summary

Min Data Value = 185
 Max Data Value = 301
 Sample Mean = 203
 Sample Std Dev = 26.5

Histogram Summary

Histogram Range = 185 to 302

Ir a ubicación material F11



Distribution Summary

Distribution: Beta
 Expression: $0.41 + 0.59 * \text{BETA}(1.55, 1.14)$
 Square Error: 0.008735

Chi Square Test

Number of intervals = 4
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 1.32
 Corresponding p-value = 0.251

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0867
 Corresponding p-value > 0.15

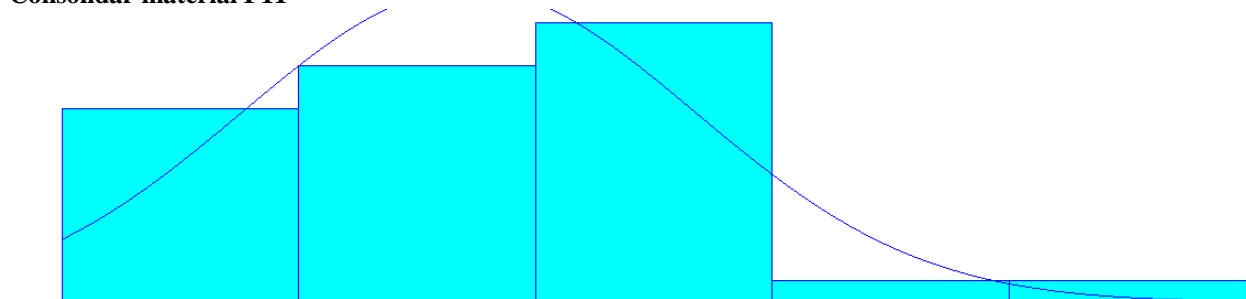
Data Summary

Min Data Value = 0.467
 Max Data Value = 0.967
 Sample Mean = 0.75
 Sample Std Dev = 0.152

Histogram Summary

Histogram Range = 0.41 to 1

Consolidar material F11



Distribution Summary

Distribution: Normal
 Expression: $NORM(0.3, 0.14)$
 Square Error: 0.019342

Kolmogorov-Smirnov Test
 Test Statistic = 0.0919
 Corresponding p-value > 0.15

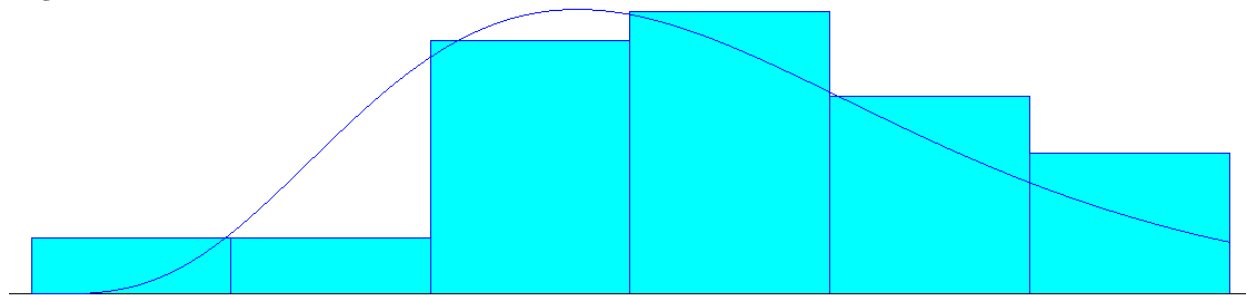
Data Summary

Min Data Value = 0.117
 Max Data Value = 0.717
 Sample Mean = 0.3
 Sample Std Dev = 0.142

Histogram Summary

Histogram Range = 0.05 to 0.78

Regresar a la ubicación en la línea F11



Distribution Summary

Distribution: Gamma
 Expression: $0.4 + GAMM(0.0878, 5.15)$
 Square Error: 0.014426

Chi Square Test
 Number of intervals = 4
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 2.96
 Corresponding p-value = 0.0889

Kolmogorov-Smirnov Test
 Test Statistic = 0.149
 Corresponding p-value > 0.15

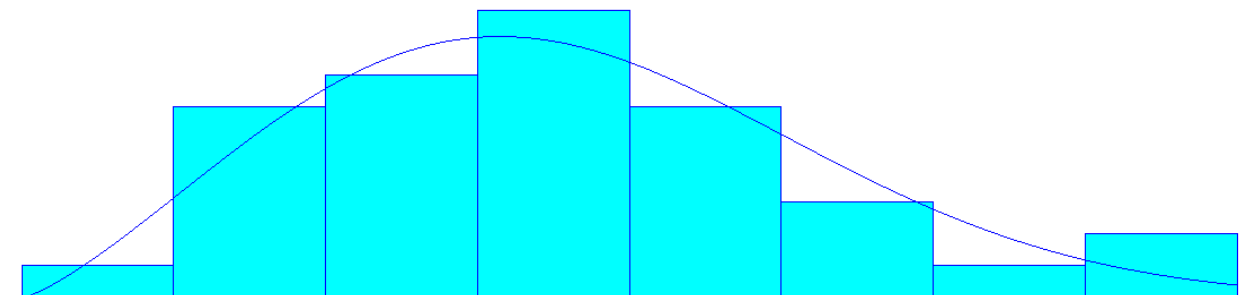
Data Summary

Min Data Value = 0.467
 Max Data Value = 1.13
 Sample Mean = 0.852
 Sample Std Dev = 0.173

Histogram Summary

Histogram Range = 0.4 to 1.2

Descargar material F11



Distribution Summary

Distribution: Weibull
 Expression: $0.17 + \text{WEIB}(0.772, 2.29)$
 Square Error: 0.004920

Chi Square Test

Number of intervals = 5
 Degrees of freedom = 2
 Test Statistic = 0.867
 Corresponding p-value = 0.66

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0445
 Corresponding p-value > 0.15

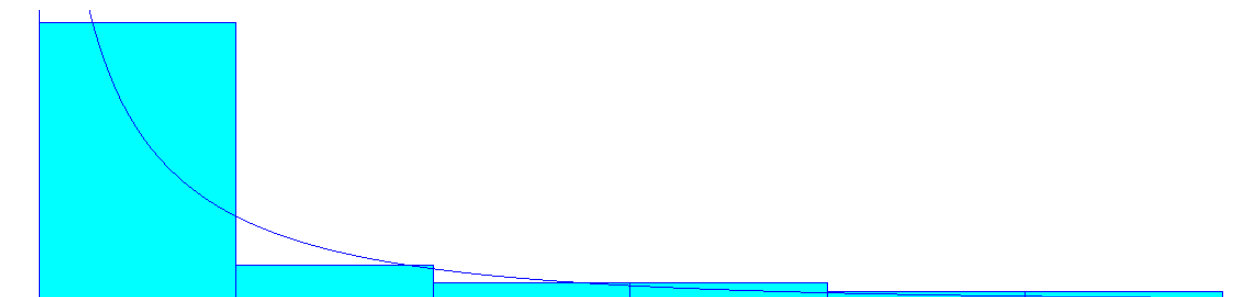
Data Summary

Min Data Value = 0.3
 Max Data Value = 1.57
 Sample Mean = 0.852
 Sample Std Dev = 0.322

Histogram Summary

Histogram Range = 0.17 to 1.7

Tiempos entre arribos estación Final 11



Distribution Summary

Distribution: Lognormal
Expression: $138 + \text{LOGN}(14.2, 26.3)$
Square Error: 0.003871

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.115
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

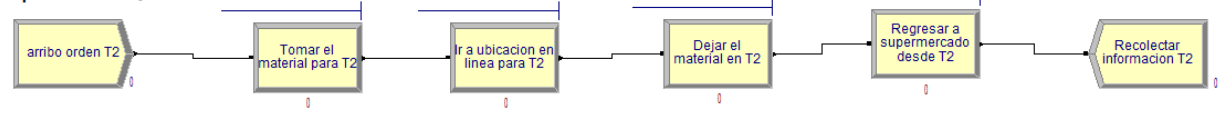
Min Data Value = 139
Max Data Value = 226
Sample Mean = 152
Sample Std Dev = 19.9

Histogram Summary

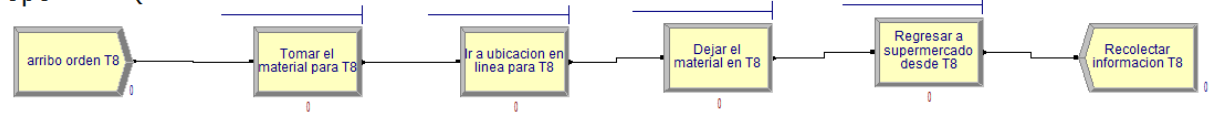
Histogram Range = 138 to 226

ANEXO 19: modelo completo en Arena para la distribución de materiales en Aymesa S.A.

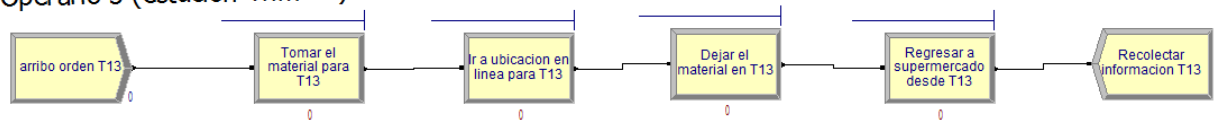
Operario 1 (estación Trim 2)



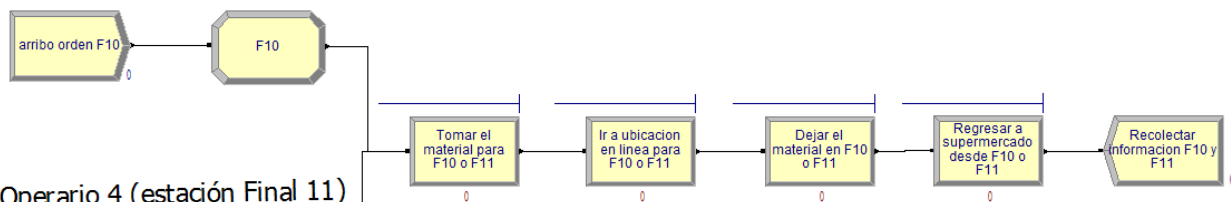
Operario 2 (estación Trim 8)



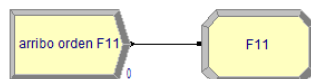
Operario 3 (estación Trim 13)



Operario 4 (estación Final 10)



Operario 4 (estación Final 11)



ANEXO 20: Tiempos adicionales recolectados para la validación del modelo de simulación

Tabla 53: tiempos adicionales recolectados para T8 y T13. Elaboración propia

ub. Línea	No. Observación	Ir a ubicación del material	segundos	minutos	consolidar	segundos	minutos	regresar a la línea	segundos	minutos	descargar material	segundos	minutos	Sumatoria (seg.)
T8	1	0:00:24	24	0.400	0:00:28	28	0.47	0:00:43	43	0.72	0:00:52	52	0.87	147
T8	2	0:00:32	32	0.533	0:00:39	39	0.65	0:00:38	38	0.63	0:00:53	53	0.88	162
T8	3	0:00:27	27	0.450	0:00:23	23	0.38	0:00:31	31	0.52	0:00:51	51	0.85	132
T8	4	0:00:44	44	0.733	0:00:35	35	0.58	0:00:33	33	0.55	0:00:46	46	0.77	158
T8	5	0:00:34	34	0.567	0:00:32	32	0.53	0:00:26	26	0.43	0:00:33	33	0.55	125
T8	6	0:00:26	26	0.433	0:00:37	37	0.62	0:00:41	41	0.68	0:00:51	51	0.85	155
T8	7	0:00:28	28	0.467	0:00:33	33	0.55	0:00:43	43	0.72	0:00:37	37	0.62	141
T8	8	0:00:35	35	0.583	0:00:24	24	0.40	0:00:41	41	0.68	0:00:54	54	0.90	154
T8	9	0:00:29	29	0.483	0:00:29	29	0.48	0:00:26	26	0.43	0:01:08	68	1.13	152
T8	10	0:00:25	25	0.417	0:00:26	26	0.43	0:00:58	58	0.97	0:00:35	35	0.58	144
T8	11	0:00:27	27	0.450	0:00:23	23	0.38	0:00:34	34	0.57	0:01:06	66	1.10	150
T8	12	0:00:28	28	0.467	0:00:34	34	0.57	0:00:29	29	0.48	0:00:44	44	0.73	135
T8	13	0:00:43	43	0.717	0:00:31	31	0.52	0:00:33	33	0.55	0:00:49	49	0.82	156
T8	14	0:00:43	43	0.717	0:00:19	19	0.32	0:00:36	36	0.60	0:01:07	67	1.12	165
T8	15	0:00:43	43	0.717	0:00:18	18	0.30	0:00:46	43	0.72	0:00:53	53	0.88	157
T8	16	0:00:43	43	0.717	0:00:27	27	0.45	0:00:33	33	0.55	0:00:42	42	0.70	145
T8	17	0:00:36	36	0.600	0:00:26	26	0.43	0:00:33	33	0.55	0:00:58	58	0.97	153
T8	18	0:00:34	34	0.567	0:00:25	25	0.42	0:00:38	38	0.63	0:00:38	38	0.63	135
T8	19	0:00:46	46	0.767	0:00:27	27	0.45	0:00:45	45	0.75	0:00:34	34	0.57	152
T8	20	0:00:39	39	0.650	0:00:29	29	0.48	0:00:49	49	0.82	0:00:42	42	0.70	159

ub. Línea	No. Observación	Ir a ubicación del material	segundos	minutos	consolidar	segundos	minutos	regresar a la línea	segundos	minutos	descargar material	segundos	minutos	Sumatoria (seg.)
T13	1	0:00:55	55	0.92	0:00:28	28	0.47	0:00:39	39	0.65	0:00:48	48	0.80	170
T13	2	0:00:55	55	0.92	0:00:29	29	0.48	0:00:39	39	0.65	0:00:46	46	0.77	169
T13	3	0:00:39	39	0.65	0:00:28	28	0.47	0:00:35	35	0.58	0:00:47	47	0.78	149
T13	4	0:00:48	48	0.80	0:00:20	20	0.33	0:00:44	44	0.73	0:00:41	41	0.68	153
T13	5	0:00:42	42	0.70	0:00:26	26	0.43	0:00:36	36	0.60	0:00:38	38	0.63	142
T13	6	0:00:38	38	0.63	0:00:17	17	0.28	0:00:39	39	0.65	0:01:18	78	1.30	172
T13	7	0:00:37	37	0.62	0:00:19	19	0.32	0:00:48	48	0.80	0:00:51	51	0.85	155
T13	8	0:00:44	44	0.73	0:00:24	24	0.40	0:00:48	48	0.80	0:00:56	56	0.93	172
T13	9	0:00:46	46	0.77	0:00:20	20	0.33	0:00:51	51	0.85	0:01:04	64	1.07	181
T13	10	0:00:46	46	0.77	0:00:31	31	0.52	0:00:52	52	0.87	0:00:57	57	0.95	174
T13	11	0:00:46	46	0.77	0:00:19	19	0.32	0:00:46	46	0.77	0:00:58	58	0.97	174
T13	12	0:00:39	39	0.65	0:00:22	22	0.37	0:00:43	43	0.72	0:01:01	61	1.02	163
T13	13	0:00:48	48	0.80	0:00:28	28	0.47	0:00:43	43	0.72	0:00:44	44	0.73	166
T13	14	0:00:42	42	0.70	0:00:26	26	0.43	0:00:38	38	0.63	0:00:45	45	0.75	151
T13	15	0:00:35	35	0.58	0:00:31	31	0.52	0:00:38	38	0.63	0:00:38	38	0.63	142
T13	16	0:00:55	55	0.92	0:00:21	21	0.35	0:00:53	53	0.88	0:01:13	73	1.22	202
T13	17	0:00:43	43	0.72	0:00:24	24	0.40	0:00:51	51	0.85	0:00:55	55	0.92	173
T13	18	0:00:45	45	0.75	0:00:32	32	0.53	0:00:41	41	0.68	0:00:49	49	0.82	167
T13	19	0:00:38	38	0.63	0:00:39	39	0.65	0:00:49	49	0.82	0:01:14	74	1.23	200
T13	20	0:00:45	45	0.75	0:00:22	22	0.37	0:00:40	40	0.67	0:00:58	58	0.97	165

Tabla 54: tiempos recolectados para T8 y T13 mediante modelo simulación. Elaboración propia

Número de réplica para T8	tiempo (minutos)	Número de réplica para T13	tiempo (minutos)
1	2.81	1	2.88
2	2.93	2	3.20
3	2.52	3	2.78
4	2.65	4	2.54
5	2.40	5	3.07
6	2.74	6	2.84
7	2.42	7	2.65
8	2.61	8	3.06
9	2.46	9	2.60
10	2.30	10	3.13
11	2.37	11	2.45
12	2.46	12	3.61
13	2.73	13	2.63
14	2.49	14	2.35
15	2.35	15	2.43
16	2.62	16	2.70
17	2.29	17	2.82
18	2.21	18	3.32
19	2.33	19	2.79
20	2.50	20	2.75
21	2.56	21	2.69
22	2.23	22	2.82
23	2.54	23	2.46
24	2.36	24	2.98
25	2.46	25	2.76

26	2.28	26	3.24
27	3.24	27	2.89
28	2.32	28	2.67
29	2.58	29	2.54
30	2.67	30	2.61
31	2.56	31	2.93
32	2.25	32	3.38
33	2.16	33	2.76
34	2.50	34	2.68
35	2.49	35	2.65
36	2.65	36	2.45
37	2.45	37	2.60
38	2.23	38	2.10
39	1.74	39	2.66
40	2.48	40	3.05

ANEXO 21: Pruebas de normalidad y diferencia de medias para datos observados y simulados

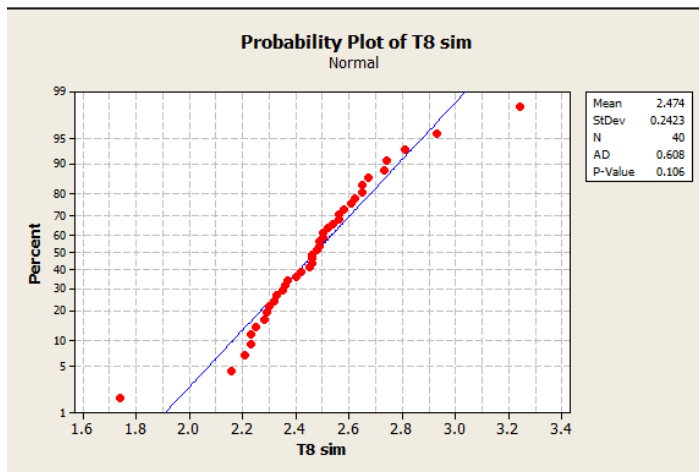


Figura 41: prueba de normalidad para datos simulados T8. Elaboración propia

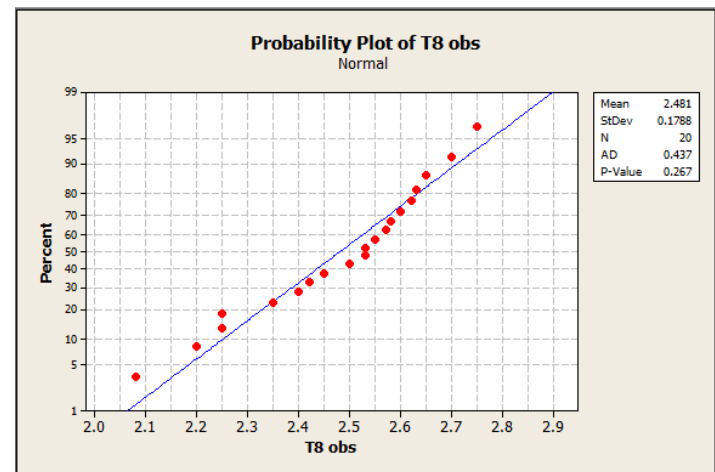


Figura 42: prueba de normalidad para datos observados T8. Elaboración propia

Correlations: T8 orig, T8 sim

Pearson correlation of T8 orig and T8 sim = 0.381
P-Value = 0.098

Two-Sample T-Test and CI: T8 obs, T8 sim

Two-sample T for T8 obs vs T8 sim

	N	Mean	StDev	SE Mean
T8 obs	20	2.481	0.179	0.040
T8 sim	40	2.474	0.242	0.038

Difference = μ (T8 obs) - μ (T8 sim)
 Estimate for difference: 0.007000
 95% CI for difference: (-0.104262, 0.118262)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.13 P-Value = 0.900 DF = 49

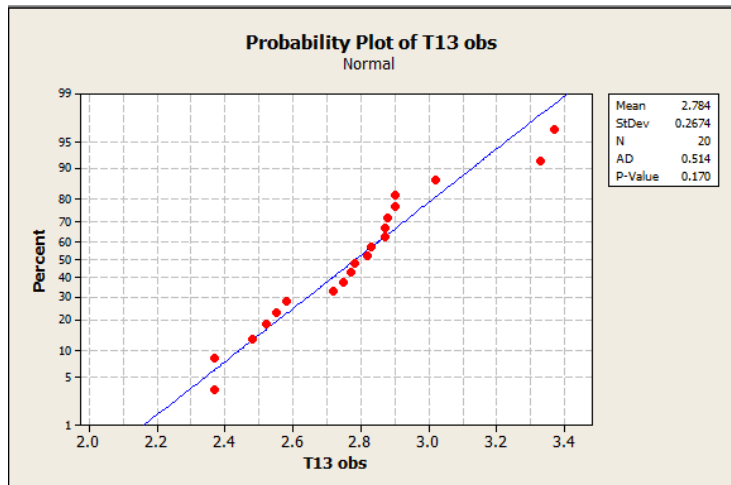


Figura 43: prueba de normalidad para datos observados T13. Elaboración propia

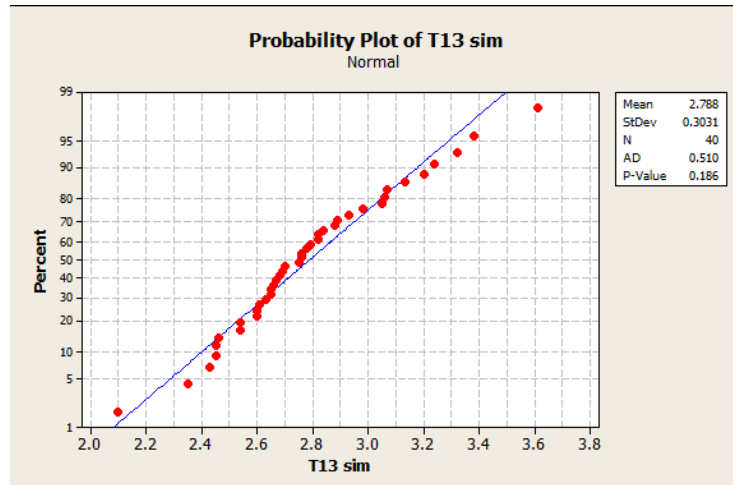


Figura 44: prueba de normalidad para datos simulados T13. Elaboración propia

Correlations: T13 orig, T13 sim

Pearson correlation of T13 orig and T13 sim = 0.086
P-Value = 0.719

Two-Sample T-Test and CI: T13 obs, T13 sim

Two-sample T for T13 obs vs T13 sim

	N	Mean	StDev	SE Mean
T13 obs	20	2.784	0.267	0.060
T13 sim	40	2.788	0.303	0.048

Difference = mu (T13 obs) - mu (T13 sim)
Estimate for difference: -0.004000
95% CI for difference: (-0.158635, 0.150635)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.05 P-Value = 0.959 DF = 42

ANEXO 22: Datos obtenidos para número de réplicas de cada estación

Número de réplica para T8	tiempo (minutos)	Número de réplica para T13	tiempo (minutos)	Número de réplica para T2	tiempo (minutos)	Número de réplica para F10	tiempo (minutos)	Número de réplica para F11	tiempo (minutos)
1	2.81	1	2.88	1	2.00	1	4.318135	1	3.4135031
2	2.93	2	3.20	2	2.11	2	4.114823	2	3.5340135
3	2.52	3	2.78	3	1.96	3	3.949759	3	3.6860844
4	2.65	4	2.54	4	2.27	4	3.560247	4	3.7987751
5	2.40	5	3.07	5	1.94	5	3.710067	5	3.4679912

6	2.74	6	2.84	6	2.14	6	3.539033	6	3.4284077
7	2.42	7	2.65	7	2.15	7	3.909578	7	3.598673
8	2.61	8	3.06	8	1.57	8	3.739076	8	3.7199995
9	2.46	9	2.60	9	1.95	9	3.302856	9	3.1809924
10	2.30	10	3.13	10	1.96	10	3.728867	10	3.4760889
11	2.37	11	2.45	11	2.50	11	4.13182	11	3.5988386
12	2.46	12	3.61	12	2.07	12	3.577918	12	3.5288987
13	2.73	13	2.63	13	2.18	13	3.442372	13	3.4248019
14	2.49	14	2.35	14	2.04	14	3.210001	14	3.4444053
15	2.35	15	2.43	15	1.85	15	3.413996	15	3.1740994
16	2.62	16	2.70	16	2.30	16	4.489154	16	3.453662
17	2.29	17	2.82	17	1.96	17	4.602098	17	4.0807427
18	2.21	18	3.32	18	2.11	18	4.105379	18	3.1253102
19	2.33	19	2.79	19	2.14	19	3.892879	19	3.5988454
20	2.50	20	2.75	20	1.83	20	3.944865	20	3.5494966
21	2.56	21	2.69	21	1.67	21	3.486345	21	3.4378622
22	2.23	22	2.82	22	2.81	22	3.596286	22	3.5934194
23	2.54	23	2.46	23	2.36	23	3.606333	23	3.4669336
24	2.36	24	2.98	24	1.90	24	4.088297	24	4.0130676
25	2.46	25	2.76	25	1.97	25	3.732348	25	3.6068828
26	2.28	26	3.24	26	2.38	26	3.577279	26	3.1930421
27	3.24	27	2.89	27	2.10	27	3.935095	27	3.694516
28	2.32	28	2.67	28	1.89	28	3.551655	28	3.4980319
29	2.58	29	2.54	29	2.38	29	4.019971	29	3.198482
30	2.67	30	2.61	30	2.05	30	3.686996	30	3.4452745
31	2.56	31	2.93	31	2.03	31	3.449085	31	3.5045758
32	2.25	32	3.38	32	1.75	32	3.747602	32	3.411299
33	2.16	33	2.76	33	2.61	33	3.42217	33	3.3077457
34	2.50	34	2.68	34	2.13	34	2.952957	34	3.2497449
35	2.49	35	2.65	35	2.08	35	3.599816	35	3.4308697
36	2.65	36	2.45	36	1.85	36	3.746769	36	3.8577593
37	2.45	37	2.60	37	2.29	37	3.554817	37	3.6369611
38	2.23	38	2.10	38	2.14	38	3.467172	38	3.1981643
39	1.74	39	2.66	39	2.41	39	3.877968	39	3.5071729
40	2.48	40	3.05	40	2.36	40	4.664221	40	3.6165323
Desv. Estándar	0.2425075		0.3030847		0.250383		0.363934		0.2144893

ANEXO 23: Datos obtenidos para tiempo en sistema y pruebas de normalidad

Tabla 55: Tiempos en sistema obtenidos para el modelo actual. Elaboración propia

Número de réplica para T2	tiempo (minutos)	Número de réplica para T8	tiempo (minutos)	Número de réplica para T13	tiempo (minutos)	Número de réplica para F10	tiempo (minutos)	Número de réplica para F11	tiempo (minutos)
1	2.3567034	1	2.6811666	1	2.6183049	1	3.58385	1	3.8808
2	2.2286185	2	3.1474183	2	3.0483988	2	4.49088	2	4.2730
3	2.1648596	3	2.6756907	3	2.979665	3	3.23589	3	3.247
4	2.3659458	4	3.1415015	4	2.3726165	4	4.12161	4	4.9437
5	2.0254816	5	2.483611	5	2.3042874	5	4.36952	5	3.8573
6	2.0679212	6	2.9198326	6	3.6683073	6	4.01556	6	4.0883
7	2.2013554	7	3.1109461	7	3.0092853	7	4.2375	7	4.3919
8	2.6782305	8	3.1950755	8	2.8323751	8	4.18176	8	3.8492
9	2.5128714	9	2.7336984	9	3.2420542	9	3.8489	9	3.6436
10	2.2603693	10	2.9310755	10	2.7202865	10	4.03294	10	4.1928
11	2.462287	11	2.8287275	11	3.25783	11	4.25208	11	3.8781
12	2.4969234	12	2.6365124	12	3.1938506	12	3.94742	12	4.1600
13	2.20981	13	2.5696374	13	2.863192	13	3.9792	13	3.5159
14	2.6846167	14	2.4235073	14	3.1562146	14	3.699	14	3.7309
15	2.7130526	15	2.4228953	15	2.9140921	15	3.77008	15	3.5814
16	2.2929173	16	2.6416212	16	3.3011078	16	4.45574	16	3.6246
17	2.7023783	17	3.2429901	17	2.716024	17	4.55921	17	4.450
18	2.3707586	18	2.3804195	18	2.8302356	18	3.17034	18	3.4768
19	2.6425937	19	2.6974181	19	2.6371521	19	3.98234	19	4.0522
20	2.1374313	20	2.3638538	20	3.9521825	20	3.9214	20	3.613
21	2.6317181	21	2.6362355	21	3.0407841	21	4.28163	21	4.2580
22	2.4845568	22	2.5157204	22	3.3241896	22	3.89638	22	3.6804
23	1.9856164	23	2.5243888	23	3.0259693	23	3.69322	23	3.5690
24	1.9613428	24	2.965836	24	2.5988954	24	4.51889	24	3.8354
25	2.4709323	25	2.4319336	25	2.5794794	25	3.59089	25	4.0135
26	2.604908	26	2.6733417	26	2.9272271	26	4.51974	26	4.2848
27	2.1735936	27	2.6444412	27	3.0934874	27	4.04341	27	3.9987
28	2.5234167	28	2.4091139	28	3.5825304	28	4.05907	28	4.0940
29	2.2400421	29	2.5352965	29	3.9283142	29	4.00656	29	4.1400
30	2.0236973	30	1.9883596	30	2.6712626	30	3.54845	30	3.7186
31	2.6533816	31	2.6557112	31	2.8483221	31	3.46845	31	3.6039
32	2.3457571	32	2.3839444	32	3.1473316	32	3.77485	32	3.610
33	2.5087469	33	2.0216162	33	2.7692104	33	4.02197	33	4.015

34	2.5995805	34	2.7435315	34	2.971521	34	3.54515	34	3.5419
35	2.4738267	35	2.351262	35	3.2735543	35	4.16886	35	3.4480
36	2.3107253	36	2.6102626	36	3.2559564	36	4.66851	36	3.4793
37	2.3203464	37	2.6333904	37	3.678665	37	4.0755	37	3.8442
38	2.5639595	38	2.5508587	38	2.4580829	38	3.11124	38	3.325
39	2.0072848	39	2.2624099	39	2.7192256	39	3.74222	39	3.9109
40	2.5374368	40	3.0951225	40	2.8298752	40	4.01462	40	3.7577
41	2.2741949	41	3.0435354	41	3.6198812	41	4.72222	41	4.1045
42	1.8865939	42	2.5003155	42	2.911176	42	4.09404	42	3.5740
43	2.8049491	43	2.395678	43	3.3318733	43	3.35899	43	3.9336
44	1.7604222	44	2.752612	44	2.9177666	44	4.56481	44	4.177
45	2.4478369	45	2.3463113	45	3.0817592	45	3.92	45	3.7098
46	2.2343554	46	2.8147324	46	2.5600973	46	3.51622	46	3.4470
47	2.2806095	47	2.7946545	47	2.7432764	47	3.89486	47	4.2756
48	1.762629	48	2.8405574	48	2.729595	48	4.31358	48	4.2779
49	2.2081055	49	2.7610473	49	3.7915153	49	4.45279	49	3.9635
50	2.2415221	50	2.7668366	50	3.2223432	50	3.85997	50	3.837
51	2.1072141	51	2.8484537	51	2.4393844	51	4.08901	51	4.1638
52	2.5096287	52	2.6401833	52	2.8633281	52	4.03152	52	4.0770
53	2.9986691	53	2.9363158	53	2.7582635	53	3.56012	53	3.5440
54	2.2408739	54	2.800003	54	3.0619638	54	3.73712	54	4.0865
55	2.3517966	55	2.553404	55	3.5778431	55	3.63202	55	3.5021
56	2.1478846	56	2.7896229	56	3.5581872	56	3.87885	56	3.5176
57	2.4887099	57	2.5057714	57	2.861557	57	3.14718	57	4.0466
58	2.1768978	58	2.7646455	58	2.8720418	58	3.73751	58	3.84
59	1.6904335	59	2.6237347	59	3.2940517	59	4.27216	59	3.9695
60	2.5029265	60	2.7491959	60	2.0881199	60	3.97621	60	3.5739
61	2.1313302	61	2.8601526	61	3.2633943	61	4.51506	61	4.2444
62	2.3400972	62	2.7702945	62	3.5683369	62	4.2935	62	3.9712
63	2.3375737	63	2.7224712	63	3.7260845	63	3.87326	63	3.8009
64	2.0968774	64	2.7929728	64	2.9652797	64	4.22848	64	3.9996
65	2.2688442	65	2.9101802	65	3.3835727	65	4.26576	65	4.1631
66	2.447868	66	3.1572092	66	3.6689364	66	4.02312	66	4.5594
67	2.6375014	67	2.9231732	67	2.7221032	67	4.42125	67	4.4183
68	2.4811974	68	2.4737139	68	3.4123401	68	4.02669	68	3.7642
69	2.5862109	69	2.3123252	69	2.7512647	69	3.67161	69	3.7330
70	2.4708864	70	2.2259301	70	3.2557536	70	3.73168	70	3.3553
71	2.2576191	71	2.0650311	71	3.1105336	71	3.15974	71	3.1451

72	2.2602133	72	2.8819795	72	2.5583059	72	3.82536	72	4.047
73	1.9562854	73	2.5120335	73	3.531703	73	4.02865	73	4.0744
74	2.2089978	74	2.9074659	74	3.5743027	74	3.6739	74	3.8971
75	2.4000315	75	3.0052786	75	3.0731525	75	4.61442	75	3.8972
76	2.2256657	76	2.9469332	76	3.2993119	76	3.52875	76	4.0224
77	2.4791289	77	2.4192079	77	2.8470042	77	3.08257	77	3.2942
78	2.3025549	78	2.0950152	78	2.7697132	78	3.53899	78	3.5080
79	2.5006288	79	3.2417347	79	3.0302261	79	4.03252	79	4.2284
80	1.9292337	80	2.5551475	80	2.9983143	80	4.31774	80	3.7230
81	2.1940484	81	2.5831454	81	3.5159658	81	4.45055	81	3.7654
82	2.3109509	82	3.0343469	82	3.0905645	82	4.58334	82	3.6934
83	1.9702645	83	2.5699637	83	3.5503627	83	3.82071	83	3.7776
84	1.8262274	84	3.0478443	84	3.2007862	84	4.13328	84	3.7799
85	2.2712301	85	2.9813802	85	2.8800569	85	4.2177	85	4.0790
86	2.1825155	86	3.549373	86	3.0392613	86	4.43553	86	4.3025
87	2.2909904	87	2.635559	87	3.0606277	87	3.95825	87	3.5318
88	2.3894365	88	2.9795521	88	3.1810215	88	4.06576	88	3.8703
89	2.6513087	89	3.0323549	89	2.9904377	89	4.17276	89	3.8603
90	2.5964713	90	2.6916848	90	3.0259685	90	4.3985	90	3.8652
91	2.5231217	91	2.1602192	91	2.7362192	91	3.3248	91	3.4016
92	1.6877612	92	1.9628428	92	2.7783952	92	3.72236	92	3.81
93	1.7588898	93	2.7765593	93	3.1992897	93	4.43651	93	3.7240
94	2.0121499	94	3.0995695	94	2.3306274	94	4.49607	94	3.8177
95	2.292644	95	2.6220941	95	3.7636513	95	3.73071	95	3.8342
96	2.4852908	96	2.5934094	96	2.5086672	96	3.84207	96	4.0001
97	2.2232673	97	2.4998929	97	2.5432635	97	3.70735	97	4.0980
98	2.4789903	98	3.0504708	98	2.3611516	98	4.4497	98	4.1506
99	2.6076293	99	2.8695171	99	2.6014339	99	3.78333	99	4.1837
100	2.425456	100	2.9525314	100	2.5139077	100	4.24609	100	3.639
101	2.6947216	101	2.3932039	101	2.7119098	101	3.46602	101	3.7844
102	2.4944071	102	2.3340046	102	2.7412769	102	3.37676	102	3.2161
103	2.2092669	103	2.3652456	103	3.2073509	103	3.66574	103	3.5468
104	2.8987505	104	2.2946246	104	2.542638	104	3.85658	104	3.5822
105	2.151146	105	3.0118465	105	3.1837653	105	3.83997	105	3.6584
106	2.8238393	106	2.5774475	106	3.5022026	106	3.08939	106	3.5498
107	2.370214	107	2.9654191	107	2.8430038	107	3.95039	107	4.0764
108	2.4089153	108	2.5994781	108	2.906158	108	4.65403	108	4.5607
109	2.2915467	109	2.8135894	109	3.1192552	109	3.97837	109	3.9851

110	2.0673611	110	2.7592956	110	2.8914891	110	4.10244	110	3.6923
111	2.1908845	111	3.0276467	111	2.7360692	111	4.06369	111	3.7934
112	2.2351847	112	2.3366819	112	2.8313205	112	3.94687	112	3.4457
113	1.5472827	113	2.5580654	113	2.9305996	113	4.35056	113	3.9144
114	2.1570875	114	2.5699351	114	3.0502038	114	3.73001	114	3.7679
115	2.1573981	115	2.6653491	115	3.7856503	115	3.82046	115	3.6929
116	2.1723479	116	2.4396244	116	2.652912	116	4.08198	116	4.2270
117	2.1704056	117	2.6991395	117	2.9392092	117	3.77285	117	3.3836
118	1.9543536	118	2.6314645	118	3.4206859	118	3.52388	118	3.7761
119	2.1581624	119	2.7318035	119	2.5244635	119	4.68375	119	4.4256
120	2.2843195	120	2.9765885	120	2.714994	120	3.82018	120	4.0727
121	2.6325042	121	2.595316	121	3.6546363	121	3.58743	121	3.6280
122	2.3838585	122	2.2266624	122	2.7933531	122	3.87874	122	3.4862
123	2.338132	123	2.5328354	123	2.6914287	123	3.68671	123	3.7702
124	2.2099384	124	2.4161267	124	3.3494561	124	3.90453	124	4.2716
125	2.1483503	125	2.8327161	125	2.9147373	125	3.98137	125	4.2147
126	2.2709715	126	2.732727	126	2.5194864	126	3.88923	126	3.8843
127	2.2938625	127	1.9591833	127	3.4289196	127	3.05748	127	2.7166
128	2.1106584	128	2.8338202	128	3.1537793	128	4.39501	128	3.8751
129	2.1810595	129	2.9168302	129	2.5123812	129	4.08641	129	3.7126
130	2.0350343	130	2.8667418	130	2.2344298	130	4.51197	130	4.
131	2.3887386	131	2.8659913	131	3.0446883	131	4.06512	131	3.7362
132	2.4753477	132	3.0256874	132	2.4710272	132	4.16667	132	3.9936
133	2.1793883	133	2.4991291	133	2.9067557	133	4.01515	133	3.8291
134	2.720363	134	2.8301564	134	3.5317706	134	4.57292	134	3.8064
135	2.0648284	135	2.7087915	135	3.1066722	135	3.76631	135	3.4759
136	2.2751095	136	2.814632	136	3.3029694	136	4.37499	136	3.8109
137	2.6464047	137	2.8883958	137	3.2292954	137	3.89685	137	3.6200
138	2.0978461	138	2.6427716	138	3.3065934	138	4.59908	138	3.9457
139	2.4153332	139	2.9025497	139	4.236292	139	3.55304	139	3.9091
140	2.6300126	140	2.3568468	140	3.5640107	140	3.7191	140	3.3474
141	1.9782738	141	2.8939845	141	2.625044	141	4.72798	141	4.720
142	1.8729594	142	3.4167399	142	3.1802475	142	4.62684	142	4.7158
143	2.1927844	143	2.6734453	143	3.3761813	143	3.72616	143	3.6466
144	2.5337207	144	2.5872757	144	2.656755	144	4.21669	144	4.0624
145	2.2638233	145	3.1193751	145	3.2496399	145	3.97401	145	3.7294
146	2.0147303	146	2.4600711	146	2.8893613	146	4.15537	146	3.4108
147	2.6124684	147	3.0029861	147	2.775202	147	4.44065	147	4.0018

148	2.0502273	148	3.3844607	148	2.9318174	148	4.83739	148	4.3668
149	1.8181988	149	2.7727233	149	2.9485378	149	3.81839	149	3.5278
150	2.064078	150	2.4555633	150	3.5406778	150	3.78737	150	3.6186
151	2.0190403	151	2.6417945	151	2.8669743	151	4.17304	151	3.8837
152	2.3710139	152	3.5712474	152	3.0906647	152	4.34362	152	3.8689
153	2.1953526	153	2.9685241	153	3.2446774	153	4.57457	153	3.9439
154	2.3200174	154	2.8548305	154	2.9895021	154	4.07071	154	3.698
155	2.0386371	155	2.9154408	155	3.5715555	155	4.4337	155	4.1731
156	1.9855031	156	2.9624309	156	2.9633071	156	4.00128	156	3.9948
157	2.1824063	157	2.7912242	157	2.8781698	157	4.13905	157	3.7155
158	2.7090609	158	2.6955717	158	3.6361844	158	3.24123	158	4.1776
159	2.2004715	159	2.1528686	159	2.7039899	159	3.78198	159	3.6321
160	2.7896304	160	2.8627497	160	3.920685	160	4.17765	160	4.0102
161	2.2296771	161	2.3677263	161	3.1653198	161	3.88169	161	4.1316
162	2.2324273	162	2.7310481	162	2.6574602	162	4.10524	162	3.8456
163	2.6672966	163	2.9859897	163	2.4660463	163	4.26359	163	4.0045
164	2.638757	164	2.7309285	164	3.6290136	164	4.1844	164	3.8000
165	2.5244975	165	2.3488939	165	3.4469192	165	4.15538	165	4.0377
166	2.7880801	166	2.7772926	166	2.9190012	166	4.79279	166	4.0479
167	2.4657711	167	3.2932092	167	2.8201174	167	4.78629	167	4.2048
168	2.5087886	168	2.3939288	168	2.9086179	168	4.06888	168	3.5702
169	2.7399731	169	2.766791	169	2.6740369	169	3.84524	169	4.4054
170	2.1730139	170	2.3401293	170	3.0352698	170	4.02581	170	3.8432
171	2.3477579	171	2.5440798	171	3.2161955	171	4.07677	171	3.5828
172	2.4711843	172	2.586922	172	2.3817772	172	3.98183	172	3.7608
173	1.779408	173	3.0908715	173	3.0127061	173	4.90449	173	4.2176
174	2.1463688	174	3.0222146	174	2.6401329	174	4.38021	174	4.2768
175	1.9365409	175	2.4823368	175	2.8750356	175	3.26619	175	3.5077
176	2.3997848	176	3.146897	176	3.461314	176	4.175	176	4.0447
177	2.3100909	177	2.5067406	177	3.3479578	177	3.77579	177	3.6853
178	2.1703666	178	2.6697601	178	3.2944159	178	4.15266	178	3.5384
179	2.3512813	179	2.6077693	179	2.5255735	179	4.10182	179	3.9200
180	2.7296951	180	2.5409355	180	3.1441608	180	4.31424	180	3.8158
181	2.2607566	181	3.1991849	181	3.3331929	181	4.83986	181	4.4631
182	1.8184748	182	2.7056364	182	2.7676698	182	4.15223	182	3.3873
183	2.23154	183	3.0365588	183	3.598238	183	5.02628	183	4.189
184	2.485948	184	2.8152764	184	2.8447114	184	3.8723	184	3.7708
185	2.3359503	185	2.9607135	185	2.5821772	185	4.15346	185	3.7463

186	2.5463157	186	2.7150199	186	3.1022988	186	3.91151	186	3.8509
187	2.2032589	187	2.5063974	187	3.0494775	187	4.06131	187	3.534
188	1.9924545	188	2.4726025	188	3.1555551	188	3.88271	188	3.8235
189	2.5624536	189	2.9644062	189	3.1768404	189	4.41062	189	4.4561
190	2.2604125	190	2.4431242	190	2.8978914	190	3.19284	190	3.6304
191	2.4560394	191	3.0621741	191	2.916989	191	4.36669	191	4.4533
192	2.4054024	192	3.239868	192	2.6986473	192	4.10888	192	4.097
193	2.7703277	193	2.8558254	193	2.7022625	193	4.0467	193	3.8811
194	2.6082791	194	2.3486361	194	2.7819112	194	3.90363	194	4.5602
195	2.1967119	195	2.3419448	195	2.5501103	195	3.4845	195	3.5488
196	2.2878811	196	2.7035599	196	3.2113881	196	3.68961	196	3.3412
197	2.7010544	197	2.9557301	197	2.9232436	197	4.43759	197	3.8038
198	2.3111402	198	3.2595524	198	3.1960663	198	4.23514	198	3.8376
199	1.547791	199	2.8433182	199	3.0737597	199	3.82766	199	4.1928
200	1.9693402	200	3.1294356	200	2.6309868	200	3.99232	200	3.7703
201	2.0959539	201	2.6799731	201	3.0951015	201	3.94128	201	3.7963
202	2.0592055	202	2.4622981	202	3.1768612	202	4.12382	202	3.492
203	2.432401	203	2.7038022	203	2.4124326	203	4.01274	203	3.8470
204	2.6703572	204	2.7217089	204	3.130193	204	4.31593	204	4.433
205	2.171075	205	2.645573	205	2.2673359	205	3.44041	205	3.4485
206	2.0679458	206	2.6696581	206	3.00058	206	4.14082	206	3.6795
207	1.9333849	207	2.7775942	207	3.4369105	207	3.96503	207	4.0699
208	2.0471148	208	2.6371469	208	3.6661832	208	4.04603	208	3.811
209	2.1996471	209	2.4731847	209	2.4605983	209	4.10461	209	4.1228
210	2.0375261	210	2.7365985	210	2.5504905	210	4.23957	210	3.9009
211	2.4003762	211	2.6315346	211	3.1594298	211	3.58112	211	3.9023
212	2.1158188	212	2.1227101	212	2.7015697	212	3.68299	212	3.4151
213	2.2070163	213	2.8808905	213	2.5153064	213	3.91262	213	3.7030
214	2.6500077	214	3.14552	214	3.4090627	214	4.64746	214	4.7940
215	2.8768889	215	2.1533783	215	2.5729516	215	3.70103	215	3.5714
216	1.9029296	216	2.8123573	216	3.2324755	216	3.6492	216	3.3328
217	2.3186999	217	2.5874528	217	2.944025	217	4.09465	217	3.9746

Tabla 56: tiempos en sistema para modelo propuesto. Elaboración propia

Número de réplica para T2	tiempo (minutos)	Número de réplica para T8	tiempo (minutos)	Número de réplica para T13	tiempo (minutos)	Número de réplica para F10	tiempo (minutos)	Número de réplica para F11	tiempo (minutos)
1	1.236717409	1	2.1033984	1	2.1243267	1	2.500625	1	2.0806
2	1.37131442	2	1.5459745	2	1.9205715	2	2.1549343	2	1.9496
3	1.81428027	3	1.4095241	3	1.5695193	3	2.777508	3	2.2467
4	1.579902263	4	1.4446283	4	1.2854519	4	2.5316181	4	2.0535
5	1.573915566	5	1.9052192	5	1.7059432	5	2.401691	5	1.9223
6	1.179643686	6	1.3847222	6	2.2838455	6	2.4430297	6	1.9758
7	1.424495838	7	1.2234713	7	1.8566853	7	1.762164	7	1.7814
8	1.397830492	8	1.5067704	8	1.4509375	8	2.369376	8	2.3579
9	1.439007521	9	1.6112461	9	1.6023387	9	2.3917057	9	1.9979
10	1.638800005	10	1.6629234	10	1.6479058	10	2.2113454	10	2.1632
11	1.742127257	11	1.8827936	11	2.0504057	11	2.5653798	11	1.5512
12	1.268169031	12	1.3385223	12	1.4582003	12	2.124552	12	1.921
13	1.417123692	13	1.4914715	13	1.3874212	13	2.3358794	13	1.6788
14	1.411115345	14	1.3406183	14	1.4830628	14	2.7855009	14	2.0013
15	1.405918005	15	1.2686179	15	2.1947808	15	2.1391795	15	1.7657
16	1.033467992	16	1.4630833	16	2.3992323	16	2.3687433	16	1.4411
17	1.663708752	17	1.2479589	17	1.81216	17	1.9508074	17	1.8416
18	1.325103179	18	1.8214741	18	1.2418615	18	2.2556842	18	1.757
19	1.3788217	19	1.2742224	19	1.3819684	19	2.5319134	19	2.5148
20	1.566208374	20	1.5883573	20	2.1793712	20	2.810075	20	2.0751
21	1.733532122	21	1.4624419	21	2.6259481	21	1.9265348	21	2.2350
22	1.354016559	22	1.7076338	22	2.8332297	22	2.4329968	22	1.8789
23	1.299532192	23	1.3457877	23	1.9416021	23	2.0768564	23	1.5631
24	1.416297414	24	1.3689963	24	1.8941249	24	2.4700901	24	1.8914
25	1.56230688	25	1.5743719	25	1.9985176	25	2.1133718	25	1.6453
26	1.078197329	26	1.6563678	26	1.7857941	26	2.3934393	26	1.8851
27	1.192526697	27	1.6733119	27	1.1189432	27	2.5059575	27	2.4071
28	1.224554136	28	1.3155556	28	1.8681525	28	2.309979	28	2.165
29	1.333137124	29	1.0123037	29	1.8851701	29	2.6191104	29	2.0514
30	1.493638967	30	1.9012119	30	1.7057253	30	2.2423857	30	1.6158
31	1.069590491	31	0.991292	31	1.8732214	31	1.8327058	31	1.7133
32	1.490590923	32	1.4428814	32	1.2737928	32	2.6805093	32	2.2516
33	1.401821572	33	1.8649565	33	1.6416837	33	2.3490599	33	2.062
34	1.491623151	34	1.2398495	34	1.9771125	34	2.0528434	34	1.7597
35	1.324647886	35	1.79333	35	1.569236	35	2.5534693	35	2.6117
36	1.51580732	36	1.3445567	36	1.5292282	36	2.0496216	36	2.0065

37	1.61112968	37	1.4384197	37	2.7571509	37	1.8877812	37	1.3566
38	1.289434475	38	1.3768615	38	1.944794	38	2.1464014	38	1.9888
39	1.333831689	39	0.9626826	39	2.3080053	39	2.8366521	39	1.8967
40	1.253034573	40	1.6975577	40	1.7307867	40	2.4024461	40	2.0417
41	1.881918475	41	1.6267131	41	1.4966151	41	2.2534357	41	2.1185
42	1.537899324	42	1.3105121	42	1.7580797	42	2.6123286	42	2.1393
43	1.704610242	43	1.1560584	43	1.6784668	43	2.058883	43	1.9900
44	1.551760051	44	1.426303	44	2.3611957	44	2.1545763	44	2.3765
45	1.311820594	45	1.5311637	45	1.3931301	45	3.1081662	45	2.3476
46	1.612186501	46	1.2616361	46	1.3892673	46	2.1837923	46	1.7999
47	1.345159255	47	1.5588084	47	1.5842572	47	2.2031494	47	1.8158
48	1.467984054	48	1.486422	48	1.4695182	48	2.3914174	48	1.9053
49	1.035950804	49	1.1709835	49	1.3407928	49	2.143661	49	1.4401
50	1.545919091	50	1.5129178	50	2.1268588	50	2.0862981	50	1.9950
51	1.434283892	51	1.3405499	51	2.0127048	51	2.6425584	51	2.0117
52	1.266952568	52	1.0963085	52	1.5064169	52	2.3982085	52	2.0732
53	1.466927242	53	1.2109345	53	1.9554185	53	2.7130355	53	2.2778
54	1.302452927	54	1.5966928	54	1.4238365	54	2.495042	54	2.026
55	1.346150313	55	1.4488313	55	2.1079589	55	2.0763763	55	1.9431
56	1.063954626	56	1.3311145	56	2.6116641	56	3.0111935	56	2.6400
57	1.52153784	57	2.0563167	57	1.3675064	57	1.9731333	57	1.8045
58	1.157799232	58	1.200036	58	1.4765224	58	2.6223883	58	2.4851
59	1.1587949	59	1.2189462	59	1.1668593	59	2.009963	59	1.9087
60	1.353599096	60	1.2549145	60	1.3090702	60	2.5209542	60	2.2962
61	1.386596242	61	1.5984161	61	1.13807	61	2.3443165	61	2.3775
62	1.271995494	62	1.4847175	62	1.9375683	62	2.0021328	62	1.5416
63	1.492405417	63	2.0742036	63	1.3451502	63	2.2329895	63	1.9180
64	1.280788363	64	1.4487918	64	1.6107225	64	2.3456264	64	2.1092
65	1.672623256	65	1.3781627	65	1.3058007	65	2.2595101	65	1.8096
66	1.404346541	66	1.8374155	66	0.9947944	66	2.2290649	66	2.1460
67	1.59129646	67	1.4968979	67	2.380984	67	2.6454285	67	1.9851
68	1.158562357	68	1.5295066	68	1.8722427	68	2.2686822	68	1.7510
69	1.08893657	69	1.5576277	69	1.6185032	69	2.4040078	69	1.760
70	1.628298321	70	1.3641178	70	1.0307433	70	2.08566	70	1.9161
71	1.507445811	71	1.6106567	71	1.1974725	71	2.8028482	71	2.2385
72	1.177197606	72	1.5342297	72	0.8703973	72	1.6661157	72	1.9230
73	1.377861755	73	1.6455364	73	1.6700265	73	2.4465569	73	2.0229
74	1.548695434	74	1.8702658	74	1.9399611	74	2.8934479	74	2.2495
75	1.118445271	75	1.4335033	75	2.0170589	75	2.7662385	75	2.1722
76	1.602222933	76	1.5242526	76	1.6667926	76	2.6775216	76	1.9184
77	1.616444337	77	1.4900053	77	1.7148849	77	2.1504179	77	1.7003

78	1.36343929	78	1.0883876	78	1.480717	78	2.8019911	78	2.4317
79	1.50668242	79	1.5432065	79	1.4184588	79	1.8887278	79	1.6611
80	1.278017197	80	1.8342691	80	1.4906936	80	2.5542028	80	1.7570
81	1.461631086	81	1.3799765	81	1.5961343	81	2.4718966	81	2.3590
82	1.626757435	82	1.6682506	82	1.5756915	82	2.3974976	82	2.1126
83	1.145089814	83	1.3901667	83	1.5591425	83	1.943782	83	1.7065
84	1.603159812	84	1.610323	84	1.7607007	84	1.9632292	84	1.8687
85	1.354598489	85	1.542803	85	1.659728	85	2.3235957	85	1.8907
86	1.444297683	86	1.1067521	86	1.2709541	86	2.4495186	86	2.3942
87	1.489791049	87	1.4280871	87	1.6634125	87	2.6026811	87	2.2339
88	1.444887145	88	1.9948462	88	1.6435848	88	2.3629555	88	1.6369
89	1.657104875	89	1.902129	89	1.7363353	89	2.4953463	89	2.1951
90	1.901055999	90	1.8818065	90	1.9380205	90	2.4396609	90	1.9894
91	1.310653621	91	1.5352023	91	1.5537984	91	2.3901811	91	1.9487
92	1.4902046	92	1.0733355	92	1.6775494	92	1.896264	92	1.641
93	1.470367025	93	1.0432294	93	2.1706598	93	2.3104946	93	1.7542
94	1.607918659	94	1.6530799	94	1.3239247	94	2.8293396	94	2.0510
95	0.95282675	95	1.3051355	95	2.0296699	95	2.036662	95	1.7844
96	1.376298693	96	1.4320738	96	2.2062296	96	2.7436692	96	2.1486
97	1.377409958	97	1.2736917	97	2.4157194	97	1.9091033	97	1.7391
98	1.420783641	98	1.4292964	98	1.4818518	98	2.5028194	98	2.1276
99	1.131483637	99	1.2385856	99	1.6767635	99	2.2926509	99	1.9407
100	1.167711242	100	1.3991393	100	1.4132758	100	1.9135878	100	2.3401
101	1.398518806	101	1.412131	101	2.0882032	101	2.0597838	101	1.9531
102	1.134961676	102	1.4510848	102	1.9222277	102	1.9815878	102	2.3384
103	1.387344786	103	1.398372	103	2.2386938	103	2.4465812	103	2.2654
104	1.458478533	104	1.377403	104	1.8094754	104	1.7483846	104	1.9139
105	1.229809256	105	1.0729742	105	1.6417616	105	1.9298313	105	2.0969
106	1.483511024	106	1.2246648	106	1.6657285	106	2.8535566	106	2.0042
107	1.374649975	107	1.5582899	107	1.7658386	107	2.1974962	107	2.1304
108	1.572875534	108	1.4543889	108	2.0363273	108	2.436494	108	1.9511
109	1.156163435	109	1.051926	109	1.7864532	109	2.2815693	109	1.9961
110	1.871578391	110	1.5576908	110	1.4493373	110	2.015396	110	1.6125
111	1.622690828	111	1.2947181	111	1.3674827	111	2.5933843	111	1.8545
112	1.589740114	112	1.5179562	112	1.7464022	112	2.3179436	112	1.9542
113	1.311260632	113	1.161093	113	1.2094086	113	1.825094	113	1.7329
114	1.506642575	114	1.7392363	114	1.9982555	114	2.1884491	114	2.059
115	1.361777164	115	1.6683595	115	1.1274383	115	2.0472754	115	1.7915
116	1.141579919	116	1.4147917	116	1.8122874	116	2.4177544	116	1.9077
117	1.664569293	117	1.4992918	117	1.6120919	117	2.5751019	117	2.088
118	1.359619062	118	1.3014142	118	1.8100832	118	1.8542453	118	1.8826

119	1.25975829	119	1.2210485	119	1.9240473	119	2.0511815	119	1.748
120	1.259774718	120	1.4587093	120	1.7120644	120	1.9524266	120	1.7612
121	1.249707085	121	1.7715808	121	1.1690867	121	2.2474138	121	1.6329
122	1.367022752	122	1.4373122	122	1.5807514	122	2.3260639	122	2.073
123	1.499689538	123	1.3953723	123	2.5121408	123	2.2278519	123	1.8486
124	1.576111154	124	1.5279319	124	1.6751381	124	2.1679066	124	1.4992
125	1.079490711	125	1.3061152	125	1.2283911	125	2.3536978	125	1.8669
126	1.205399201	126	1.1206238	126	2.1870028	126	2.5717732	126	2.1439
127	1.267820127	127	1.0619621	127	0.9719418	127	2.084798	127	1.6063
128	1.499767906	128	2.0741547	128	1.6072576	128	2.1676128	128	2.3225
129	1.526654748	129	1.4621134	129	1.3286553	129	2.3146831	129	2.0573
130	1.391468907	130	1.4144819	130	1.4318941	130	2.0813161	130	2.0106
131	1.362832791	131	1.678935	131	1.50234	131	2.2158391	131	1.5553
132	1.613364884	132	1.4580105	132	1.5435266	132	2.387148	132	1.973
133	1.717974026	133	1.1647775	133	1.7283859	133	1.987358	133	2.2084
134	1.288660396	134	1.3572587	134	1.709425	134	2.1935139	134	1.6800
135	1.596287695	135	1.7162308	135	1.7014985	135	2.1134218	135	2.0100
136	1.67543332	136	1.4947926	136	1.3779198	136	2.3164577	136	1.8832
137	1.327119643	137	1.7315839	137	1.4091559	137	2.4244342	137	2.0763
138	1.77779087	138	1.520768	138	1.7193215	138	1.7996066	138	1.7003
139	1.566216153	139	1.760252	139	2.0769966	139	2.0939892	139	1.7972
140	1.497541523	140	1.6383268	140	1.6079251	140	2.1315248	140	2.1028
141	1.74226345	141	1.3110365	141	1.5729591	141	2.1598446	141	1.8185
142	1.434218985	142	1.4843172	142	1.4052623	142	2.697836	142	2.3301
143	1.376605761	143	1.4024067	143	2.299003	143	2.3402644	143	2.3180
144	1.357451189	144	1.31422	144	2.626759	144	1.9505355	144	2.0867
145	1.451386903	145	1.6579361	145	1.5708211	145	2.1451893	145	1.9635
146	1.569159723	146	1.681405	146	1.4291355	146	2.363002	146	1.5925
147	1.388175937	147	1.5978872	147	1.4272246	147	2.3705148	147	2.0985
148	1.172077992	148	1.6890264	148	1.8107443	148	1.9906998	148	1.6942
149	1.102231341	149	1.3384887	149	1.8664508	149	1.716436	149	1.5269
150	1.426129839	150	1.3691333	150	1.5989603	150	1.8711167	150	1.7985
151	1.418060493	151	1.1918433	151	2.0412753	151	2.4441388	151	1.8705
152	0.957873236	152	1.2601443	152	1.3380937	152	1.9487272	152	1.8814
153	1.229703375	153	1.2627371	153	1.4814853	153	2.3527005	153	1.9569
154	1.069013628	154	1.4362411	154	1.8181025	154	2.0303748	154	1.5928
155	1.423607296	155	1.6562637	155	2.0967871	155	2.9664799	155	2.2421
156	1.283718168	156	1.7442254	156	1.3052173	156	2.5377753	156	1.7919
157	1.197583863	157	1.2947077	157	2.1194913	157	2.3162557	157	2.0432
158	1.588019961	158	1.6928529	158	1.6992792	158	2.2066519	158	1.9685
159	1.567501339	159	1.2082245	159	2.6767713	159	2.5250742	159	1.9145

160	1.527037937	160	1.7042461	160	1.4971375	160	2.3957077	160	1.7642
161	1.286263337	161	1.2708816	161	1.9321422	161	2.5067395	161	2.468
162	1.356729141	162	1.5806628	162	1.3148062	162	2.1258513	162	1.9843
163	1.480433998	163	1.2709977	163	1.8616012	163	2.5631443	163	2.0983
164	1.676826039	164	1.4820599	164	1.7217384	164	2.1364632	164	2.1480
165	1.473489065	165	1.1103673	165	2.8153593	165	2.2250387	165	1.9817
166	1.529758308	166	1.3559274	166	2.5114563	166	2.7584986	166	2.1302
167	1.162771017	167	1.672242	167	1.1061243	167	2.247524	167	1.6320
168	1.592797685	168	1.225959	168	1.5339665	168	2.3252382	168	2.1037
169	1.688307472	169	1.4497775	169	1.9905254	169	2.7191555	169	1.9776
170	1.563328972	170	1.7318923	170	1.7053995	170	2.461709	170	2.0255
171	1.274991333	171	1.6369009	171	1.784442	171	1.9973588	171	1.504
172	1.530990531	172	1.4543119	172	1.9166007	172	1.5039438	172	1.6634
173	1.326438486	173	1.6897362	173	2.0590286	173	2.3308336	173	1.966
174	1.687335891	174	1.1690513	174	2.123924	174	1.8540931	174	3.1659
175	1.538762535	175	1.3161049	175	1.1334232	175	2.4876437	175	2.0764
176	1.780888656	176	1.2337006	176	1.7219755	176	2.2788223	176	1.9838
177	0.997760771	177	1.6389859	177	1.8444903	177	2.4915303	177	2.2898
178	1.388929378	178	1.5870739	178	1.4888881	178	2.6729192	178	1.9138
179	1.22192354	179	1.3154717	179	1.8265704	179	2.2672468	179	1.6964
180	1.588149952	180	1.2485175	180	2.1290799	180	2.8692137	180	2.4498
181	1.127814106	181	1.4066237	181	1.7762156	181	2.5121776	181	1.9214
182	1.61299435	182	1.4851038	182	2.2894248	182	2.7860041	182	2.0314
183	1.588705208	183	1.4464387	183	1.3972973	183	2.1497964	183	1.787
184	1.894316155	184	1.5225093	184	1.9883387	184	2.6775239	184	1.7662
185	1.36161737	185	1.0159637	185	1.1304765	185	1.9713732	185	2.0446
186	1.036619504	186	1.8455522	186	1.949143	186	2.676742	186	2.1329
187	1.478729716	187	1.777516	187	1.6291078	187	2.0854143	187	2.5421
188	1.480779003	188	1.6324038	188	1.9110866	188	2.1211763	188	1.8178
189	1.570696922	189	1.2048256	189	1.8813425	189	2.0718465	189	1.6733
190	1.329187445	190	1.280748	190	1.7859693	190	1.997109	190	1.7353
191	1.266477069	191	1.1773765	191	1.965107	191	2.1121832	191	2.0009
192	1.751773967	192	1.3778747	192	1.407942	192	1.9652467	192	2.1635
193	1.398656845	193	1.2170308	193	2.0433297	193	2.2530242	193	2.1139
194	1.642677348	194	2.0867176	194	1.6782551	194	2.5652678	194	2.5255
195	1.321260437	195	1.4802699	195	1.8020103	195	2.6003595	195	1.8099
196	1.46472232	196	1.7787162	196	1.1806972	196	2.4825883	196	1.9683
197	1.178158556	197	1.6739863	197	2.258185	197	2.7028937	197	2.0842
198	1.572423348	198	1.2548915	198	1.9892366	198	2.0528548	198	1.7943
199	1.273098629	199	1.3299025	199	1.3852259	199	1.9289465	199	1.8261
200	1.26658248	200	1.237878	200	1.7300824	200	2.2948038	200	2.0708

201	1.716207303	201	1.3313315	201	2.0764074	201	2.1972898	201	1.5164
202	1.217807551	202	1.4931834	202	1.5152176	202	2.0335415	202	2.036
203	1.488015172	203	1.3306568	203	1.4733366	203	2.3729618	203	1.7426
204	1.315950739	204	1.447145	204	1.6451958	204	2.2371322	204	1.865
205	1.049646191	205	1.5307655	205	1.3643094	205	2.3124231	205	1.8453
206	1.688560393	206	1.2979659	206	1.5284947	206	1.9915507	206	1.8033
207	1.506573852	207	1.4024687	207	2.0753911	207	2.8324287	207	2.226
208	1.627940182	208	1.293483	208	1.7330454	208	2.1664903	208	1.8160
209	1.322129297	209	1.3189849	209	1.3374434	209	2.6854734	209	2.0999
210	1.498263537	210	1.1353334	210	1.4667949	210	2.612859	210	2.2158
211	1.371220335	211	1.720003	211	1.2510711	211	2.2311133	211	1.7985
212	1.445990578	212	1.0888564	212	1.4564589	212	2.1911452	212	1.9489
213	1.468321254	213	1.4810877	213	1.8632361	213	2.2344928	213	2.446
214	1.191466577	214	1.7023326	214	1.523841	214	2.4499108	214	2.1774
215	1.522477574	215	1.1101502	215	2.2655025	215	2.1816703	215	2.0941
216	1.314944389	216	1.3334958	216	1.9501001	216	2.2200524	216	2.2577
217	1.791808698	217	1.4234335	217	2.0719875	217	2.5368177	217	2.202

Pruebas de normalidad del tiempo en sistema para cada estación:

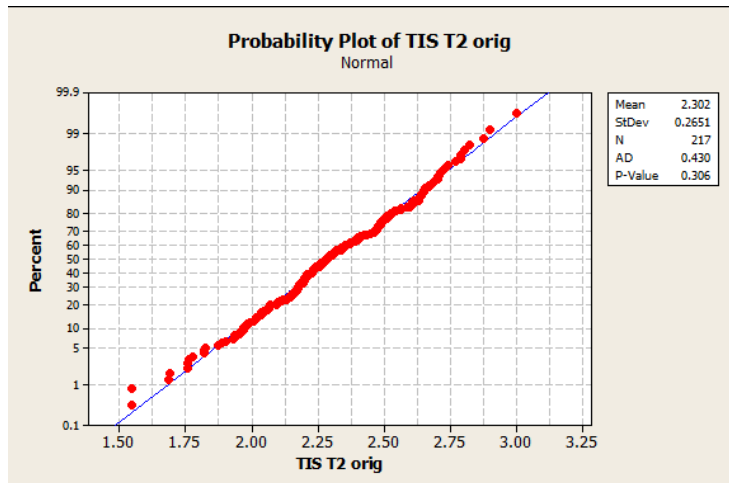


Figura 46: prueba de normalidad para tiempo en sistema T2 modelo original. Salida software Minitab

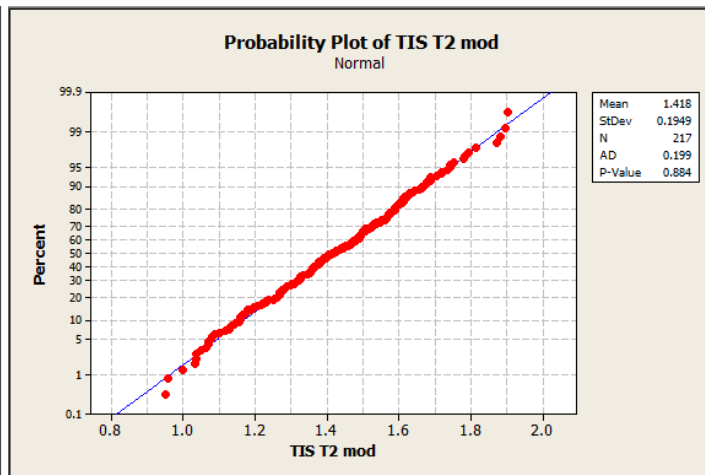


Figura 45: prueba de normalidad para tiempo en sistema T2 modelo propuesto. Salida software Minitab

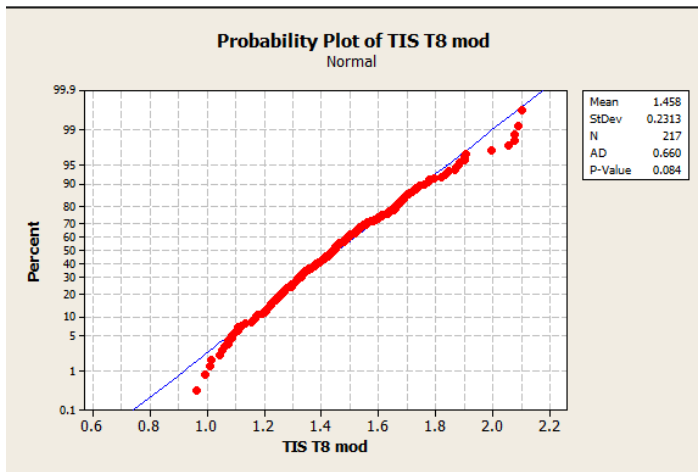


Figura 47: prueba de normalidad para tiempo en sistema T8 modelo propuesto. Salida software Minitab

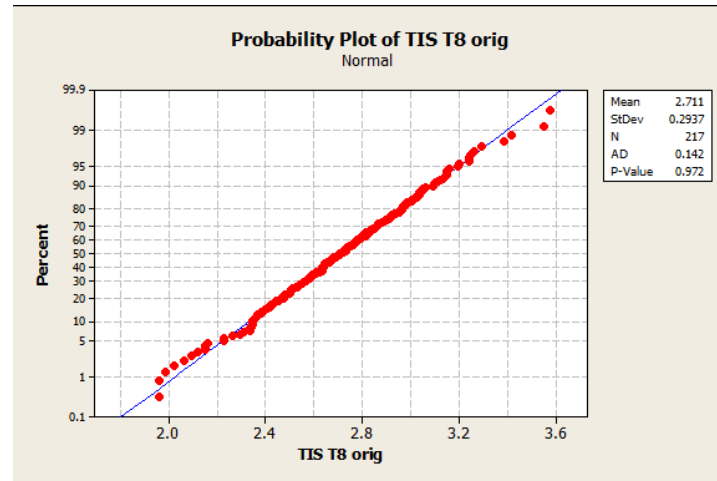


Figura 48: prueba de normalidad para tiempo en sistema T8 modelo original. Salida software Minitab

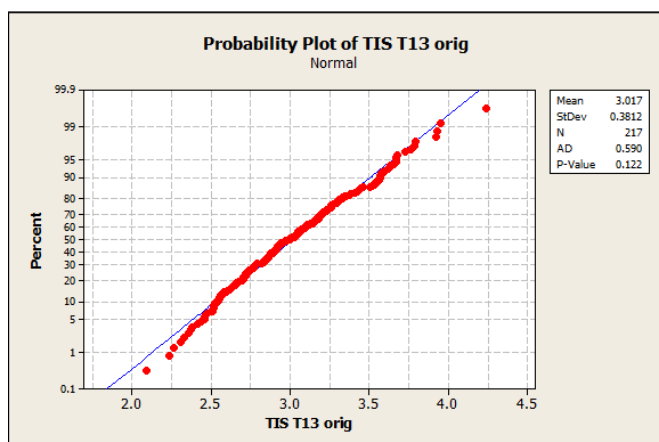


Figura 49: prueba de normalidad para tiempo en sistema T13 modelo original. Salida software Minitab

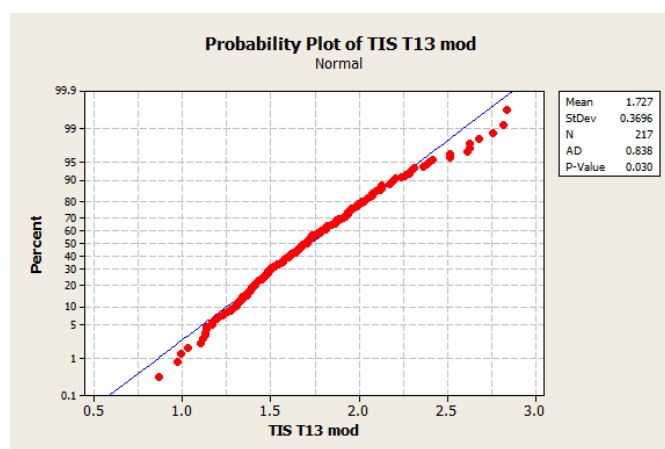


Figura 54: prueba de normalidad para tiempo en sistema T13 modelo propuesto. Salida software Minitab

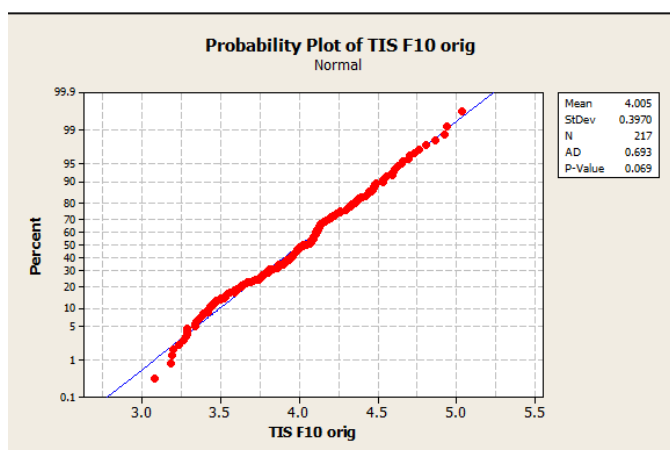


Figura 53: prueba de normalidad para tiempo en sistema F10 modelo original. Salida software Minitab

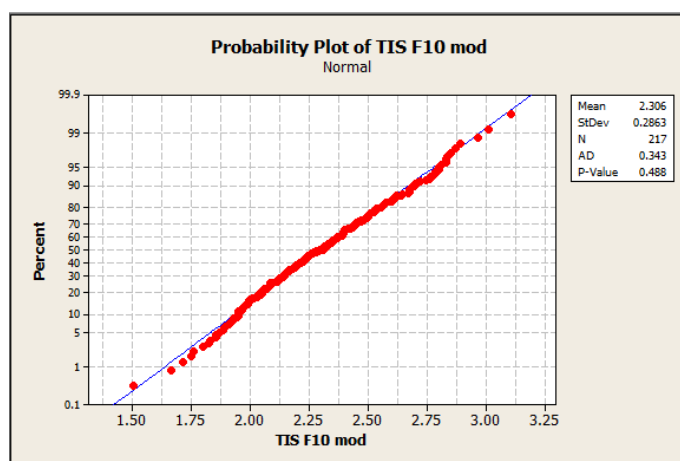


Figura 52: prueba de normalidad para tiempo en sistema F10 modelo propuesto. Salida software Minitab

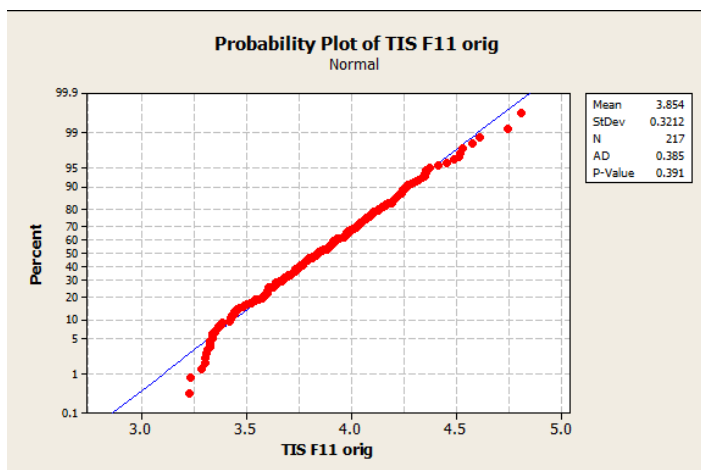


Figura 51: prueba de normalidad para tiempo en sistema F11 modelo original. Salida software Minitab

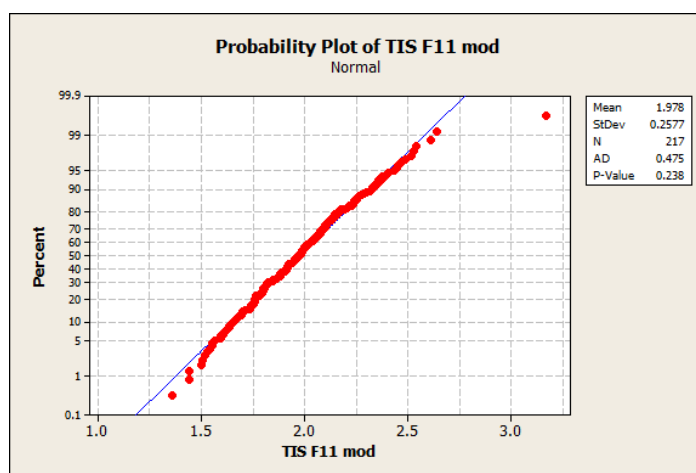


Figura 50: prueba de normalidad para tiempo en sistema F11 modelo propuesto. Salida software Minitab

ANEXO 24: Datos obtenidos para utilización y pruebas de normalidad**Tabla 57:** Datos obtenidos para utilización de recursos modelo actual. Elaboración propia

Número de réplica para T2	utilización	Número de réplica para T8	utilización	Número de réplica para T13	utilización	Número de réplica para F10 y F11	utilización
1	0.0091051	1	0.0196582	1	0.0194782	1	0.0381533
2	0.0142975	2	0.0203169	2	0.0176907	2	0.045908
3	0.0129618	3	0.0174006	3	0.0176263	3	0.0473756
4	0.0159333	4	0.0119107	4	0.0172577	4	0.0459928
5	0.0132546	5	0.0164307	5	0.0209842	5	0.045557
6	0.0150068	6	0.01903	6	0.0192948	6	0.0364889
7	0.0148068	7	0.0165564	7	0.0119756	7	0.0477642
8	0.0107435	8	0.0177425	8	0.0210016	8	0.0465317
9	0.0137584	9	0.01679	9	0.0175477	9	0.040197
10	0.013496	10	0.0158606	10	0.0212842	10	0.0431794
11	0.0173747	11	0.0163843	11	0.0162295	11	0.0423469
12	0.0146374	12	0.0164971	12	0.0248435	12	0.0448144
13	0.0153163	13	0.0182407	13	0.0117415	13	0.0427167
14	0.0143664	14	0.0173816	14	0.0159255	14	0.0429898
15	0.0126809	15	0.016628	15	0.0109034	15	0.034239
16	0.0161351	16	0.0176003	16	0.018213	16	0.0484968
17	0.0136777	17	0.015583	17	0.0190169	17	0.0350796
18	0.0146906	18	0.0149348	18	0.0225818	18	0.0481728
19	0.0155685	19	0.0153272	19	0.0135658	19	0.0391806
20	0.012528	20	0.0170387	20	0.0186483	20	0.0383047
21	0.0113469	21	0.0172194	21	0.0184705	21	0.0416168
22	0.0194339	22	0.0149937	22	0.0193007	22	0.0458265
23	0.0163009	23	0.0176296	23	0.0112291	23	0.0448664
24	0.0133145	24	0.0159379	24	0.0201283	24	0.0503316
25	0.0135278	25	0.0169771	25	0.0185471	25	0.0456442
26	0.0165928	26	0.0153248	26	0.0219522	26	0.0448176
27	0.0145072	27	0.0224903	27	0.0197835	27	0.0412099
28	0.0130589	28	0.0159972	28	0.0182064	28	0.0438916
29	0.0164266	29	0.0173712	29	0.0171088	29	0.0355316
30	0.0140893	30	0.0183179	30	0.0176148	30	0.0455213
31	0.014249	31	0.0175038	31	0.0198947	31	0.0442501
32	0.0121537	32	0.0153977	32	0.0153404	32	0.0451821
33	0.0160427	33	0.0149671	33	0.0187673	33	0.0359642

34	0.0147963	34	0.0171571	34	0.0180777	34	0.0321861
35	0.0141168	35	0.0169453	35	0.0178112	35	0.0380506
36	0.0127188	36	0.0170405	36	0.0186155	36	0.0485608
37	0.0156218	37	0.0167027	37	0.011753	37	0.0395024
38	0.0148356	38	0.0148893	38	0.0094967	38	0.0427094
39	0.0168361	39	0.011699	39	0.0118792	39	0.0380379
40	0.0161856	40	0.0169508	40	0.0208868	40	0.0417681
41	0.0161859	41	0.0174668	41	0.0192381	41	0.0481301
42	0.0144532	42	0.016915	42	0.0145465	42	0.0504265
43	0.0101965	43	0.0150011	43	0.0168676	43	0.0398944
44	0.0146358	44	0.0155034	44	0.0148842	44	0.0447562
45	0.0178452	45	0.0132294	45	0.0176496	45	0.0406357
46	0.0145721	46	0.015699	46	0.0203654	46	0.0485997
47	0.0159146	47	0.015682	47	0.0207837	47	0.0458936
48	0.0163756	48	0.0159159	48	0.0218786	48	0.0391946
49	0.0077469	49	0.0159991	49	0.0175347	49	0.0304444
50	0.0124925	50	0.0163313	50	0.0196137	50	0.0428458
51	0.014991	51	0.0183486	51	0.0143188	51	0.0371398
52	0.0107442	52	0.016987	52	0.0193124	52	0.0391186
53	0.0140646	53	0.0169591	53	0.016036	53	0.0377511
54	0.0123735	54	0.0181988	54	0.0183199	54	0.0445722
55	0.0131431	55	0.0176292	55	0.019313	55	0.0345723
56	0.0164221	56	0.0206026	56	0.0149103	56	0.0464125
57	0.0144777	57	0.0191604	57	0.018442	57	0.0485298
58	0.0172145	58	0.0171303	58	0.0130259	58	0.0451662
59	0.0140094	59	0.0152696	59	0.0126111	59	0.0393182
60	0.0127164	60	0.0157053	60	0.0188435	60	0.0463181
61	0.0133682	61	0.0172365	61	0.019734	61	0.0453397
62	0.0113449	62	0.0166772	62	0.0200888	62	0.0476457
63	0.0139482	63	0.0171188	63	0.0184074	63	0.0442479
64	0.0143499	64	0.012979	64	0.020899	64	0.0415055
65	0.0146516	65	0.0143731	65	0.0212855	65	0.0419317
66	0.0160125	66	0.0128251	66	0.011087	66	0.041861
67	0.012997	67	0.0157169	67	0.0162807	67	0.0398955
68	0.0135074	68	0.0145517	68	0.0218368	68	0.0475512
69	0.0127107	69	0.0172009	69	0.0179553	69	0.0494448
70	0.0124864	70	0.0169985	70	0.0152496	70	0.0413741
71	0.0151327	71	0.0170037	71	0.0178761	71	0.0398479
72	0.0120373	72	0.0140993	72	0.0155625	72	0.0464403

73	0.0131072	73	0.0158496	73	0.0103049	73	0.0471473
74	0.0150703	74	0.0185787	74	0.0170409	74	0.039397
75	0.0150416	75	0.015341	75	0.0143105	75	0.0438219
76	0.0145098	76	0.0180043	76	0.0181212	76	0.0360345
77	0.0137783	77	0.0152704	77	0.0145878	77	0.0402495
78	0.0145464	78	0.0090415	78	0.0173736	78	0.0527211
79	0.0144448	79	0.0168148	79	0.0236247	79	0.0431739
80	0.0134957	80	0.0169468	80	0.0155754	80	0.0394465
81	0.013653	81	0.0181123	81	0.0193917	81	0.0423369
82	0.0157191	82	0.0166119	82	0.0124014	82	0.0426122
83	0.0165837	83	0.0161447	83	0.0167298	83	0.0436079
84	0.0152447	84	0.0160357	84	0.0164059	84	0.0473692
85	0.0135359	85	0.0158795	85	0.0090495	85	0.0424117
86	0.0165452	86	0.0111904	86	0.0138581	86	0.0495161
87	0.0111719	87	0.0159783	87	0.0213174	87	0.0473469
88	0.0145353	88	0.0123308	88	0.0170504	88	0.0439571
89	0.0129697	89	0.0148745	89	0.0190534	89	0.0391599
90	0.012506	90	0.0186208	90	0.0202263	90	0.0393414
91	0.0129201	91	0.0161144	91	0.0175645	91	0.0465064
92	0.0084209	92	0.0177519	92	0.0232068	92	0.0437364
93	0.0172533	93	0.0162199	93	0.0146665	93	0.0489976
94	0.012871	94	0.0120629	94	0.0134794	94	0.0366489
95	0.0162808	95	0.018724	95	0.0157602	95	0.0445669
96	0.0166491	96	0.012195	96	0.0200044	96	0.0448932
97	0.0097121	97	0.0179926	97	0.0209475	97	0.0457239
98	0.0137379	98	0.0182453	98	0.0195639	98	0.0386376
99	0.0145575	99	0.0165197	99	0.0231622	99	0.0402555
100	0.0137146	100	0.0163773	100	0.0183626	100	0.0435549
101	0.0144228	101	0.0157856	101	0.0178111	101	0.0331148
102	0.0142065	102	0.016513	102	0.0191613	102	0.0449859
103	0.0170964	103	0.0188779	103	0.012711	103	0.0330386
104	0.0122631	104	0.0169369	104	0.019134	104	0.0410147
105	0.0141685	105	0.0192135	105	0.0220878	105	0.0401166
106	0.0142209	106	0.0176371	106	0.0174901	106	0.0410239
107	0.0172904	107	0.0146197	107	0.0180737	107	0.0388982
108	0.0132655	108	0.0164466	108	0.0201538	108	0.0446675
109	0.0142112	109	0.0184192	109	0.0246428	109	0.0321874
110	0.0143253	110	0.0191304	110	0.0134867	110	0.0453253
111	0.0129865	111	0.0190063	111	0.021914	111	0.0461746

112	0.0141497	112	0.0150192	112	0.0201101	112	0.0442968
113	0.0166312	113	0.0171757	113	0.0194115	113	0.0494593
114	0.009166	114	0.0155449	114	0.025039	114	0.0412828
115	0.0169395	115	0.0180092	115	0.0167583	115	0.0467815
116	0.0166196	116	0.0156558	116	0.0206966	116	0.0497323
117	0.0135697	117	0.0154999	117	0.0232941	117	0.0431766
118	0.015128	118	0.0107669	118	0.0179758	118	0.0432982
119	0.0128172	119	0.0160236	119	0.0197799	119	0.0465366
120	0.0139684	120	0.0120003	120	0.0180862	120	0.0467806
121	0.014962	121	0.0140777	121	0.0164665	121	0.0459614
122	0.0070851	122	0.0179082	122	0.0229842	122	0.0423355
123	0.0134034	123	0.01811	123	0.0173649	123	0.04639
124	0.0138387	124	0.018283	124	0.0186725	124	0.0258474
125	0.0088561	125	0.0060423	125	0.0171297	125	0.0354594
126	0.0131838	126	0.0140979	126	0.0183801	126	0.0379098
127	0.0113101	127	0.0156259	127	0.0187359	127	0.0440867
128	0.012809	128	0.014331	128	0.0138287	128	0.041437
129	0.0150448	129	0.0146325	129	0.0175402	129	0.042857
130	0.0138894	130	0.017048	130	0.0172424	130	0.0383315
131	0.0121254	131	0.0147384	131	0.0165357	131	0.0408924
132	0.0130116	132	0.0177388	132	0.0157352	132	0.0498423
133	0.0144035	133	0.0161059	133	0.0126642	133	0.036394
134	0.0091347	134	0.015046	134	0.0107844	134	0.0496219
135	0.0136341	135	0.0163984	135	0.0107453	135	0.0477032
136	0.0128871	136	0.0149721	136	0.0211877	136	0.0442817
137	0.0130425	137	0.0159994	137	0.017935	137	0.0480424
138	0.0102585	138	0.0175358	138	0.0161848	138	0.0433647
139	0.0168264	139	0.0174035	139	0.0110752	139	0.0448944
140	0.0080133	140	0.0154487	140	0.0218067	140	0.0476176
141	0.015438	141	0.0180934	141	0.0221445	141	0.0498946
142	0.0126578	142	0.0212707	142	0.0110845	142	0.0426661
143	0.0143194	143	0.0122811	143	0.019989	143	0.0454231
144	0.014799	144	0.016204	144	0.0200342	144	0.0384471
145	0.0156646	145	0.0168438	145	0.0232061	145	0.049354
146	0.0124961	146	0.0166273	146	0.0173944	146	0.0416028
147	0.0143084	147	0.0164372	147	0.0140631	147	0.0457441
148	0.0095487	148	0.0165053	148	0.007074	148	0.0478893
149	0.0135583	149	0.0176744	149	0.0206822	149	0.0445683
150	0.0129632	150	0.0175659	150	0.0174846	150	0.0379288

151	0.0137423	151	0.0163652	151	0.0189484	151	0.0442165
152	0.013411	152	0.0165567	152	0.0143183	152	0.045868
153	0.0155223	153	0.0167919	153	0.0117088	153	0.0426791
154	0.0167434	154	0.0162848	154	0.0132544	154	0.0395653
155	0.0157404	155	0.0109875	155	0.017059	155	0.0483835
156	0.0144558	156	0.0162134	156	0.0144678	156	0.0479426
157	0.014832	157	0.0176613	157	0.0141137	157	0.0432819
158	0.0141675	158	0.0168464	158	0.0233354	158	0.0390624
159	0.0093124	159	0.0171773	159	0.0163668	159	0.0480142
160	0.0156822	160	0.0173417	160	0.020231	160	0.0330798
161	0.0122709	161	0.0151985	161	0.0259917	161	0.0465664
162	0.0163668	162	0.0164033	162	0.016352	162	0.0480824
163	0.0137929	163	0.0194571	163	0.0188299	163	0.0451279
164	0.0137197	164	0.0161683	164	0.0171548	164	0.0473896
165	0.014645	165	0.0143621	165	0.0192301	165	0.0407223
166	0.0092289	166	0.0108372	166	0.0162392	166	0.0486152
167	0.0157914	167	0.0164577	167	0.0225553	167	0.0470238
168	0.0130512	168	0.0139845	168	0.0208108	168	0.0416163
169	0.0164529	169	0.0162465	169	0.0150877	169	0.0358784
170	0.0094464	170	0.0179507	170	0.0134942	170	0.0396221
171	0.0146653	171	0.0200732	171	0.0132949	171	0.0529476
172	0.0157783	172	0.0138903	172	0.0098863	172	0.0435671
173	0.011191	173	0.0178035	173	0.011557	173	0.0467251
174	0.0132179	174	0.0189321	174	0.0157918	174	0.0496226
175	0.0155795	175	0.0180783	175	0.0185574	175	0.0427045
176	0.0153737	176	0.0167881	176	0.0145967	176	0.0471306
177	0.0170662	177	0.0157761	177	0.0222241	177	0.0359819
178	0.0162557	178	0.0168693	178	0.018592	178	0.0416795
179	0.0080005	179	0.0234478	179	0.0176808	179	0.0446227
180	0.0146219	180	0.0132994	180	0.0166639	180	0.0487948
181	0.0155351	181	0.0163492	181	0.0165343	181	0.0401537
182	0.0168389	182	0.0144605	182	0.0173435	182	0.0465033
183	0.0167949	183	0.0176154	183	0.0186072	183	0.0388512
184	0.0105252	184	0.0180319	184	0.0173089	184	0.0364453
185	0.0134318	185	0.0165262	185	0.0192449	185	0.0413213
186	0.0166136	186	0.018232	186	0.0207991	186	0.0448424
187	0.0084407	187	0.0175291	187	0.0177798	187	0.0419688
188	0.0158477	188	0.0174506	188	0.0190573	188	0.0482305
189	0.0119394	189	0.0206843	189	0.0185587	189	0.0459108

190	0.0140071	190	0.018007	190	0.0227255	190	0.0458321
191	0.0149085	191	0.0163002	191	0.0201983	191	0.046544
192	0.0142739	192	0.0158438	192	0.0165085	192	0.0483087
193	0.0151498	193	0.0107543	193	0.0147313	193	0.0447345
194	0.0155069	194	0.018993	194	0.0175094	194	0.0440023
195	0.0137103	195	0.0183626	195	0.0119889	195	0.0451943
196	0.014281	196	0.0174681	196	0.0195404	196	0.0425008
197	0.0145587	197	0.0168286	197	0.0088477	197	0.0377364
198	0.0081412	198	0.0173875	198	0.0198028	198	0.0421679
199	0.0094799	199	0.0180604	199	0.0130887	199	0.0425217
200	0.0131151	200	0.0193173	200	0.0176878	200	0.0460759
201	0.0176322	201	0.0164722	201	0.0181817	201	0.0424812
202	0.0146078	202	0.0164869	202	0.0189113	202	0.0429677
203	0.0118722	203	0.0175705	203	0.0174868	203	0.0430192
204	0.0133578	204	0.0160473	204	0.0152578	204	0.0506445
205	0.0166805	205	0.0141109	205	0.0116571	205	0.0351864
206	0.0125467	206	0.01497	206	0.0171748	206	0.045468
207	0.0189307	207	0.0151337	207	0.0223423	207	0.0457625
208	0.015771	208	0.0152783	208	0.0173773	208	0.0467229
209	0.0122286	209	0.0203029	209	0.0191264	209	0.0462863
210	0.0146185	210	0.0150624	210	0.0248144	210	0.0483306
211	0.0093049	211	0.0182876	211	0.0195287	211	0.0437164
212	0.0123361	212	0.0154729	212	0.0204081	212	0.0412503
213	0.0134843	213	0.0192881	213	0.021016	213	0.0454656
214	0.0125518	214	0.0162343	214	0.0128589	214	0.0427025
215	0.0130871	215	0.0165425	215	0.0181856	215	0.0401036
216	0.0131481	216	0.0139763	216	0.016665	216	0.037517
217	0.0169026	217	0.0176023	217	0.0158219	217	0.0476498

Tabla 58: datos obtenidos para utilización de recursos modelo propuesto. Elaboración propia

Número de réplica para T2	utilización	Número de réplica para T8	utilización	Número de réplica para T13	utilización	Número de réplica para F10 y F11	utilización
1	0.0105824	1	0.0090438	1	0.012388	1	0.0252375
2	0.0103246	2	0.0093399	2	0.0108468	2	0.0226206
3	0.0108925	3	0.012095	3	0.0112408	3	0.0286198
4	0.0094278	4	0.0073621	4	0.0114102	4	0.0248986
5	0.0089808	5	0.0105793	5	0.0122067	5	0.0238647

6	0.0071105	6	0.0096635	6	0.0110411	6	0.0244239
7	0.0062633	7	0.0049098	7	0.0088342	7	0.0206492
8	0.0073877	8	0.0089247	8	0.0087774	8	0.0266678
9	0.0063907	9	0.0059921	9	0.0080208	9	0.0198658
10	0.0077849	10	0.0083328	10	0.0114317	10	0.0208144
11	0.0076806	11	0.0106143	11	0.0083272	11	0.0146543
12	0.0088558	12	0.0068782	12	0.0083878	12	0.0200569
13	0.0065357	13	0.0076059	13	0.0113581	13	0.0221389
14	0.0055639	14	0.0076041	14	0.010456	14	0.0224861
15	0.0098653	15	0.0092272	15	0.0079743	15	0.0218299
16	0.0095002	16	0.0096868	16	0.010547	16	0.0208971
17	0.0112407	17	0.0079157	17	0.0090966	17	0.0220557
18	0.0106668	18	0.0070473	18	0.0066479	18	0.0230288
19	0.0083106	19	0.0064514	19	0.0058007	19	0.029084
20	0.0101205	20	0.0083546	20	0.0093839	20	0.0270377
21	0.0108897	21	0.0103128	21	0.014574	21	0.0202839
22	0.0103381	22	0.013621	22	0.0148623	22	0.0254245
23	0.0090614	23	0.0091547	23	0.0099337	23	0.0215012
24	0.0080979	24	0.0077953	24	0.0071146	24	0.0227639
25	0.0087868	25	0.0083751	25	0.0099649	25	0.0215749
26	0.0074829	26	0.0085591	26	0.0104466	26	0.0234219
27	0.0090528	27	0.0060728	27	0.0069945	27	0.0202139
28	0.0086846	28	0.0091754	28	0.0092062	28	0.0260037
29	0.0083947	29	0.0131953	29	0.0121307	29	0.0264484
30	0.0093496	30	0.0093858	30	0.0142504	30	0.0211029
31	0.0084601	31	0.0086276	31	0.0078579	31	0.0207609
32	0.0097839	32	0.0113618	32	0.0131647	32	0.0268756
33	0.0087123	33	0.0115104	33	0.0082893	33	0.0246467
34	0.0057259	34	0.0092148	34	0.0113228	34	0.02272
35	0.008494	35	0.009505	35	0.0071359	35	0.0236417
36	0.0087545	36	0.0074716	36	0.0056544	36	0.0237294
37	0.007811	37	0.0094439	37	0.0091993	37	0.0187088
38	0.0090179	38	0.0102713	38	0.0099161	38	0.020128
39	0.0095467	39	0.0095307	39	0.009962	39	0.0207104
40	0.0086066	40	0.0116161	40	0.0079156	40	0.0207851
41	0.0076733	41	0.0108085	41	0.006883	41	0.0209246
42	0.0079097	42	0.0109322	42	0.0130194	42	0.0241567
43	0.0084037	43	0.0121824	43	0.0094525	43	0.0229929

44	0.0084793	44	0.0079875	44	0.008768	44	0.0209162
45	0.0046891	45	0.0097873	45	0.0124961	45	0.0299818
46	0.0101629	46	0.007289	46	0.0095488	46	0.0226497
47	0.0100812	47	0.0088591	47	0.0122316	47	0.0200369
48	0.0098468	48	0.009672	48	0.0094802	48	0.0239028
49	0.0077262	49	0.0096568	49	0.0050705	49	0.0139869
50	0.0099842	50	0.0091101	50	0.0058168	50	0.0178214
51	0.010826	51	0.0084573	51	0.0069099	51	0.0246815
52	0.0097268	52	0.0096567	52	0.0105219	52	0.0237855
53	0.0103138	53	0.0080156	53	0.008122	53	0.02737
54	0.0098796	54	0.0096293	54	0.0125479	54	0.0239222
55	0.0092733	55	0.0111349	55	0.0072534	55	0.0199303
56	0.0056626	56	0.0117223	56	0.0093193	56	0.021799
57	0.0067642	57	0.008155	57	0.0106082	57	0.0226463
58	0.0098663	58	0.009507	58	0.0153676	58	0.0246311
59	0.0100823	59	0.0091156	59	0.0104104	59	0.0217978
60	0.0084586	60	0.0081708	60	0.0085921	60	0.0229073
61	0.0088823	61	0.0089451	61	0.0087085	61	0.0224992
62	0.0092841	62	0.0084046	62	0.0083429	62	0.0204671
63	0.0067516	63	0.0093889	63	0.0120183	63	0.0246466
64	0.0073263	64	0.0064396	64	0.0089829	64	0.0244924
65	0.0073295	65	0.0091004	65	0.0096215	65	0.0190934
66	0.0080983	66	0.0083991	66	0.0098905	66	0.0207259
67	0.0085076	67	0.0107302	67	0.011862	67	0.0248464
68	0.0084635	68	0.0106547	68	0.0063424	68	0.0229738
69	0.0068408	69	0.0066806	69	0.0056274	69	0.0197149
70	0.0091982	70	0.007158	70	0.0104131	70	0.0222672
71	0.0086653	71	0.010147	71	0.0112034	71	0.0272952
72	0.0088323	72	0.0059583	72	0.0028264	72	0.0219608
73	0.0064415	73	0.0115898	73	0.0142887	73	0.0205487
74	0.0102	74	0.011895	74	0.0072602	74	0.0183673
75	0.0067488	75	0.0090203	75	0.010428	75	0.0263708
76	0.0064679	76	0.0118038	76	0.0115746	76	0.0204674
77	0.0091439	77	0.0106192	77	0.0102223	77	0.0224591
78	0.0068865	78	0.0065345	78	0.0093869	78	0.0249474
79	0.0107314	79	0.0080526	79	0.0118717	79	0.0195959
80	0.007638	80	0.0102624	80	0.0112205	80	0.0227571
81	0.0091026	81	0.0072712	81	0.0105119	81	0.0220261

82	0.0096247	82	0.0093299	82	0.0096673	82	0.0240494
83	0.009081	83	0.0091937	83	0.0103182	83	0.0206011
84	0.0079776	84	0.0105302	84	0.0119126	84	0.0222218
85	0.0072836	85	0.0088662	85	0.0077978	85	0.0182117
86	0.0091975	86	0.0095893	86	0.0112386	86	0.0273443
87	0.0094614	87	0.009352	87	0.0097898	87	0.0223896
88	0.0084025	88	0.0107757	88	0.0149045	88	0.0181806
89	0.0071028	89	0.0109328	89	0.0136575	89	0.0227184
90	0.0092781	90	0.0109079	90	0.0124656	90	0.0243277
91	0.0082912	91	0.0079097	91	0.0080219	91	0.0243766
92	0.0094122	92	0.009388	92	0.0115642	92	0.0195368
93	0.009049	93	0.0119024	93	0.0077537	93	0.0192212
94	0.0095567	94	0.0086872	94	0.0112651	94	0.0204577
95	0.0087354	95	0.0112349	95	0.0057458	95	0.0192607
96	0.0067502	96	0.0079664	96	0.0114303	96	0.0196289
97	0.0074392	97	0.0107356	97	0.007626	97	0.0181955
98	0.0087464	98	0.0089712	98	0.0074204	98	0.0217904
99	0.0092796	99	0.0091308	99	0.0131644	99	0.0227064
100	0.0096404	100	0.0085751	100	0.0090834	100	0.0249259
101	0.0097204	101	0.0083441	101	0.0102439	101	0.0186338
102	0.0089838	102	0.0082805	102	0.0055735	102	0.0187557
103	0.0080457	103	0.0086644	103	0.0097453	103	0.0215739
104	0.0089706	104	0.0082005	104	0.0052483	104	0.0183164
105	0.0063425	105	0.0082282	105	0.0086474	105	0.024598
106	0.0084738	106	0.007342	106	0.003034	106	0.0275174
107	0.0110352	107	0.0077313	107	0.0120371	107	0.0234295
108	0.0083468	108	0.0100777	108	0.0112526	108	0.018196
109	0.006705	109	0.0087306	109	0.0078576	109	0.0243356
110	0.0100788	110	0.009343	110	0.010903	110	0.0197029
111	0.0092885	111	0.0087651	111	0.0080854	111	0.0213206
112	0.0087979	112	0.0077552	112	0.007914	112	0.0226774
113	0.0081586	113	0.0093895	113	0.0076897	113	0.0201046
114	0.0091842	114	0.009457	114	0.0084416	114	0.0244466
115	0.0102257	115	0.0074226	115	0.0080751	115	0.0222012
116	0.0077477	116	0.0065171	116	0.0072134	116	0.0233005
117	0.0091024	117	0.0081415	117	0.0108113	117	0.0209724
118	0.0096478	118	0.0090908	118	0.0081783	118	0.0224854
119	0.0072655	119	0.0105348	119	0.0097358	119	0.0206435

120	0.0090794	120	0.0104064	120	0.0090531	120	0.0199138
121	0.008409	121	0.011397	121	0.0111261	121	0.0228707
122	0.0081457	122	0.0102594	122	0.0097348	122	0.0244302
123	0.0101572	123	0.0107523	123	0.012198	123	0.0209045
124	0.0091096	124	0.0097002	124	0.0115546	124	0.0175731
125	0.008117	125	0.0091424	125	0.0097061	125	0.0240079
126	0.0080628	126	0.009214	126	0.0094017	126	0.0253798
127	0.0084544	127	0.0100092	127	0.0093144	127	0.0209333
128	0.0061963	128	0.0082296	128	0.0119614	128	0.0206111
129	0.0090906	129	0.0092389	129	0.0131613	129	0.0244548
130	0.0077228	130	0.0078155	130	0.0095733	130	0.0236498
131	0.008922	131	0.0096549	131	0.0100649	131	0.0210105
132	0.0091193	132	0.0102025	132	0.0093827	132	0.024429
133	0.0097355	133	0.0126722	133	0.0205818	133	0.0264073
134	0.0073964	134	0.0090762	134	0.009448	134	0.021568
135	0.0110825	135	0.009822	135	0.0107226	135	0.0226768
136	0.007037	136	0.009655	136	0.0123296	136	0.0194161
137	0.0098939	137	0.0085066	137	0.0063275	137	0.0196722
138	0.0088767	138	0.0105763	138	0.0051752	138	0.0144145
139	0.0092371	139	0.0096443	139	0.0124027	139	0.0208486
140	0.0080073	140	0.0099031	140	0.0134407	140	0.0246222
141	0.0064931	141	0.0080609	141	0.0076443	141	0.0219095
142	0.0095958	142	0.0105024	142	0.0067258	142	0.0188312
143	0.0089156	143	0.0109332	143	0.0127889	143	0.0267662
144	0.0094275	144	0.0090081	144	0.0123667	144	0.0233267
145	0.0090296	145	0.0105177	145	0.0145993	145	0.0233152
146	0.0111899	146	0.0101855	146	0.011987	146	0.0226865
147	0.008032	147	0.0126055	147	0.0104906	147	0.0257264
148	0.010457	148	0.0092743	148	0.0055565	148	0.0175492
149	0.0110435	149	0.0086673	149	0.007141	149	0.0187363
150	0.0091709	150	0.0099629	150	0.0084809	150	0.0210856
151	0.0078555	151	0.0075018	151	0.0056885	151	0.0236676
152	0.0070752	152	0.0061171	152	0.0068729	152	0.0223213
153	0.0087232	153	0.0096444	153	0.0088185	153	0.0204539
154	0.0086467	154	0.0080293	154	0.0085607	154	0.0210399
155	0.0122236	155	0.0073362	155	0.013109	155	0.0228624
156	0.0080938	156	0.0103398	156	0.007854	156	0.0237952
157	0.0060604	157	0.0086961	157	0.0081928	157	0.0246206

158	0.0082056	158	0.0087583	158	0.0123555	158	0.022407
159	0.0092663	159	0.0097809	159	0.0079046	159	0.024332
160	0.010814	160	0.008208	160	0.0063752	160	0.0183255
161	0.0096546	161	0.0089594	161	0.0069114	161	0.0238942
162	0.0104406	162	0.007623	162	0.0130601	162	0.0192618
163	0.0076914	163	0.0104327	163	0.0102853	163	0.0226894
164	0.0097564	164	0.0105696	164	0.0142116	164	0.0198768
165	0.0101765	165	0.0097725	165	0.0084179	165	0.0221158
166	0.0087765	166	0.009439	166	0.0065599	166	0.0177794
167	0.0057483	167	0.0114515	167	0.0099354	167	0.019924
168	0.0095342	168	0.0103682	168	0.0063586	168	0.024154
169	0.0092513	169	0.0072209	169	0.0077268	169	0.0258673
170	0.007342	170	0.0095823	170	0.0126139	170	0.0241843
171	0.0059009	171	0.010591	171	0.0082284	171	0.0205253
172	0.0076812	172	0.0080301	172	0.0102986	172	0.0185029
173	0.0058088	173	0.0097393	173	0.0136198	173	0.0229987
174	0.0078346	174	0.0102929	174	0.0158299	174	0.0117188
175	0.0093614	175	0.0103869	175	0.0077759	175	0.0213276
176	0.0087812	176	0.0104227	176	0.0091093	176	0.0233314
177	0.012082	177	0.0075963	177	0.0087495	177	0.023334
178	0.0095184	178	0.0084872	178	0.0113	178	0.0250812
179	0.010444	179	0.0104453	179	0.013939	179	0.0215046
180	0.0087952	180	0.0119591	180	0.0113394	180	0.0299133
181	0.0068428	181	0.0087699	181	0.0090363	181	0.0240856
182	0.0063342	182	0.0108831	182	0.0102752	182	0.02806
183	0.0070115	183	0.0079162	183	0.0061674	183	0.0216068
184	0.0089371	184	0.0106569	184	0.0129765	184	0.0241199
185	0.0071923	185	0.0087231	185	0.0062903	185	0.0224341
186	0.0072058	186	0.011809	186	0.0148005	186	0.0272179
187	0.0090638	187	0.009311	187	0.0075136	187	0.021169
188	0.0085553	188	0.0087207	188	0.0119611	188	0.0207281
189	0.0081155	189	0.009164	189	0.0100791	189	0.0202052
190	0.0067471	190	0.0085435	190	0.0091975	190	0.0223748
191	0.0072944	191	0.0097755	191	0.0142603	191	0.0191721
192	0.0102295	192	0.0077164	192	0.0102124	192	0.0238474
193	0.0092766	193	0.0108786	193	0.0063077	193	0.0253332
194	0.0085828	194	0.012443	194	0.0086721	194	0.0293184
195	0.0099193	195	0.0118152	195	0.0119545	195	0.023751

196	0.0078584	196	0.0112117	196	0.0147659	196	0.020859
197	0.009974	197	0.0085172	197	0.0064012	197	0.0265405
198	0.0074307	198	0.0113738	198	0.0123479	198	0.0221375
199	0.0085597	199	0.008799	199	0.0108449	199	0.0213457
200	0.0080488	200	0.0084219	200	0.0076501	200	0.023858
201	0.0073228	201	0.0111416	201	0.0125137	201	0.018756
202	0.0075617	202	0.0078352	202	0.0103916	202	0.021488
203	0.0084656	203	0.0080959	203	0.0109733	203	0.0223114
204	0.010015	204	0.0097827	204	0.0092744	204	0.0228637
205	0.0088061	205	0.0088185	205	0.008274	205	0.0236418
206	0.0062016	206	0.0117478	206	0.0103135	206	0.0173277
207	0.0086712	207	0.0117692	207	0.0116923	207	0.0273152
208	0.008324	208	0.0076406	208	0.005833	208	0.022961
209	0.0054133	209	0.0090844	209	0.0061238	209	0.018162
210	0.0095929	210	0.0085123	210	0.0071652	210	0.0263139
211	0.0090421	211	0.0087515	211	0.011374	211	0.0147159
212	0.0075275	212	0.007809	212	0.0108493	212	0.0218767
213	0.0104374	213	0.008944	213	0.0097009	213	0.0271215
214	0.0069396	214	0.0081176	214	0.0122551	214	0.0252753
215	0.0104767	215	0.0105115	215	0.0088566	215	0.0246062
216	0.0074539	216	0.0105763	216	0.009943	216	0.0262934
217	0.0064561	217	0.0095503	217	0.0095844	217	0.0270491

Pruebas de normalidad de utilización de recursos para cada estación

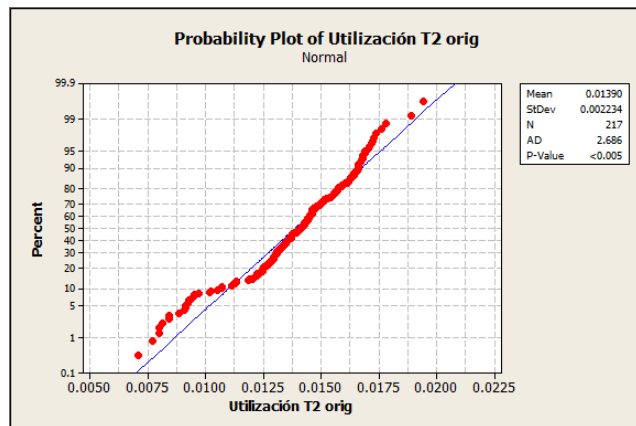


Figura 59: prueba de normalidad para utilización en T2 modelo original. Salida software Minitab

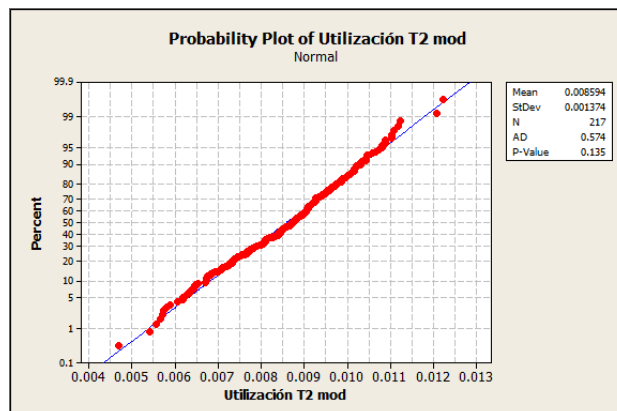


Figura 60: prueba de normalidad para utilización en T2 modelo propuesto. Salida software Minitab

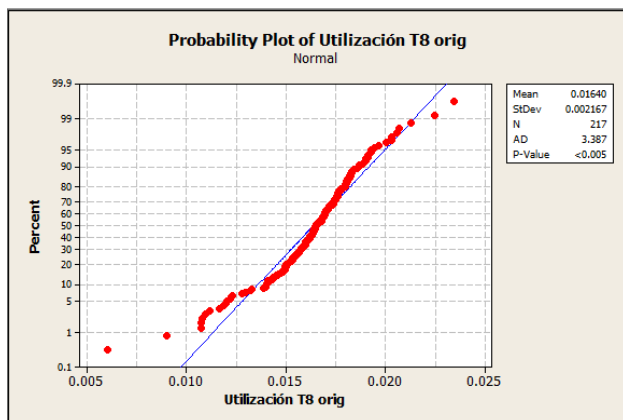


Figura 58: prueba de normalidad para utilización en T8 modelo original. Salida software Minitab

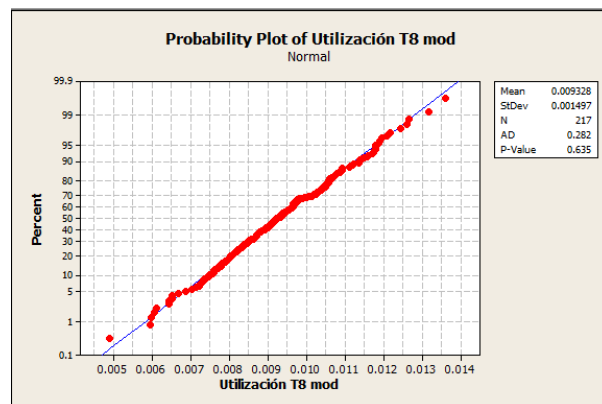


Figura 57: prueba de normalidad para utilización en T8 modelo propuesto. Salida software Minitab

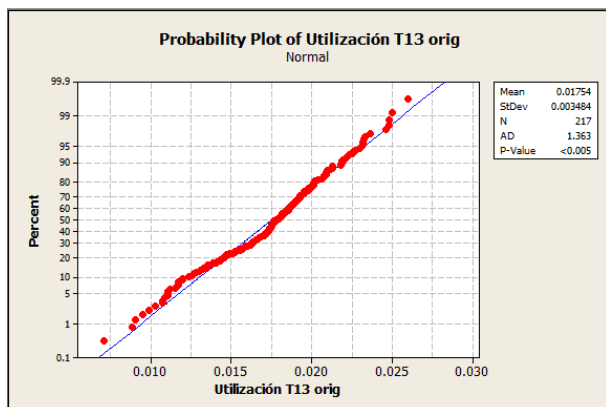


Figura 55: prueba de normalidad para utilización en T13 modelo original. Salida software Minitab

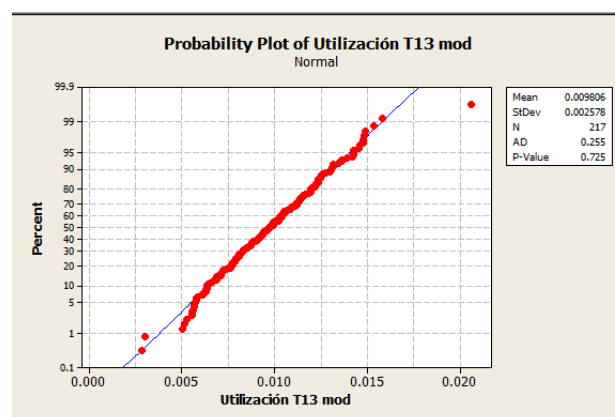


Figura 56: prueba de normalidad para utilización en T13 modelo propuesto. Salida software Minitab

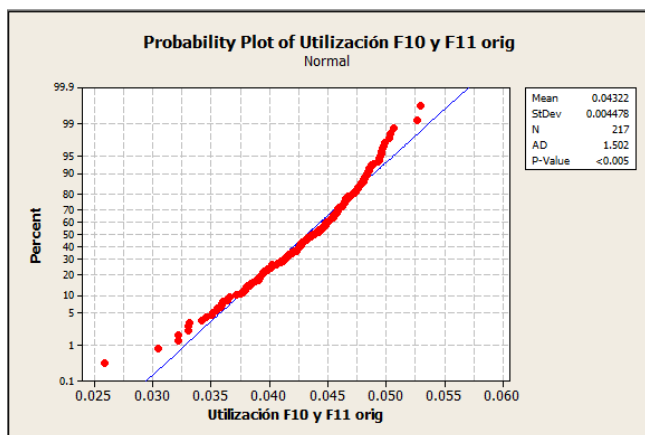


Figura 62: prueba de normalidad para utilización en F10 y F11 modelo original. Salida software Minitab

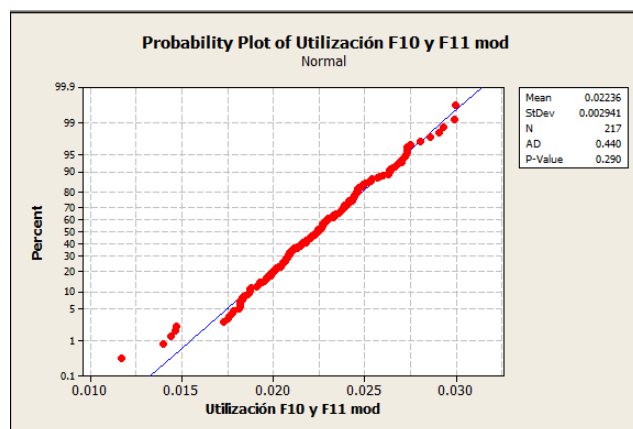


Figura 61: prueba de normalidad para utilización en F10 y F11 modelo propuesto. Salida software Minitab